

ТЕХНИКА МАГНИТНОЙ ВИДЕОЗАПИСИ



ТЕХНИКА МАГНИТНОЙ ВИДЕОЗАПИСИ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Под редакцией В. И. Пархоменко



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1978

6Ф2.1

Т 38

УДК 681.84.083.8

Авторы: А. В. Гончаров, В. И. Лазарев, В. И. Пархоменко, А. Б. Штейн.

Т38 **Техника** магнитной видеозаписи. Под ред. В. И. Пархоменко. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1978.

400 с. с ил.

На обороте тит. л. авт.: Гончаров А. В., Лазарев В. И., Пархоменко В. И., Штейн А. Б.

В книге изложены вопросы магнитной записи телевизионных сигналов и принципы работы видеоманитофонов. Во втором, переработанном издании рассмотрены методы построения наиболее важных систем видеоманитофонов, предназначенных для записи и воспроизведения монохромных и цветных телевизионных программ.

Проводится анализ работы систем автоматического регулирования канала изображения видеоманитофона, способов обработки воспроизводимых телевизионных сигналов, причин возникновения и методов коррекции временных искажений. Описаны особенности использования аппаратуры магнитной видеозаписи в телевизионном вещании, методы автоматизации вещания с использованием видеоманитофонов. Рассматриваются различные модели видеоманитофонов для телевизионного вещания, а также замкнутых систем телевидения и бытового назначения.

Книга рассчитана на специалистов, работающих в области телевидения и магнитной видеозаписи.

Т 30403-132
051(01)-78 187-77

6Ф2.1

© Издательство «Энергия», 1978.

Предисловие ко второму изданию

Повышенный интерес к технике магнитной видеозаписи вызван значительным расширением областей ее применения. Упрощенные видеомагнитофоны с несложным управлением получают распространение в самых различных сферах человеческой деятельности: промышленности, медицине, спорте, образовании и др. Наряду с этим растет значение магнитной видеозаписи в телевизионном вещании.

Эти изменения в области магнитной видеозаписи учитывались при подготовке второго издания. Оно дополнено большим количеством нового материала, появившегося после первого издания книги, выпущенного в 1970 г.

Значительно больше внимания уделено одно- и двухголовочным видеомагнитофонам, используемым в замкнутых системах телевидения, в том числе и для бытовых целей. Рассмотрены особенности выполнения лентопротяжных механизмов и электронных систем этих видеомагнитофонов, описаны наиболее характерные модели, выпускаемые промышленностью.

Новым материалом дополнены также главы, касающиеся систем автоматического регулирования и канала изображения. Кроме того, во втором издании помещена отдельная глава об измерениях основных параметров видеомагнитофонов.

Авторы

Введение

Широкое развитие телевизионного вещания во второй половине нашего века способствовало коренным изменениям технических средств телевидения. Существенно улучшились качественные показатели всей аппаратуры: созданы новые виды оборудования, расширившие творческие и технические возможности телевидения. К числу такого оборудования прежде всего следует отнести видеомагнитофон — аппарат магнитной записи и воспроизведения телевизионных и звуковых сигналов.

Первая демонстрация телевизионного изображения, записанного на магнитной ленте, состоялась в США в 1952 г. Однако способ многорожечной магнитной записи с временным делением сигнала, использованный в опытной установке, из-за серьезных недостатков дальнейшего развития не получил.

Не имела успеха и многорожечная с частотным делением сигнала запись, предложенная фирмой RCA в 1953 г.

Практически задачу решила фирма AMPEX, использовавшая в аппаратуре поперечно-строчный способ магнитной записи. С 1956 г. эта фирма начала промышленный выпуск видеомагнитофонов, получивших широкое распространение в телевизионном вещании. В последующие годы видеомагнитофоны непрерывно совершенствовались, и в настоящее время их качественные и эксплуатационные показатели соответствуют современным требованиям телевидения.

В СССР комплексные работы в области магнитной видеозаписи были начаты в 1958 г. 20 февраля 1960 г. Центральным телевидением впервые был передан концерт, записанный на видеомагнитофоне КАДР-1, созданном коллективом Института звукозаписи. Одновременно в Ленинградском оптико-механическом объединении был

разработан видеомэгнитофон КМЗИ. В этих аппаратах был использован поперечно-строчный способ магнитной записи, в первом — на ленте шириной 50,8 мм, во втором — на ленте 70 мм.

Видеомэгнитофонами этих типов оснащались телевизионные студии страны до 1967—1968 гг., когда им на смену пришли видеомэгнитофоны второго поколения КАДР-3 и ЭЛЕКТРОН-2, отличающиеся лучшими электрическими параметрами и более широкими эксплуатационными возможностями.

Роль аппаратов магнитной видеозаписи особенно возросла с началом развития цветного телевидения. Первая цветная передача Центрального телевидения с видеомэгнитофона состоялась 28 сентября 1967 г. Для записи цветных сигналов первоначально использовался видеомэгнитофон КАДР-1Ц, представляющий собой модификацию серийно выпускаемого аппарата КАДР-1. В дальнейшем его заменил видеомэгнитофон КАДР-3, предназначенный специально для записи-воспроизведения сигналов цветного телевидения.

Применение видеомэгнитофонов в телевидении насчитывает немногим более 15 лет. За этот сравнительно короткий период они стали необходимой частью оборудования современных телецентров. Внедрение аппаратуры магнитной видеозаписи внесло коренные изменения в технологию подготовки и передачи телевизионных программ. Основное достоинство новой технологии, основанной на использовании магнитной видеозаписи, состоит в том, что она позволила создать условия для планомерной заблаговременной подготовки телевизионных программ, улучшить использование аппаратно-студийных комплексов, повысить качество передач, исключив различные случайности, которые часто бывали при «живых» передачах.

С помощью магнитной видеозаписи стало возможным преодолеть разницу в пояском времени при передачах программ на большие расстояния. Так, программы Центрального телевидения записываются на видеомэгнитофонах и в удобное для зрителей время передаются через космическую систему «Орбита» в районы Дальнего Востока, Сибири и Урала.

Достоинство магнитной видеозаписи, в отличие от кинематографа, состоит в оперативности, которая особенно заметна при съемке цветных программ. При мно-

гократном использовании ленты для записи достигается также и экономическое преимущество перед кинофильмом. В то же время кинофильм не связан с определенным телевизионным стандартом, что облегчает обмен программами между странами. Кинофильм легко монтируется и легко тиражируется. Наконец, аппаратура для киносъемки пока более компактна, чем видеомагнитофоны. Однако это преимущество киноаппаратуры, видимо, носит временный характер. Уже разработаны переносные малогабаритные видеомагнитофоны и телекамеры, которые обслуживаются одним человеком. По мере дальнейшего совершенствования эти аппараты станут конкурентоспособными с киноаппаратурой.

Решение проблемы взаимозаменяемости магнитных головок и видеофонограмм открыло возможности длительного хранения, монтажа и обмена программами между телевизионными студиями. Это привело к существенному расширению области использования магнитной видеозаписи в телевидении.

Улучшение электрических параметров видеомагнитофонов позволило получать качество воспроизводимого изображения, практически идентичное «живой» телевизионной передаче. Одновременно с этим решался вопрос тиражирования видеофонограмм путем их перезаписи без потери качества изображения на копии. В связи с этим появилась возможность централизованного создания программ для телевидения.

Разработка более точных систем автоматического регулирования видеомагнитофонов позволила осуществить режим кадровой и строчной синхронизации и решить проблему внешней синхронизации воспроизводимого телевизионного изображения. Videомагнитофон стал обычным источником видеосигнала и позволил осуществлять плавное микширование и другие спецэффекты.

Одним из важнейших требований телевизионного вещания является возможность монтажа программ. При всех своих достоинствах магнитная видеозапись по удобству монтажа уступает кинематографическому способу. Однако последние усовершенствования механического способа монтажа и особенно появление электронных методов монтажа практически разрешили задачу формирования программы из отдельных фрагментов, сделанных в различное время, замены неудачно снятых участков или дополнение программы новыми эпизодами

В новых системах монтажа с помощью промежуточной рабочей копии удалось повысить точность монтажа.

Техника магнитной видеозаписи дала возможность использовать в телевидении некоторые новые эффекты, представляющие особенный интерес для спортивных передач. К числу таких эффектов относятся кратковременные повторения эпизодов передач в нормальном или замедленном темпе, а также показ отдельного момента в статическом состоянии (остановленный кадр).

По мере совершенствования техники магнитной видеозаписи повышалась ее роль в телевидении и расширялись возможности применения в других областях. Относительно компактные и простые в обращении видеоманитофоны с наклонно-строчной записью нашли применение в промышленности, спорте, медицине, учебном процессе и других областях человеческой деятельности. Наконец, появились видеоманитофоны бытового назначения, позволяющие записать для повторения понравившуюся телевизионную передачу или собственную программу. В результате дальнейшего усовершенствования головок и магнитных лент в этих видеоманитофонах наклонно-строчная запись должна будет уступить место обычной продольной записи. Это откроет возможность упрощения конструкции аппаратов бытового применения и, следовательно, их удешевления.

В телевидении в ближайшем будущем основным, очевидно, останется видеоманитофон с вращающимися головками. Однако можно ожидать, что системы с механической разверткой (вращающимися магнитными головками) со временем будут заменены устройствами с неподвижными головками, что приведет к повышению надежности аппаратуры видеозаписи. Это будет связано с переходом к цифровым методам и использованию многодорожечной магнитной записи.

Глава первая

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

1-1. Особенности магнитной записи телевизионных сигналов

Полный телевизионный сигнал представляет собой сложный электрический сигнал. Для неискаженной передачи его формы канал записи-воспроизведения должен обладать определенными свойствами, которые оцениваются многими параметрами. К ним относятся амплитудно-частотная и импульсная характеристики, дифференциальные искажения и др. Аналогичные требования предъявляются к аппаратуре магнитной видеозаписи, если она используется в телевизионном вещании и представляет собой, таким образом, часть телевизионного канала. Эти требования распространяются на выходные параметры видеомагнитофона, который включает в себя канал магнитной записи-воспроизведения и сложную электронную систему преобразования сигнала при записи-воспроизведении.

Свойства канала магнитной записи-воспроизведения оказывают решающее влияние на большинство параметров видеомагнитофона. Требования к нему следуют из свойств телевизионного сигнала, среди которых наиболее серьезное значение имеют высокая верхняя его частота и широкий частотный диапазон. Для любого сигнала, а для телевизионного особенно, важно сохранить в процессе записи-воспроизведения временные соотношения; существовавшие в исходном сигнале. Временные нарушения сигнала, как известно, ведут к геометрическим искажениям телевизионного изображения. Наконец, канал магнитной записи должен обеспечить необходимое превышение сигнала над шумами. Отмеченные выше

свойства телевизионного сигнала определяют основные требования к каналу магнитной записи, к режиму записи, параметрам магнитной ленты и головок видеозаписи, значению относительной скорости между ними и ее стабильности.

Частотная характеристика магнитной записи ограничивается в нижней и верхней ее части различного вида потерями. Основными потерями в области нижних и верхних частот являются так называемые волновые потери, зависящие от длины волны записанного сигнала. В области высоких частот на частотную характеристику влияние оказывают также частотные потери. Этот вид потерь обусловлен рассеянием электрической энергии в магнитных и электрических цепях головок записи-воспроизведения. В диапазоне видеочастот эти потери составляют ощутимую величину, поэтому в головках видеозаписи большое внимание уделяют их уменьшению.

Волновые потери сопутствуют преобразованиям сигнала в процессе записи и воспроизведения этого сигнала. Во время записи электрический сигнал, представляющий собой временную функцию напряжения или тока, превращается в пространственную последовательность соответствующим образом намагниченных участков магнитной ленты. Длина волны записи синусоидальных колебаний частоты f на сигналограмме равна $\lambda = v/f$, если скорость движения магнитной ленты v . Волновые потери записи зависят от целого ряда факторов, в первую очередь от магнитных и физико-механических свойств магнитной ленты, конструктивных и электрических параметров записывающей головки, а также способа записи. Физическая сущность волновых потерь записи и воспроизведения подробно рассматривается в специальной литературе, посвященной магнитной записи [1].

Процесс воспроизведения представляет собой обратное преобразование, в результате которого магнитный поток сигналограммы вновь превращается в электрический сигнал, протекающий во времени с частотой $f = v/\lambda$. Волновые потери воспроизведения составляют группу потерь, являющихся функцией относительных размеров ленты и головок (сравнительно с длиной волны записанного сигнала). К этим потерям относятся, например, щелевые потери, зависящие от относительной ширины рабочего зазора воспроизводящей головки; слойные, определяемые относительной толщиной рабочего

слоя ленты; контактные, зависящие от относительного расстояния между рабочей поверхностью магнитной головки и рабочим слоем ленты. Перечисленные потери возрастают по мере уменьшения длины волны записи точно так же, как волновые потери записи. Среди волновых потерь воспроизведения имеется один вид потерь, ограничивающий частотную характеристику магнитной записи в диапазоне нижних частот. Этот вид потерь имеет место в области длин волн записи, соизмеримых или превышающих размеры сердечника воспроизводящей головки в направлении движения сигналограммы.

В области длин волн, соизмеримых с размерами сердечника, магнитный поток в сердечнике головки определяется не только намагниченным участком ленты, находящимся непосредственно у рабочего зазора, но и смежными с ним участками. В зависимости от соотношения длины волны записи и размеров сердечника магнитные потоки от смежных участков могут складываться или вычитаться из основного потока. Результирующий поток вследствие этого принимает волнистый характер. Магнитный поток сигналограммы в области длин волн, превышающих протяженность сердечника, не замыкается полностью через него, а частично рассеивается в окружающем пространстве. Чем больше длина волны записи, тем меньшая часть потока сигналограммы замыкается через сердечник. Соответственно частотная характеристика воспроизведения приобретает волнистый характер, а по мере увеличения длины волны записи резко спадает до нуля.

Успехи, достигнутые в магнитной записи, обусловлены в первую очередь мерами, принятыми для уменьшения волновых потерь. Появление магнитных лент с тонким рабочим слоем, с хорошей однородностью магнитного порошка, обладающего лучшими магнитными свойствами, способствовало уменьшению волновых потерь записи. Контактные потери уменьшены применением лент с тонкой эластичной основой в сочетании с хорошей чистотой поверхности ее рабочего слоя. Наконец, для ослабления щелевых потерь созданы магнитные головки с очень узкими рабочими зазорами.

При современном состоянии магнитной записи возможна запись-воспроизведение сигналов с длиной волны записи менее 2 мкм. Эта высокая разрешающая способность позволяет в звукозаписи применять очень низкие

скорости движения ленты. Например, в кассетных магнитофонах применяют скорость всего лишь 4,53 см/с. Для записи телевизионного сигнала даже при этих условиях была бы необходима скорость магнитной ленты не менее 10—12 м/с. Аппаратура с такой высокой скоростью ленты не может обеспечить необходимую надежность, не говоря уже о том, что эксплуатация ее сопряжена со значительным расходом магнитной ленты. Если поступиться качеством воспроизводимого телевизионного изображения и ограничить полосу частот сигнала 2—2,5 МГц, то скорость движения магнитной ленты можно уменьшить до 2,5 м/с. Так поступают в некоторых типах видеомэгнитофонов бытового применения.

В видеомэгнитофонах профессионального назначения, в которых качество воспроизводимого изображения имеет первостепенное значение, прибегают к специальным способам записи. Одним из таких способов является многодорожечная магнитная запись. Сигнал в этом случае делится на частотные или временные интервалы, которые записываются на нескольких параллельных дорожках записи. Так как объем информации на каждый из них сокращается пропорционально количеству дорожек, соответственно уменьшается скорость движения ленты. Однако наибольшее распространение получил способ строчной записи вращающимися головками, в котором необходимая скорость создается дополнительным перемещением головок относительно движущейся в продольном направлении ленты. Продольная скорость ленты при строчной записи не превышает величин, обычно используемых в аппаратуре магнитной звукозаписи.

Строчный способ записи с вращающимися головками решает проблему записи-воспроизведения верхних частот телевизионного сигнала, но вместе с тем появляется затруднение с низкочастотной частью этого сигнала. Нижняя граница полосы пропускания сквозного канала магнитной записи ограничивается упомянутыми выше волновыми потерями в области больших длин волн записи. Если предположить, что при записи телевизионного сигнала верхней его частоте 6 МГц соответствует длина волны записи 3 мкм, то для частоты полей разложения (50 Гц) длина волны записи будет равна 400 мм, это примерно на два порядка больше размеров головки и длины контакта ее рабочей поверхности с лентой. На этой частоте и близкой к ней э. д. с. воспро-

изводящей головки практически полностью маскируется шумами. По этим причинам при прямой записи телевизионного сигнала его низкочастотная часть ограничивается частотой, лежащей выше некоторой частоты, определяемой этим видом волновых потерь. При воспроизведении записи составляющие сигналы, лежащие ниже этой частоты, восстанавливаются известным в телевидении способом.

В модуляционном способе записи, применяемом в современных видеомагнитофонах, весь спектр телевизионного сигнала перед записью переносится в область более высоких частот, а при воспроизведении восстанавливается первоначальная форма спектра. Модуляционный способ записи решает не только проблему воспроизведения низкочастотной части телевизионного сигнала, но и дает некоторые дополнительные преимущества. Известно, что вследствие влияния соседних дорожек воспроизводящая головка, хотя и с большим ослаблением, воспроизводит информацию, записанную на соседней дорожке. Переходная помеха тем сильнее, чем больше длина волны сигнала, записанного на соседних дорожках. Перенос спектра сигнала в область высоких частот приводит к уменьшению длины волны записи. Это, в свою очередь, дает возможность сблизить между собой соседние дорожки записи и в конечном счете лучше использовать поверхность магнитной ленты.

В магнитной видеозаписи применяют преимущественно способ частотной модуляции. Достоинство его состоит в том, что амплитудным ограничением можно подавить в воспроизводимом сигнале паразитную амплитудную модуляцию, возникающую из-за неоднородности свойств рабочего слоя ленты или нарушения контакта между головками и лентой при записи и воспроизведении. Паразитная амплитудная модуляция особенно нежелательна в области нижних частот, где она вызывает неприятное для зрителей мерцание воспроизводимого изображения.

При модуляционном способе запись осуществляется на размагниченной ленте без подмагничивания. На рис. 1-1 приведены типичные характеристики, снятые без подмагничивания на предварительно размагниченной ленте. В области больших длин волн записи с увеличением тока записи воспроизводимый сигнал достигает предельного значения, определяемого насыщением лен-

ты. Сигналы, соответствующие малым длинам волн записи, вследствие волновых потерь записи достигают некоторого максимума, а затем при дальнейшем увеличении тока записи уменьшаются. Поэтому частотная характеристика оказывается очень критичной к величине тока записи, амплитуда которого подбирается опытным путем по максимуму отдачи на частоте, соответствующей минимальной длине волны записываемого сигнала. Процесс намагничивания ленты при записи сложного сигнала, каким является ЧМ-сигнал, отличается от процесса, имеющего место при записи только одной частоты. При записи двух или большего количества частот, представляющих собой, например, составляющие сложного сигнала, компонента с большой амплитудой (например, несущая частота ЧМ-колебаний) играет роль подмагничивания для остальных компонент сигнала. Поэтому в определенных пределах амплитудная характеристика составляющих такого сигнала линейна в отличие от характеристик, полученных при записи одной частоты без подмагничивания (см. гл 4).

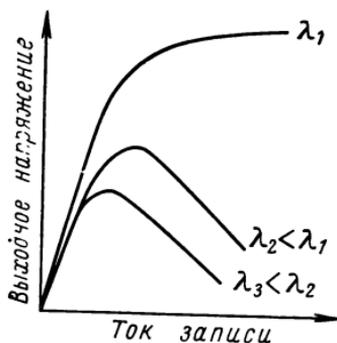


Рис. 1-1. Амплитудные характеристики магнитной записи без подмагничивания для большой λ_1 и малых λ_2 и λ_3 длин волн.

1-2. Магнитные головки видеозаписи

Магнитные головки видеозаписи оцениваются электрическими параметрами (частотная характеристика, чувствительность головок при записи и воспроизведении, электрический импеданс обмотки), а также механическими свойствами, среди которых наиболее важным является износостойкость. Электрические параметры головки в значительной степени определяют качественные показатели видеомагнитофона, в частности такой важный параметр, как отношение сигнал/шум, механические же свойства влияют на эксплуатационные расходы, например связанные с заменой изношенных головок.

Все параметры головок в той или иной степени зависят от магнитных и физико-механических свойств

материала сердечника, конструкции головок и технологии их изготовления.

К магнитному материалу сердечника головки видеозаписи предъявляются сложные требования. Он должен обладать свойствами магнитомягкого материала, т. е. иметь малую коэрцитивную силу и возможно большую магнитную проницаемость, а также небольшие частотные потери в диапазоне рабочих частот. Материал должен допускать точную обработку плоскостей сердечника, образующих рабочий зазор и рабочую поверхность. Наконец, материал сердечника должен обладать большой износостойкостью к истиранию его магнитной лентой.

В ферромагнитном материале под действием переменного магнитного поля в результате циклического перемагничивания появляются потери электрической энергии, обусловленные гистерезисными потерями и потерями на вихревые токи.

Гистерезисные потери в сердечниках головок составляют небольшую часть общих потерь, так как объем магнитного материала в них невелик. Основные потери создаются вихревыми токами. Под влиянием вихревых токов магнитный поток как бы вытесняется из среднего сечения сердечника к его поверхности, вследствие чего он проходит лишь в тонком поверхностном слое магнитного материала. Степень развития поверхностного эффекта оценивается эквивалентной глубиной проникания переменного магнитного потока, определяемой как расстояние от поверхности сердечника, на котором амплитуда поля уменьшается в e ($\sim 2,7$) раз по сравнению с амплитудой поля на его поверхности. При увеличении частоты перемагничивания f глубина проникания переменного магнитного поля в ферромагнитный сердечник уменьшается в \sqrt{f} раз.

В магнитных сплавах, удельное электрическое сопротивление которых не превышает 1,6 Ом/м, эквивалентная глубина проникания составляет всего лишь 5 мкм на частоте 5 МГц. Сокращение действующего сечения сердечника ведет к уменьшению магнитной проницаемости, а следовательно, к увеличению магнитного сопротивления сердечника головок. Для уменьшения влияния поверхностного эффекта там, где возможно, применяют сердечники из феррита, обладающего высоким удельным сопротивлением, или сердечники, набранные из тонких листов. Поскольку магнитное поле проникает с обеих

сторон листа, толщина их должна быть равна двойной эквивалентной глубине проникания на верхней рабочей частоте. Таким способом изготавливают сердечники звуковых головок. В головках видеозаписи сердечники, склеенные из тонких листов, не применяют из-за их малой износостойкости.

В четырехголовочных видеомагнитофонах используют исключительно сплошные сердечники из износостойких магнитомягких сплавов. Наибольшее распространение получил сплав сендаст, содержащий железо, алюминий, хромий и легирующие добавки, улучшающие структуру сплава. В Советском Союзе сплав этого типа носит название 10СЮ-ВИ [2]. Мелкозернистая структу-

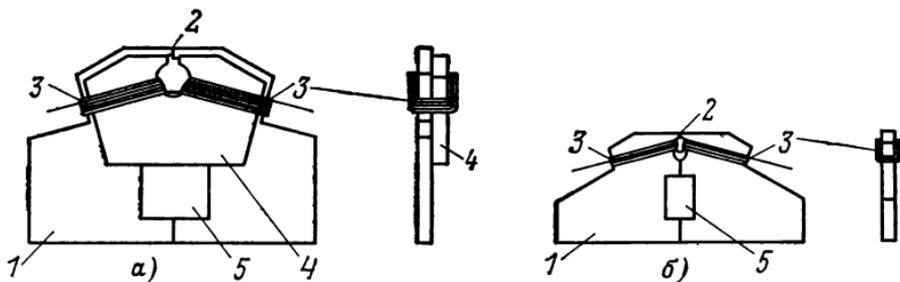


Рис. 1-2. Магнитные головки видеозаписи.

a — сердечник из магнитного сплава с ферритовой накладкой; *б* — сердечник из магнитного сплава без ферритовой накладки; 1 — сердечник из магнитного сплава; 2 — рабочий зазор; 3 — обмотка; 4 — ферритовая накладка; 5 — припой, скрепляющий части сердечника.

ра и исключительно высокая твердость сплава дают возможность изготавливать сердечники с хорошим качеством рабочего зазора и износостойкостью, превосходящей все другие сплавы аналогичного назначения.

На рис. 1-2 изображены две головки видеозаписи, применяемые в видеомагнитофонах. Первая (рис. 1-2, *a*) состоит из двух частей: основного сердечника из магнитного сплава, содержащего рабочий зазор, и ферритового сердечника. Этот тип головки выполняется с большой индуктивностью обмотки, порядка 12—14 мкГ. Она подключается непосредственно к входу или выходу усилителей воспроизведения или записи через контактный токосъемник. С бесконтактным токосъемником типа вращающегося трансформатора применяют головку без ферритового сердечника, индуктивность обмотки которой не превышает 0,25 мкГ. Особенность обеих головок состоит в расположении обмотки, которая намотана на полюсные наконечники сердечника в непосредственной близости

сти от рабочего зазора. В такой конструкции удается значительно уменьшить потоки рассеяния и повысить магнитную связь между обмоткой и сердечником. От прежних головок с обычным расположением обмотки на сердечнике головки с обмоткой на полюсных накопечниках отличаются меньшим током записи, необходимым для намагничивания ленты, и более высокой отдачей при воспроизведении. Рабочий зазор в сердечнике образует немагнитная прокладка толщиной около 1,0 мкм. Прокладка выполняется преимущественно в виде тонкого слоя монооксида кремния, получаемого напылением в вакууме. Головки видеозаписи имеют очень небольшую глубину рабочего зазора, которая обычно не превышает 50—70 мкм в сердечниках из магнитных сплавов и 20—30 мкм в ферритовых сердечниках. При этом, естественно, сокращается ресурс работы головки, а следовательно, срок ее службы. Однако эта мера необходима для уменьшения шунтирующего действия рабочего зазора, которое в головках видеозаписи велико из-за очень малых рабочих зазоров и низкой магнитной проницаемости сердечника на видеочастотах.

В одно- и двухголовочных видеомагнитофонах применяют преимущественно головки видеозаписи с ферритовыми сердечниками. Магнитные и электрические свойства феррита наилучшим образом отвечают требованиям, предъявляемым к материалу сердечников головок видеозаписи. Однако, несмотря на большую твердость и износостойкость этого материала, область применения ферритовых головок ограничивается именно физико-механическими свойствами этого материала. Ферритовые сердечники не терпят ударных нагрузок, которые возникают, например, в четырехголовочном видеомагнитофоне в момент касания головки с лентой. Они не выдерживают высокой относительной скорости и большого удельного давления, которые вызывают нагрев сердечника и приводят к микротрещинам и выкрашиванию острых граней сердечника. Эти причины ограничивают применение ферритовых головок только видеомагнитофонами с наклонно-строчной записью, в которых относительная скорость в 2—4 раза меньше, чем в четырехголовочных видеомагнитофонах, а удельное давление на головку приблизительно в два раза меньше.

На рис. 1-3 показан пример выполнения сердечника ферритовой головки для видеозаписи. Он состоит из двух

частей, скрепленных между собой стеклянной прокладкой в рабочем и дополнительном зазорах. Окно в сердечнике смещено таким образом, что обмотка помещается в непосредственной близости от рабочего зазора. Для придания ферритовой головке механической прочности ее сердечник изготавливают несколько большей толщины, чем это требуется, исходя из длины рабочего зазора. Нужная длина зазора получается выточкой в области рабочего зазора. Кроме этой формы сердечника используются и другие, например, такая, как показана на рис. 1-2,б.

Для сердечников головок используют горячепрессованный феррит, получаемый спеканием под давлением. Такие сердечники имеют небольшую пористость и хорошо поддаются шлифовке и полировке. Лучшими физико-механическими свойствами обладают головки с сердечником из монокристаллического марганцево-цинкового феррита [3]. Сердечники изготавливают так, что кристаллографическая плоскость (110), на которой находятся оси легчайшего намагничивания, совпадает с рабочей поверхностью головки.

Рабочие зазоры ферритовых головок обычно имеют ширину 0,5—1,0 мкм. В качестве прокладки применяется стеклянная прослойка, скрепляющая одновременно половинки сердечника головки, но предпочтительнее прокладка из тонкой пленки хрома, полученной напылением в вакууме. Отмечается, что при получении стеклянной прокладки в рабочем зазоре расплавленное стекло проникает в поры феррита, изменяя его свойства. Это приводит к увеличению эффективной ширины рабочего зазора до 60%, с прокладкой же из хрома она возрастает не более чем на 10%. В головках с прокладкой хрома половинки сердечника склеиваются эпоксидными смолами.

Ферритовые и особенно монокристаллические головки превосходят головки из магнитных сплавов по отдаче на высоких частотах и сроку службы. Особенностью ферритовых головок является специфический собствен-

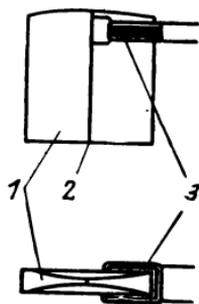


Рис. 1-3. Ферритовая головка видеозаписи.

1 — ферритовый сердечник;
2 — рабочий зазор; 3 — обмотка.

ный шум, превышающий на 3 дБ шумы головок из магнитных сплавов. Шумовое напряжение появляется при движении магнитной ленты по головке. Это явление объясняется флуктуацией доменов ферритового сердечника, возникающей в результате переменной механической нагрузки со стороны ленты, например, вследствие неравномерности физико-механических свойств ее рабочего слоя.

Срок службы головок видеозаписи зависит не только от износостойкости материала сердечника и конструкции головки. На этот очень важный параметр большое влияние оказывают условия эксплуатации.

Первой причиной, вызывающей повышенный износ головок видеозаписи, являются пыль и грязь, оседающие на ленту из воздуха или остающиеся на ней при соприкосновении с загрязненными узлами тракта лентопротяжного механизма. Поэтому первое неперемное условие правильной эксплуатации головок состоит в поддержании чистоты помещений, в которых магнитная лента хранится и эксплуатируется. Необходимо содержать в чистоте лентопротяжный механизм и блок вращающихся головок. Второй причиной является неоптимальная влажность воздуха в рабочем помещении [4]. Повышенный износ головок наблюдается как при очень низкой влажности воздуха, так и при повышенной. Влажность воздуха ниже 20% увеличивает электризацию ленты и способствует таким образом накоплению на ней грязи и пыли. Повышенная влажность воздуха ведет к увеличению абразивности лент. Влияние влажности воздуха на износ головок в четырехголовочном видеомагнитофоне показано на рис. 1-4. Оптимальные условия влажности воздуха в аппаратных видеозаписи лежат в пределах от 35 до 50%. Такие условия можно создать с помощью кондиционеров воздуха. Третье условие — правильная установка вакуумной направляющей относительно диска головок по измерительной ленте. Это гарантирует неизменное взаимное положение их в течение всего срока службы головок. Частые регулировки их взаимного положения влекут за собой перешлифовку профиля рабочей поверхности головки, которая приводит к сокращению срока службы головки. На срок службы головок оказывают влияние и другие причины. Например, если головки используют для записи или воспроизведения длинных программ, то срок службы

их больше, чем в случае коротких, запись и воспроизведение которых сопровождаются частыми включениями и выключениями видеомagneтoфона. Отмечается также, что в режиме воспроизведения срок службы головок ощутимо больше, чем при записи.

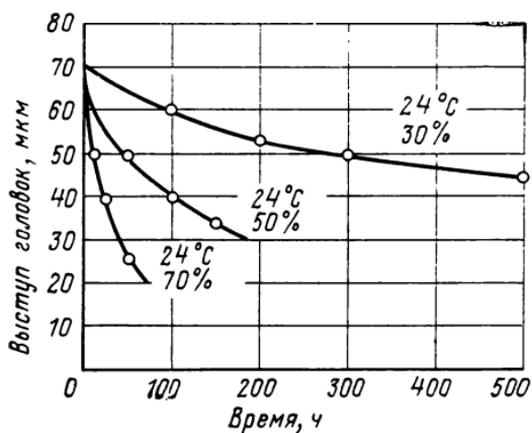


Рис. 1-4. Влияние влажности воздуха на срок службы головок видео-записи.

Изготовителями головок гарантируется обычно срок службы 100—150 ч. При неправильной эксплуатации срок службы может быть меньше гарантийного и, напротив, при соблюдении необходимых условий — превышать его в 2—3 раза и более.

1-3. Магнитная лента для видеозаписи

Свойства магнитных лент для видеозаписи прежде всего должны удовлетворять условиям записи малых длин волн сигналов телевизионного изображения. Поскольку на ленте одновременно записываются сигналы звукового сопровождения, необходимо, чтобы ее свойства соответствовали также условиям записи звуковых сигналов. Однако практически не удается получить в равной степени одинаковые оптимальные условия записи для обоих сигналов. Предпочтение отдается рабочим свойствам лент, определяющим качество записи по каналу изображения в ущерб свойствам, от которых зависит качество записи звука. Поэтому такие параметры этих лент, как чувствительность и нелинейные искажения в звуковом канале, как правило, уступают параметрам лент, предназначенных специально для звукозаписи. Магнитная лента в видеомagneтoфоне подвергается большим механическим нагрузкам, сложной деформации в устройствах вращающихся головок, большому контактному давлению со стороны магнитных головок, сочетающемуся с высокой относительной скоростью между ними. Поэтому магнитные ленты для видеозаписи имеют высокие прочностные свойства, а их рабо-

чий слой обладает большой износостойкостью и термостойкостью. Рабочему слою придают также электропроводящие свойства, препятствующие накоплению статического электричества, и принимаются меры для уменьшения его абразивности.

В табл. 1-1 приведены основные свойства отечественной ленты Т-4403 [5] и некоторых зарубежных, применяемых для записи сигналов черно-белого и цветного телевидения. Основные рабочие свойства магнитной ленты по каналу изображения, такие как отдача, частотная характеристика, уровень шума, а по каналу звука — чув-

Таблица 1-1

Основные параметры магнитных лент для видеозаписи

Параметры	Тип ленты (фильма), страна-изготовитель			
	Т-4403 (ГЛЦ) (ШХК, СССР)	Хрома-90, (Меморекс, США)	Скотч-400, (ЗМ, США)	Фудзи Фильм 701 (Фудзи Фото Фильм К°, Япония)
<i>Рабочие свойства в видеоканале</i>				
Относительная отдача, дБ	0	+3,0	-0,9	0
Относительная частотная характеристика, дБ	0	+2,0	—	0
Относительный уровень шума, дБ	+0,8	-0,7	+0,2	0
Выпадения сигнала	3,0	0,1	0,4	0,6
<i>Рабочие свойства в звуковом канале</i>				
Относительная средняя чувствительность, дБ	+8,0	+3,5	+2,5	+3,0
Относительная частотная характеристика, дБ	+10,0	+11,5	+9,5	+10,0
Относительный уровень шума паузы, дБ	-58,5	-62,0	-65,0	-68,0
Нелинейные искажения, %	2,1	3,8	5,0	3,1
<i>Физико-механические свойства</i>				
Ширина, мм	50,8	50,8	50,8	50,8
Толщина, мкм	37—38	36—37	36—38	36—39
Удельное поверхностное сопротивление рабочего слоя, Ом	$1,2 \cdot 10^8$	$7,0 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^8$
<i>Магнитные свойства</i>				
Коэрцитивная сила H_c , кА/м	19,5	22,0	18,6	24,2
Остаточная намагничённость J , кА/м	60,4	84,6	72,2	57,7
Угол ориентации, град	45	70	75	70

ствительность, частотная характеристика, уровень шума и некоторые другие параметры, в соответствии с принятой методикой выражаются в относительных величинах, полученных сравнением их с параметрами ленты, выбранной в качестве типовой. Параметры типовой ленты, измеренные в тех же условиях, что и испытываемая лента, принимаются за 0 дБ.

Современные магнитные ленты для видеозаписи отличаются лучшей частотной характеристикой в области малых длин волн записи и меньшими шумами, особенно в диапазоне частот цветовой поднесущей. Большое внимание при изготовлении лент уделяется уменьшению помех в виде выпадений сигнала, вызываемых преимущественно дефектами рабочего слоя. Неровность поверхности рабочего слоя, его шероховатость препятствуют плотному контакту с головкой, что, в свою очередь, ухудшает частотную характеристику в области малых длин волн записи и является источником так называемого контактного шума. Крупные неровности на поверхности рабочего слоя вызывают кратковременные нарушения контакта между головкой и поверхностью рабочего слоя, что приводит к мгновенным изменениям уровня ЧМ-сигнала. Если при воспроизведении сигнала с длиной волны записи λ встречается дефект, отдаляющий поверхность рабочего слоя от рабочей поверхности головки на величину a , то воспроизводимый сигнал ослабляется на величину $D = -54,6 a/\lambda$ дБ. При измерениях выпадений сигнала принято учитывать ослабление ЧМ-сигнала более 16 дБ [6]. Это ослабление и количество выпадений зависят также от контактного давления, оказываемого головкой на ленту. Поэтому при измерениях выпадений давление нормируют. В четырехголовочных видеомагнитофонах измерения проводятся при стандартном прижиге с неизношенными головками. По мере износа головок уменьшается контактное давление и наблюдается увеличение выпадений сигнала.

Длительность выпадений ЧМ-сигнала занимает диапазон от десятых долей до нескольких десятков микросекунд. Однако на воспроизводимом изображении наиболее заметны помехи, создаваемые выпадениями сигнала с длительностью более 5 мкс. Среди них наиболее часто встречаются выпадения сигнала в диапазоне от 5 до 20 мкс. Выпадения с длительностью выше 25 мкс в современных лентах для видеозаписи — явление сравнительно редкое.

В магнитной видеозаписи используют двухслойные ленты, состоящие из основы, придающей необходимую механическую прочность ленте, и рабочего слоя. В некоторых типах лент имеются дополнительные слои, например промежуточный слой для увеличения сцепления (адгезии) рабочего слоя с основой или поверхностный антистатический слой на стороне основы, обратной рабочему слою. Основу магнитных лент изготавливают из полиэфирной пленки, отличающейся высокой прочностью на разрыв, износостойкостью и стабильностью свойств от времени. Физико-механические свойства этой основы сохраняются практически постоянными при воздействии температуры окружающего воздуха от -40 до $+80^\circ\text{C}$ и мало подвержены влиянию влажности. Вследствие высоких прочностных свойств, которые в 2—2,5 раза выше, чем у основы из ацетатной пленки, основы из полиэфирных материалов имеют необходимую прочность при небольшой толщине.

В четырехголовочных видеомагнитофонах применяют магнитную ленту с толщиной основы 24 мкм, а в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах — ленты с толщиной основы от 20 до 24 мкм.

Рабочий слой представляет собой лаковое покрытие, состоящее из магнитного порошка и связующего материала. В качестве связующего используют полимеры, которые после отвердевания образуют лаковый слой, обладающий износостойкостью и термостойкостью. В состав рабочего слоя вводят смазочные вещества, снижающие коэффициент трения, что в свою очередь уменьшает износ самой магнитной ленты и магнитных головок, находящихся в контакте с рабочим слоем ленты. Кроме того, в рабочий слой ленты вводят антистатические добавки. Наиболее распространенным антистатиком является сажа, имеющая хорошую электропроводность. Удельное поверхностное сопротивление современных магнитных лент для видеозаписи не превышает 10^8 Ом, а в лучших из них имеет 10^4 Ом.

Электропроводность рабочего слоя препятствует накоплению статического электричества, влекущего за собой нежелательные явления. К ним относятся скопление на поверхности ленты пыли, нарушающей контакт между головкой и лентой, слипание витков ленты на катушке, затрудняющее смотку ленты, и, наконец, разрядные шумы, появляющиеся на воспроизводимом изображении в результате стекания электрического заряда с ленты, особенно на участках, находящихся вблизи блока вращающихся головок.

В рабочем слое магнитных лент для видеозаписи применяют преимущественно магнитный порошок игольчатой формы. Во время полива магнитного лака на основу игольчатые частицы магнитного порошка ориентируются внешним магнитным полем, так что их большие оси располагаются в направлении внешнего ориентирующего поля. Ориентация частиц магнитного порошка в рабочем слое улучшает рабочие и магнитные свойства магнитной ленты, в частности повышается ее чувствительность.

Магнитные ленты для одно- и двухголовочных видеомагнитофонов ориентированы в продольном направлении, которое совпадает с направлением записи телевизионного и звукового сигналов.

В четырехголовочных видеомагнитофонах направления записи видео- и звуковых сигналов взаимно почти перпендикулярны, поэтому угол ориентации частиц магнитного порошка в рабочем слое выбирают компромиссным путем. В большинстве магнитных лент для видеозаписи угол ориентации лежит в пределах $45-60^\circ$ относительно продольного направления. В этих пределах чувствительность ленты для видеосигналов снижается меньше чем на 0,5 дБ, а для звука на 2—3 дБ относительно чувствительности, которая может быть получена при одном и том же направлении записи и ориентации.

Большое распространение для видеозаписи получили магнитные ленты с игольчатым порошком гамма-оксида железа ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Ленты изготавливают из тонкодисперсного порошка с длиной частиц, не превышающей 0,3—0,4 мкм при отношении длины к поперечному размеру 6/1. Ленты имеют коэрцитивную силу, достигающую 24 кА/м, низкий уровень шума, небольшую абразивность и незначительное влияние температуры на магнитные и рабочие свойства. В четырехголовочных видеомагнитофонах, используемых в телевизионном вещании, применяется магнитная лента с рабочим слоем преимущественно из порошка гамма-оксида железа.

В одно- и двухголовочных видеомагнитофонах применяются также высококоэрцитивные магнитные ленты, обеспечивающие высокий уровень воспроизводящего сигнала. К числу таких лент отно-

сится лента для видеозаписи с игольчатым порошком двуокиси хрома (CrO_2). Частицы порошка двуокиси хрома длиной 0,47—0,66 мкм с отношением длины к поперечному сечению 9:1 хорошо ориентируются в рабочем слое, благодаря чему удается получить ленты с высокими магнитными и рабочими свойствами. Коэрцитивная сила лент с двуокисью хрома около 40 кА/м, а остаточная индукция в 1,5 раза выше, чем у лент с порошком из гамма-оксида железа. Преимущества этого типа ленты особенно заметны в области малых длин волн записи. Например, при длине волны записи 2,0 мкм отдача при воспроизведении с ленты из двуокиси хрома на 4—6 дБ выше отдачи с обычной ленты из гамма-оксида железа. Вместе с этим двуокись хрома обладает большой температурной зависимостью, обусловленной низкой температурой Кюри (120°). Однако до 60°C лента незначительно меняет свои свойства и вполне выдерживает температуры до 80°C . Более серьезным недостатком ее является высокая абразивность, которая почти в 2 раза выше, чем у ленты из гамма-оксида железа. Поэтому область применения ее в основном ограничена видеомагнитофонами с невысокой относительной скоростью, использующими износостойкие ферритовые головки. Промежуточное положение занимает магнитная лента на игольчатом порошке гамма-оксида железа с присадкой кобальта, получившая за рубежом название «высокоэнергетической» ленты. Коэрцитивная сила и остаточная индукция их такая же, как у лент на порошке из двуокиси хрома. Однако вследствие худшей ориентированности порошка в рабочем слое рабочие свойства «высокоэнергетических» лент несколько уступают свойствам магнитных лент на порошке из двуокиси хрома. В частности, отдача в области малых длин волн записи ниже на 2—3 дБ. Лентам на порошке из гамма-оксида железа с присадкой кобальта точно так же, как и лентам с двуокисью хрома, свойственна зависимость магнитных и рабочих свойств от температуры. Кроме того, наблюдается размагничивание записи при многократных воспроизведениях под действием давления, оказываемого головкой на ленту. Однако в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах, в которых эта лента преимущественно применяется, контактное давление головки невелико и этим явлением практически можно пренебречь. Преимуществом ленты является меньшая, чем у лент из двуокиси хрома, абразивность, вследствие чего износ головок на этой ленте в 1,5—1,8 раза меньше.

Абразивность магнитных лент зависит от физико-механических свойств, размера и твердости частиц порошка, гладкости поверхности рабочего слоя, типа связующего, смазки и других факторов, но также от окружающих условий, в которых эксплуатируется лента. Особенно большое влияние, как уже отмечалось выше, оказывает влажность окружающего воздуха.

Срок службы магнитной ленты оценивается количеством прогонов ее в режиме рабочего хода лентопротяжного механизма. Износ рабочего слоя и повреждение его в процессе эксплуатации ленты ведут к уменьшению уровня воспроизводимого сигнала и росту количества выпадений сигнала. Ухудшение этих двух параметров в процессе эксплуатации ленты ниже определенного уровня свидетельствует об износе ее.

В соответствующих условиях срок службы магнитной ленты может достигать 2000—2500 прогонов. Такого рода испытания проводятся на видеомагнитофоне, автоматически переключаемом из ре-

жима рабочего хода на перемотку и обратно в чистом, обеспыленном помещении с контролируемой температурой и влажностью воздуха. В реальных эксплуатационных условиях срок службы в значительной степени зависит от точности соблюдения правил эксплуатации и хранения магнитной ленты. Особенно тщательно ее следует оберегать от запыления пылью и грязью, оседающими из воздуха, и продуктами износа самой ленты.

Эксплуатировать и хранить магнитную ленту рекомендуют в чистых, обеспыленных помещениях с кондиционированным воздухом, где обеспечиваются постоянная температура и влажность. В этих помещениях не рекомендуется курить и принимать пищу. Лентопротяжный механизм должен регулярно очищаться от продуктов износа ленты. От оператора требуются аккуратность и осторожность в обращении с лентой, особенно при установке и зарядке ее на лентопротяжном механизме. Следует избегать складок и перегибов на ленте и следов пальцев на рабочем слое, вызывающих выпадение сигналов.

Эффективным способом продления срока службы ленты является ее очистка. Ленту очищают в специальных устройствах [7], в которых с поверхности рабочего слоя ленты ножами из твердого материала, например карбида вольфрама, срезают неровности, образовавшиеся в результате скопления продуктов износа рабочего слоя. Кроме того, лента подвергается протирке специальными тканевыми или бумажными лентами со стороны рабочего слоя и основы. Очистка 2200-метрового рулона происходит за 10—20 мин, в течение которых лента очищается при перемотке в прямом и обратном направлениях.

Используют также очистку магнитных лент в ультразвуковых ваннах с очистительной жидкостью. После ванны лента промывается сильной струей той же жидкости и далее высушивается. Очистка таким способом удаляет с поверхности ленты частицы менее 0,5 мкм и отпечатки пальцев. Последний способ обладает также высокой экономичностью.

1-4. Способы магнитной записи телевизионных сигналов

Строчная магнитная запись, применяемая в современных видеомагнитофонах, — не единственный способ магнитной видеозаписи. Известно много других способов, некоторые из них испытывались в аппаратуре, но в силу каких-то недостатков не получили дальнейшего развития, другие же ждут своего практического решения. Эти способы можно разделить на две основные группы, а именно продольную и строчную запись. Каждая из них, в свою очередь, может быть выполнена в различных вариантах (рис. 1-5). Магнитная видеозапись начала развиваться с систем, основанных на продольной магнитной записи. В одной из первых опытных установок [8] использована многорожечная запись с временным делением сигнала. Сигнал с верхней частотой F

в результате квантования превращается в последовательность разнополярных импульсов с частотой повторения $2F$, амплитуды которых соответствуют мгновенным значениям амплитуд сигнала. При числе каналов записи N на каждую дорожку записывается $2F/N$ импульсов. Таким образом, на каждой дорожке записи в N раз уменьшается частота повторения импульсов, что позволяет соответственно уменьшить скорость движения ленты для их записи. При воспроизведении импульсы, считываемые с отдельных дорожек записи, сум-

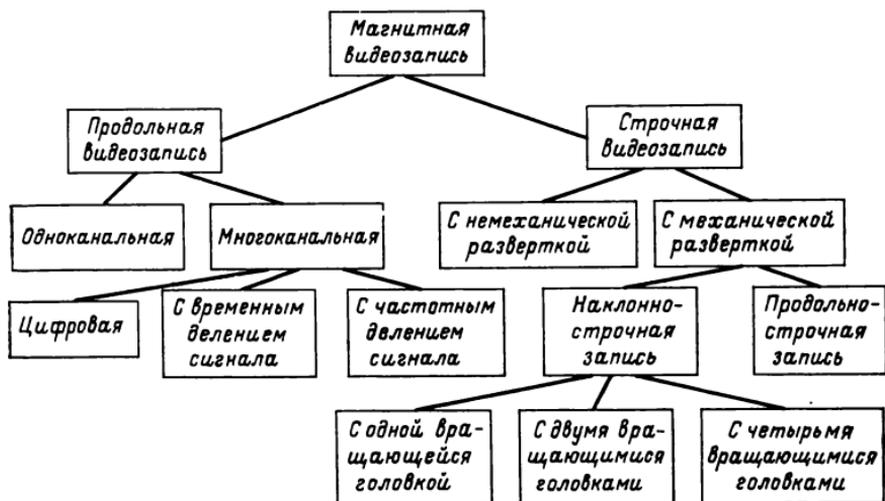


Рис. 1-5. Классификация способов магнитной записи телевизионных сигналов.

мируются, фильтруются выходным фильтром нижних частот, в результате чего восстанавливается первоначальная форма сигнала. В многодорожечном способе записи с частотным делением сигнала [9] предполагается деление полосы частот записываемого сигнала на узкие поддиапазоны с последующим преобразованием каждого в область более низких частот. Этот способ не получил практического применения из-за трудностей, возникающих с восстановлением первоначального сигнала в процессе воспроизведения. В установке для записи и воспроизведения телевизионных сигналов, предложенной фирмой RCA [10], использован иной принцип частотного деления. Телевизионный сигнал делится на составляющие, каждая из которых записывается на отдельной дорожке. Первые три канала с полосой частот до 1,5 МГц используются для записи цветных компонент (красный,

зеленый, синий). Видеоинформация, содержащая высокочастотные составляющие сложного сигнала, записывается по четвертому каналу с полосой частот от 1,5 до 3,5 МГц. Для записи сигналов синхронизации и звукового сопровождения служат пятый и шестой каналы записи. Скорость движения ленты шириной 12,7 мм в установке составляла 6 м/с, а длительность непрерывной записи-воспроизведения одного рулона ленты — 15 мин.

С появлением строчной записи развитие многодорожечных способов записи телевизионных сигналов прекратилось.

В последние годы вновь появился интерес к системам с многодорожечной магнитной записью. Он возник в связи с развитием цифровых методов передачи телевизионной информации и поиском способов записи ее в цифровой форме.

Запись телевизионных сигналов в цифровой форме имеет заметные преимущества перед записью сигналов в аналоговой форме. К ним относятся: незначительная потеря качества изображения при записи и воспроизведении; небольшое ухудшение отношения сигнал/шум в результате многократного копирования видеограммы; простота коррекции искажений, в том числе компенсации выпадений сигнала. Облегчается также обслуживание аппаратуры, так как отпадает необходимость во многих регулирующих и корректирующих элементах. Для передачи телевизионного сигнала с отношением сигнал/шум равным 48 дБ, при идеальном кодировании и системе связи необходим поток информации со скоростью не менее 40 Мбит/с. В действительности идеальных условий создать не удастся. С учетом ошибок, обусловленных шумами и выпадением сигналов в канале магнитной записи и воспроизведения, скорость потока повышается до 100 Мбит/с. При такой скорости передачи информации полоса частот существующих систем строчной магнитной записи оказывается недостаточной. Эта причина привела вновь к многодорожечной магнитной записи, в которой при данной плотности записи поток информации может быть увеличен наращиванием количества параллельных дорожек. Что касается продольной плотности записи, то за истекшие два десятилетия с момента появления первого видеомагнитофона с многодорожечной записью плотность возросла в несколько раз. В лабораторных условиях на современных магнит-

ных лентах удается реализовать плотность записи до 980 бит/мм.

В одной из экспериментальной установок [11] телевизионный сигнал с полосой 5,5 МГц преобразуется в 8-разрядный двоичный код с тактовой частотой 13 МГц. Информация записывается с плотностью записи 630 бит/мм на 42 дорожках, размещенных на ленте шириной 25,4 мм. В другом экспериментальном видеомагнитофоне [12] также использован 8-разрядный код, но скорость потока информации доведена до 240 Мбит/с. Кодированный телевизионный сигнал записывается на 160 дорожках на ленте шириной 50,8 мм с плотностью записи 980 бит/мм и скоростью ленты 152 см/с. Обратное преобразование воспроизводимого кодированного сигнала в аналоговый сигнал обеспечивает отношение сигнал/шум на выходе видеомагнитофона 47 дБ. Десятикратная перезапись ухудшает отношение сигнал/шум немногим более чем на 3 дБ, в то время как при аналоговой записи в этих условиях отношение сигнала к помехе понижается на 10 дБ.

Видеомагнитофоны с цифровой записью еще не вышли из стен лабораторий, но уже первые результаты показывают перспективность этого направления в развитии техники магнитной видеозаписи. Несомненно, что цифровая запись вытеснит в будущем аналоговый способ в магнитной видеозаписи. Однако прежде следует решить ряд задач, среди которых первое место занимает повышение поверхностной плотности записи. В настоящее время экспериментальные видеомагнитофоны с цифровой записью с учетом последних достижений в области магнитной записи уступают в 4 раза по расходу ленты на час звучания аналоговым видеомагнитофонам. В дальнейшем цифровая видеозапись будет развиваться не только по пути повышения разрешающей способности магнитной записи, улучшения магнитных лент и головок, но и несомненно будет обращено внимание на совершенствование способов кодирования телевизионного сигнала и уменьшение избыточной информации в сигнале.

Строчная магнитная запись, получившая распространение в современных видеомагнитофонах, предложена К. Л. Исуповым [13] для записи звуковых сигналов еще в 1932 г. Для этого способа записи характерно одновременное продольное движение магнитной ленты и перемещение головки записи или воспроизведения. В ре-

зультате сложения двух движений относительная скорость между головкой и лентой превышает продольную скорость ленты. Дорожка записи в этом способе записи составляется из отдельных отрезков — строчек записи, расположенных на ленте таким образом, что информация, содержащаяся на каждой из них, является продолжением информации на предыдущей строчке записи.

В зависимости от положения строчек записи на ленте различают продольно-строчную, наклонно-строчную и поперечно-строчную записи.

В продольно-строчном способе записи строчки записи, следующие одна за другой, расположены в направлении движения ленты. Во втором способе записи строчки записи, расположенные параллельно друг другу, образуют некоторый угол с направлением движения ленты, и, наконец, в поперечно-строчной записи параллельные друг другу строчки записи практически перпендикулярны направлению движения ленты.

На рис. 1-6,а схематически изображено устройство продольно-строчной записи с двумя вращающимися головками. Магнитная лента огибает диск с магнитными головками, смещенными по высоте так, что каждая из них записывает на ленте дорожку записи. Лента охватывает диск по дуге, равной расстоянию между головками, которая при двух головках соответствует дуге с центральным углом 180° . Если диск вращается в сторону, противоположную движению ленты, а скорость ее равна окружной скорости головок, то относительная скорость v_0 между ними вдвое больше скорости ленты v . Сигналограмма, записанная на этом устройстве, имеет вид, изображенный в нижней части рис. 1-6,а. В этом легко убедиться, проследив последовательность записи строчек на ленте. После записи строчки g , d (рис. 1-6,а) магнитная головка I выходит из соприкосновения с лентой в точке d . Для соблюдения условия непрерывности она должна начать запись после поворота диска на 180° с точки d , поэтому время перемещения точки d на ленте и головки I к началу записи должно быть одинаково. Поскольку путь, проходимый ими, одинаков, то скорости, их должны быть также равны, а так как они взаимно противоположны, то относительная скорость равна удвоенной скорости ленты. Если на диске установить большое количество головок, то можно повысить относительную скорость. Например, при десяти голов-

ках на диске лента охватывает его по дуге с центральным углом, равным 36° . Для соблюдения условия непрерывности записи необходимо, чтобы за равное время лента перемещалась на отрезок, равный 0,1 длины окружности диска, а очередная головка совершала путь, равный 0,9 длины окружности. Это означает, что окружная скорость головок должна быть в 9 раз выше скорости ленты, а относительная скорость будет в 10 раз больше скорости ленты. Вообще при числе головок n и скорости ленты $v_{л}$ относительная скорость v_0 равна:

$$v_0 = nv_{л},$$

а скорость головок

$$v_{г} = (n-1)v_{л}. \quad (1-1)$$

Разновидность продольно-строчного способа записи использована в устройстве для воспроизведения последовательности неподвижных телевизионных изображений [14]. В устройстве применяется вращающийся диск с тремя магнитными головками, расположенными на периферии диска на равном расстоянии друг от друга. Лента охватывает его примерно на две трети окружности. Дорожка записи шириной 200 мкм составлена из последовательности строчек, каждая из которых содержит одно поле телевизионного изображения. Каждое поле воспроизводится последовательно тремя головками в течение времени, пока участок ленты с этой строчкой записи находится на диске. Участок ленты со следующей строчкой записи занимает место на диске в момент времени, незначительно опережающий момент начала:

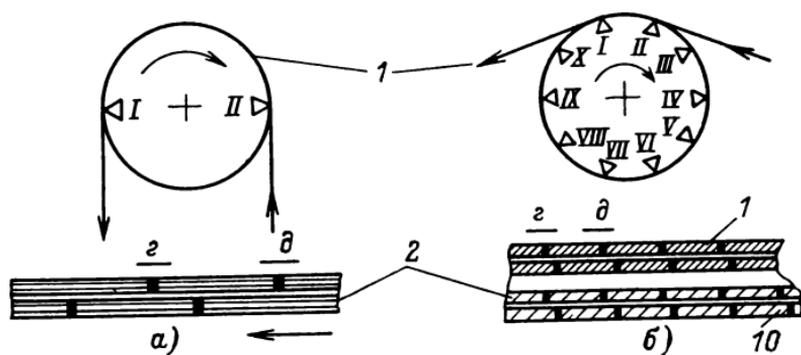


Рис. 1-6. Устройство продольно-строчной записи с двумя (а) и десятью (б) вращающимися магнитными головками (z, d — строчки записи).

1 — диск с магнитными головками и лентой; 2 — расположение строчек записи на ленте.

схода с диска первого участка ленты. Как только вторая дорожка записи полностью занимает место на диске, начинается воспроизведение следующего поля телевизионного изображения. Длительность воспроизведения каждого поля равна 3,6 с при продольной скорости ленты 4,75 см/с и относительной скорости более 10 м/с.

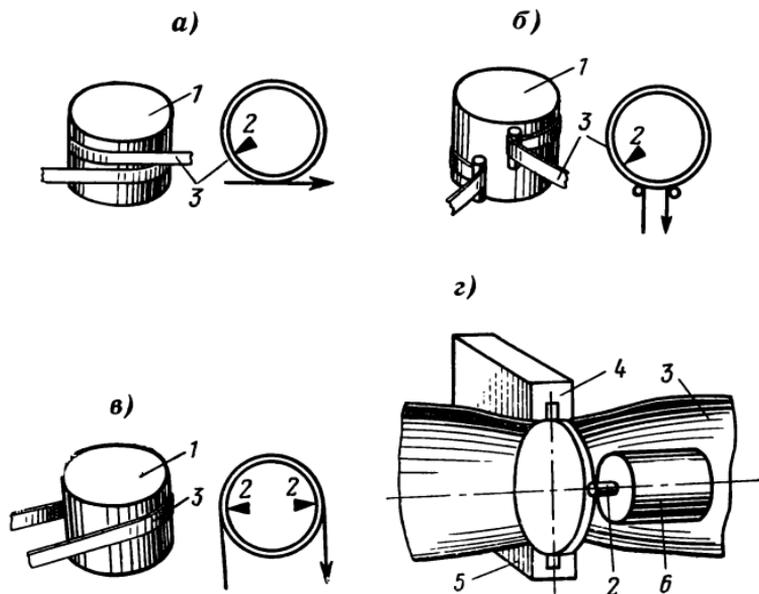


Рис. 1-7. Устройство наклонно-строчной и поперечно-строчной записи.

а — с одной вращающейся головкой (α -петля); *б* — (Ω -петля); *в* — с двумя вращающимися головками и *г* — с четырьмя вращающимися головками; 1 — направляющий барабан; 2 — магнитные головки; 3 — магнитная лента; 4 — вакуумная направляющая; 5 — диск головок; 6 — двигатель головок.

Схема устройства	Количество головок	Угол охвата барабана φ	Частота вращения диска, сб/мин
Рис „а“	1	$\sim 360^\circ$	3000
Рис „б“	1	$< 360^\circ$	3000
Рис „в“	2	$< 180^\circ$	1500
Рис „г“	4	$< 90^\circ$	15 000

Наклонно-строчная запись выполняется преимущественно устройствами с одной и двумя вращающимися головками, хотя принципиально они могут содержать и большее количество головок. Для поперечно-строчной

записи распространение получили устройства с четырьмя вращающимися головками. Схематически эти устройства показаны на рис. 1-7 вместе с некоторыми данными о них.

Устройство с одной вращающейся головкой (рис. 1-7,а) состоит из гладкого неподвижного направляющего барабана, разделенного на две части — нижнюю и верхнюю, между которыми вращается диск с магнитной головкой. Лента скользит по направляющему барабану, охватывая его по спирали. Рабочая поверхность головки, выступающая на 50—70 мкм над образующей направляющего барабана, вдавливается в ленту для надежного контакта между ними.

Во втором устройстве (рис. 1-7,б) лента при выходе и входе отводится от направляющего барабана двумя штифтами, вследствие чего угол охвата его лентой несколько меньше 360° . В соответствии с образующей формой петли ленты на барабане первое устройство получило название устройства с α (альфа)-петлей, а второе — устройство с Ω (омега)-петлей.

Дорожки с записью видеосигнала расположены на ленте под углом в $3—5^\circ$ относительно края ленты. В момент перехода магнитной головки с одного края ленты на другой часть информации во время записи теряется. Частоту и фазу вращения диска с головкой устанавливают так, чтобы момент перехода совпадал с кадровой группой синхронизирующих импульсов телевизионного сигнала. Отсутствующая часть сигнала кадровой синхронизации замещается при воспроизведении. В устройствах с α -петлей сигнал прерывается на 40—50 мкс, а в устройствах с Ω -петлей — не менее чем на 300 мкс. Однако в последнем устройстве легко записать сопровождающую звуковую информацию на продольных дорожках нижнего и верхнего краев ленты (рис. 1-8). В устройстве с α -петлей дорожки записи видеосигнала занимают обычно всю поверхность ленты от одного ее края до другого. Поэтому звуковую информацию записывают на продольных дорожках, накладываемых на дорожки записи видеосигнала. Для уменьшения взаимовлияния между обеими дорожками рабочие зазоры записывающих и воспроизводящих головок ориентированы так, что угол между ними и направлением записи видеосигнала равен 90° .

Устройство наклонно-строчной записи с двумя вращающимися головками также содержит направляющий барабан, состоящий из двух частей — нижней и верхней, между которыми вращается диск с двумя головками, сдвинутыми относительно друг друга на 180° . Лента охватывает направляющий барабан на угол, несколько больший 180° , образуя неполный виток спирали. Расположение дорожек записи на ленте при двухголовочной магнитной видеозаписи имеет вид, аналогичный показанному на рис. 1-8 для одноголовочной записи. Основное отличие и достоинство двухголовочной магнитной

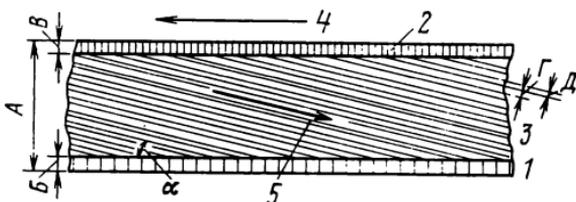


Рис. 1-8. Расположение дорожек записи на ленте при наклонно-строчной записи одной или двумя вращающимися головками.

1 — дорожка записи управляющего сигнала; 2 — дорожка записи звука; 3 — дорожка записи видеосигнала; 4 — направление движения ленты; 5 — направление записи видеосигнала; А, В, В', Д — ширина и α — угол наклона дорожек записи видеосигнала (см. табл. 8-2).

записи состоит в том, что информация на смежных дорожках записывается с взаимным перекрытием, а воспроизводится непрерывно без потерь. В двухголовочных видеомагнитофонах, получивших распространение в системах замкнутого телевидения, на строчке записывается одно поле телевизионного изображения. Число оборотов диска с головками при этом для принятого в нашей стране телевизионного стандарта должно быть равно 1500 об/мин.

В видеомагнитофонах для телевизионного вещания этот способ не используют, так как создание необходимой относительной скорости в нем связано с очень внушительными размерами направляющего барабана, диаметр которого может быть более 0,5 м. Диаметр барабана можно уменьшить, если одновременно увеличить число оборотов диска головок. Так сделано в «сегментном» двухголовочном видеомагнитофоне [15]. Строчка записи в этом случае содержит информацию только о части поля телевизионного изображения и таким образом теряется одно из важных свойств двухголовочной записи —

записи и воспроизведения головкой целого поля. Если параметры обеих магнитных головок отличаются друг от друга, то это приводит к появлению полосатости на воспроизводимом изображении, аналогичном тому, которое может быть в четырехголовочном видеомагнитофоне. Вместе с тем «в сегментных» двухголовочных видеомагнитофонах легче обеспечить взаимозаменяемость видеофонограмм, чем в обычных двухголовочных, вследствие меньшей длины строчек записи и большего угла их наклона.

В устройствах поперечно-строчной записи четырьмя вращающимися головками плоскость вращения диска головок расположена перпендикулярно поверхности ленты (рис. 1-7, в). В месте соприкосновения головок с лентой последняя изгибается с помощью вакуумной направляющей, на которой она удерживается вакуумным присосом. Полюсные наконечники магнитных головок, выступающие над периферией диска, вдавливают ленту в имеющуюся на направляющей выточку. По мере износа полюсных наконечников вдавливание ленты уменьшается, но надежный контакт с головками сохраняется в течение всего срока их службы. Центральный угол дуги изгиба ленты равен приблизительно 110° , головки же на диске смещены относительно друг друга на 90° , поэтому сигнал на смежных строчках записывается с перекрытием, а воспроизводится как непрерывный без потери информации.

Относительная скорость между головкой и лентой во всех способах наклонно-строчной записи равна геометрической сумме окружной линейной скорости вращения головки v_r и скорости движения ленты в продольном направлении v_l . Если угол между этими двумя скоростями θ , то относительная скорость в общем виде для строчной записи равна:

$$v_0 = v_r + v_l \cos \theta. \quad (1-2)$$

Колебания относительной скорости Δv_0 представляют собой сумму двух составляющих колебаний скорости головки Δv_r и ленты Δv_l , а именно:

$$\Delta v_0 = \Delta v_r \pm \Delta v_l \cos \theta. \quad (1-3)$$

Из этого выражения путем очевидных преобразований можно получить значение коэффициента колебания относительной скорости:

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{\Delta v_r}{v_r} \frac{v_r}{v_0} \pm \frac{\Delta v_l}{v_l} \frac{v_l}{v_0}. \quad (1-4)$$

Для продольно-строчной записи $\cos \theta \approx 1$. Имея также в виду полученные ранее соотношения (1-1), для n головок получаем:

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} = \frac{\Delta v_r}{v_r} \frac{n-1}{n} + \frac{\Delta v_l}{v_l} \frac{1}{n}. \quad (1-5)$$

Ощутимое ослабление составляющей, вызванной колебаниями скорости ленты, в устройствах подобного вида можно получить только при большом числе головок, т. е. когда $v_r \gg v_l$.

В устройствах наклонно-строчной записи с одной и двумя вращающимися головками угол $\theta \approx 3-5^\circ$. Компонента колебания относительной скорости, обусловленная колебаниями скорости ленты, ослабляется практически в v_l/v_0 раз, т. е. не менее чем 80—100 раз. Для устройств поперечно-строчной записи с четырьмя вращающимися головками имеем:

$$\cos \theta \approx 0; \quad v_r \approx v_0; \quad (1-6)$$

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} \approx \frac{\Delta v_r}{v_r}.$$

Коэффициент колебания относительной скорости для этого устройства практически зависит только от стабильности вращения диска головок.

К аппаратуре магнитной видеозаписи предъявляется обязательное требование взаимозаменяемости. Это означает, что сигналограмма, записанная на любом видеоманитофоне, обязана воспроизводиться с допустимыми потерями на любом другом видеоманитофоне такого же устройства. В основе взаимозаменяемости лежит стандартная для всех видеоманитофонов данного типа сигналограмма, включающая в себя размеры ленты, расположение и размеры дорожек записи и спецификацию сигналов, записанных на них. Идентичность сигналограмм, полученных на любом из видеоманитофонов, гарантирует взаимозаменяемость между ними.

Международные рекомендации [16] и национальные стандарты [17] для четырехголовочных видеоманитофонов регламентируют размеры и допуски на конструктивные элементы, влияющие на сигналограмму. Аналогичные рекомендации создаются и для других типов видеоманитофонов.

На размеры магнитной ленты заметное влияние оказывают температура и влажность окружающей среды. Вместе с лентой меняются размеры дорожек записи, что в свою очередь приводит к смещению их относительно воспроизводящей головки. Величина смещения пропорциональна отношению длины участка ленты, занимаемой одной строчкой, к ширине строчки записи [18]. В четырехголовочном способе записи, в котором строчки записи расположены практически перпендикулярно оси ленты, смещение очень мало. Оно составляет всего лишь 0,15% при изменении окружающей среды в широких пределах. При одноголовочном и двухголовочном способах записи, в которых наклон строчек записи относительно продольной оси ленты составляет всего лишь несколько градусов, смещение их относительно воспроизводящей головки велико и составляет для тех же пределов изменений условий окружающей среды до 20%. Изменение геометрических размеров строчек записи приводит, естественно, к возникновению временных ошибок, которые в способах записи с одной и двумя вращающимися головками достигают значительной величины.

Каждый из рассмотренных выше способов записи имеет свои достоинства и недостатки, которые в совокупности определили область применения каждого из них. Устройства записи с четырьмя вращающимися головками используются в видеомагнитофонах для телевизионного вещания, к которым предъявляются высокие требования к точности сохранения временного масштаба воспроизводимого сигнала. Видеомагнитофоны с одной и двумя вращающимися головками уступают в этом отношении четырехголовочным видеомагнитофонам. Однако по простоте конструкции и дешевизне они превосходят четырехголовочные видеомагнитофоны. Это определило область их использования в установках замкнутого телевидения различного назначения и в видеомагнитофонах для бытового применения.

Способ строчной записи с немеханическим сканированием предполагает применение специальных магнитных головок, в которых поле записи и читающий зазор воспроизводящей головки перемещаются в поперечном направлении ленты немеханическим устройством.

Предложено множество различных проектов головок, использующих электронную и магнитную развертки [9, 20]. В этих устройствах наиболее сложно осуществ-

вить режим воспроизведения. Осложняет эту задачу очень малая напряженность магнитных полей в процессе воспроизведения, а также помехи, создаваемые полями развертки. Пока не предложено удовлетворительных принципов, которые могли бы найти практическое применение в строчной записи с немеханическим сканированием.

В настоящее время и на ближайшее будущее надежным способом записи телевизионных сигналов остается строчная магнитная запись с вращающимися головками. Поэтому дальнейшее изложение касается исключительно вопросов, связанных с аппаратурой, использующей устройства с вращающимися головками.

1-5. Структурная схема видеомэгнитофона

Современные видеомэгнитофоны, несмотря на многочисленные отличия, вызванные их конструктивными особенностями и разным назначением, имеют много общего. В любом из них можно выделить следующие основные узлы или блоки:

устройства, обеспечивающие перемещение ленты, необходимое для последовательной записи на ней сигналов (лентопротяжный механизм);

устройства, обеспечивающие перемещение магнитных головок относительно ленты, необходимое для получения заданной скорости головки — лента (блок вращающихся головок в четырехголовочном видеомэгнитофоне и узел вращающихся головок в одно- и двухголовочных видеомэгнитофонах);

канал записи и воспроизведения сигнала изображения;

канал записи и воспроизведения сигналов звукового сопровождения.

Кроме перечисленных, в состав видеомэгнитофона входят также некоторые вспомогательные системы, не имеющие самостоятельного функционального назначения, необходимые для нормальной работы основных систем:

система автоматического регулирования и привода вращающихся головок, обеспечивающая стабильность частоты их вращения;

система автоматического регулирования движения магнитной ленты, обеспечивающая стабильность ее ско-

рости при записи и точное следование головок по строчкам записи при воспроизведении;

системы обработки воспроизводимого сигнала, коррекции возникающих временных ошибок и компенсации помех, вызванных выпадениями сигналов из-за дефектов ленты.

Состав блоков и узлов, входящих в ту или иную систему видеомэагнитофона, в первую очередь определяется его назначением и в связи с этим может несколько

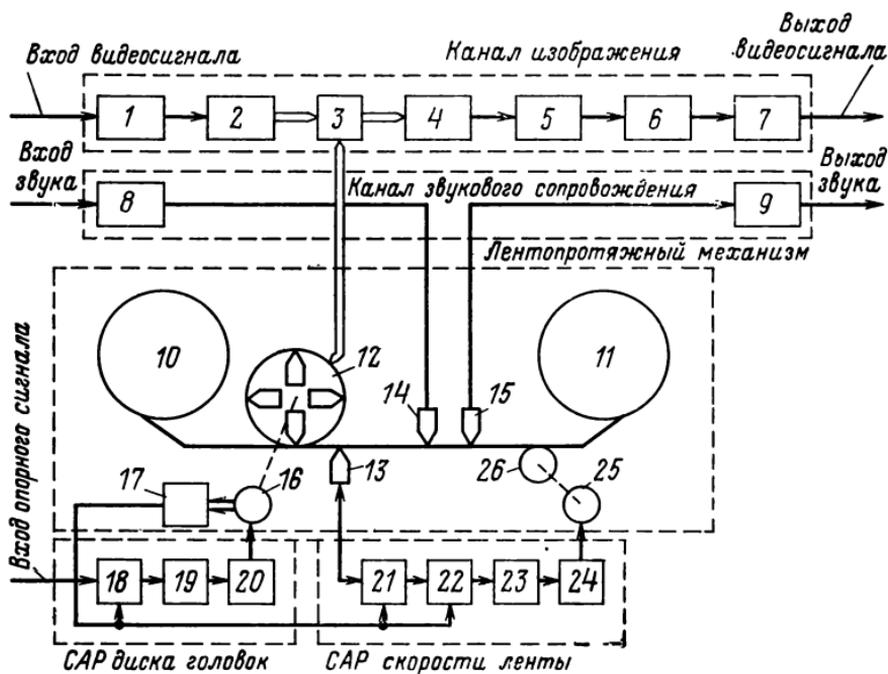


Рис. 1-9. Структурная схема видеомэагнитофона с вращающимися головками.

1 — модулятор; 2 — усилитель записи; 3 — переключатель записи-воспроизведения; 4 — усилитель воспроизведения; 5 — коммутатор головок; 6 — демодулятор; 7 — система обработки; 8, 9 — усилители записи и воспроизведения звука; 10, 11 — подающая и приемная катушки; 12 — диск головок, 13, 14, 15 — головки записи-воспроизведения звука и сигнала управления; 16 — двигатель головок с датчиком оборотов 17; 18, 22 — фазовые дискриминаторы; 19, 23 — управляемые генераторы; 20—24 — усилители питания двигателя; 21 — канал управления.

изменяться. Наиболее характерными с этой точки зрения являются видеомэагнитофоны, предназначенные для использования в телевизионном вещании. Как правило, это видеомэагнитофоны с четырьмя вращающимися головками, на примере которых и можно рассмотреть структур-

ную схему (рис. 1-9). Помимо указанных на этом рисунке систем и блоков, такие видеомэгнитофоны имеют целый ряд дополнительных блоков, обеспечивающих неискаженное воспроизведение записанных программ. К ним относятся системы автоматического регулирования отдачи головок, воспроизводящих ЧМ-сигнал, автоматического регулирования частотных характеристик усилителей воспроизведения, системы синхронизации воспроизводимого изображения с другими источниками программы, компенсаторы выпадений сигнала и т. д. Для видеомэгнитофонов упрощенного типа, предназначенных для различных замкнутых телевизионных систем, а также для видеомэгнитофонов бытового назначения одним из основных требований является низкая стоимость. Это обычно достигается путем упрощения всех систем и блоков и уменьшения их числа за счет снижения качественных показателей.

Глава вторая

ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ВИДЕОМАГНИТОФОНА

2-1. Общие сведения

Лентопротяжный механизм осуществляет перемещение магнитной ленты с постоянной скоростью около магнитных головок в процессе записи или воспроизведения. Кроме этой основной функции, называемой «рабочим ходом», лентопротяжный механизм выполняет дополнительные функции: обратную перемотку ленты для возвращения ее в исходное положение после записи или воспроизведения и ускоренную перемотку ленты вперед для поиска нужного участка записи.

Основным требованием к обоим вспомогательным функциям лентопротяжного механизма является минимальное время, затрачиваемое на их выполнение. В обоих режимах ленте придается скорость, в несколько раз большая, чем скорость рабочего хода. Кратность перемотки, т. е. отношение времени записи или воспроизведения к времени перемотки, в среднем равна 20. Скорость перемоток ограничивают возникающие в момент пуска и остановки ленты недопустимо большие ускорения, ведущие к деформации или даже обрыву ленты.

Лентопротяжные механизмы в большинстве видеомагнитофонов выполнены по схеме с открытой петлей и тянущим ведущим валом, расположенным по ходу ленты за магнитными головками (рис. 2-1). Эта схема может также быть с толкающим ведущим валом, помещенным до магнитных головок. Реже, преимущественно в одноголовочных видеомагнитофонах, применяют лентопротяжные механизмы с закрытой петлей (рис. 2-2).

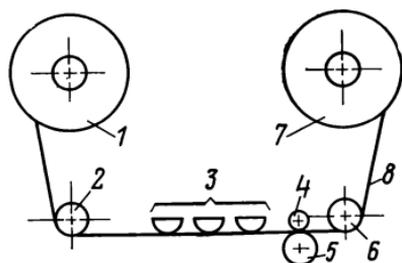


Рис. 2-1. Схема лентопротяжного механизма с открытой петлей.

1 — подающая катушка; 2 — направляющий ролик; 3 — магнитные головки; 4 — ведущий вал; 5 — прижимный ролик; 6 — направляющий ролик; 7 — приемная катушка; 8 — магнитная лента.

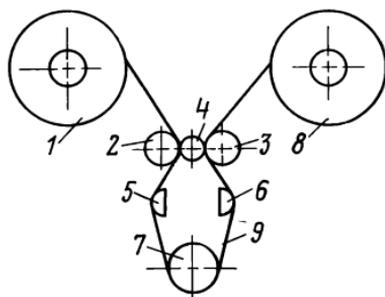


Рис. 2-2. Схема лентопротяжного механизма с закрытой петлей.

1 — подающая катушка; 2, 3 — прижимные ролики; 4 — ведущий вал; 5, 6 — магнитные головки; 7 — вращающийся узел; 8 — приемная катушка; 9 — магнитная лента.

В этой схеме магнитная лента дважды прижимается к ведущему валу — до магнитных головок и после них. Разновидностью схемы с закрытой петлей является схема с двумя ведущими валами, один из которых толкающий, а другой тянущий.

По способу привода вращающихся узлов лентопротяжные механизмы подразделяются на механизмы с тремя электродвигателями, двумя и одним. В это число не входят электродвигатели блока вращающихся головок.

В четырехголовочных видеомагнитофонах для телевизионного вещания, а также в некоторых одно- и двухголовочных видеомагнитофонах профессионального назначения применяют лентопротяжные механизмы с тремя электродвигателями, выполненные по схеме с открытой петлей. Один из двигателей служит для привода ведущего узла, сообщающего магнитной ленте постоянную скорость. В режиме рабочего хода лента протягивается ведущим валом, к которому она прижимается

обрезиненным прижимным роликом. Ведущий вал может быть продолжением вала электродвигателя или приводится во вращение от электродвигателя через ременную передачу. Два других электродвигателя используются в **боковых узлах лентопротяжного механизма**. На подающем узле устанавливается катушка, с которой лента сматывается. В режимах рабочего хода и ускоренного хода вперед двигатель подающего узла создает крутящий момент, обеспечивающий необходимое натяжение ленты в тракте лентопротяжного механизма. В режиме обратной перемотки он создает крутящий момент, необходимый для быстрой и плотной намотки ленты. Правый приемный узел служит для намотки ленты на катушку в режимах рабочего хода и ускоренного хода вперед и создания натяжения при обратной перемотке ленты.

Лентопротяжный механизм с тремя двигателями надежен и при рациональном выборе элементов обеспечивает равномерную скорость движения ленты. Лентопротяжные механизмы большинства одно- и двухголовочных видеомагнитофонов с целью удешевления выполняют с двумя электродвигателями. Например, для привода подающего и приемного узлов используют один электродвигатель, выполняющий с помощью простых кинематических связей все необходимые режимы работы; второй двигатель служит для привода ведущего вала и диска головок и, наконец, в портативных видеомагнитофонах все функции выполняет один электродвигатель. Кинематическая связь между двигателем и ведомыми им узлами (подающим, приемным, ведущего вала и диска головок) обычно осуществляется бесшовными ремнями из специального синтетического материала.

Наиболее сложно в лентопротяжном механизме обеспечить с необходимой степенью точности постоянство скорости движения магнитной ленты. В силу ряда причин, зависящих от конструктивных особенностей механизма и в значительной мере от точности изготовления его механических узлов, скорость ленты может изменяться в небольших пределах. Различают две составляющие изменений скорости: медленную и быструю. Медленные изменения оцениваются как колебания средней скорости, а быстрые — как колебания мгновенной скорости. Основной причиной колебаний средней скорости является проскальзывание ленты между прижимным ро-

ликом и ведущим валом. Проскальзывание, в свою очередь, вызывается изменением натяжения ленты слева и справа от ведущего вала. Когда катушка на подающем узле заполнена лентой, а на приемном узле — пустая, натяжение ленты с правой стороны ведущего вала наибольшее, а с левой наименьшее. Это происходит вследствие того, что вращающие моменты двигателей правого и левого узла примерно одинаковы, а плечи, к которым они приложены, отличаются друг от друга. При равном заполнении лентой обеих катушек натяжение с обеих сторон ведущего вала уравнивается и его крутящий момент преодолевает только трение ленты о направляющие ролики и головки. В конце, когда подающая катушка пустая, а приемная — полная, натяжение ленты наибольшее слева от ведущего вала и наименьшее с правой стороны. Для выравнивания натяжения ленты используют системы автоматического регулирования, обеспечивающие с необходимой точностью постоянство натяжения ленты. С этой же целью в боковых узлах лентопротяжного механизма применяют электродвигатели с мягкой механической характеристикой. Очень высокая точность поддержания постоянства натяжения достигнута в лентопротяжных механизмах, снабженных буферными устройствами в подающем и приемном узлах.

В правильно спроектированном и эксплуатируемом механизме проскальзывание ленты, а следовательно, изменение средней скорости имеет очень маленькую величину. Поэтому если в ведущем узле используют синхронный электродвигатель, то стабильность средней скорости движения ленты мало отличается от стабильности частоты источника, питающего двигатель.

Колебания мгновенной скорости связаны главным образом с наличием эксцентриситета у вращающихся деталей, с которыми лента соприкасается при ее движении по тракту лентопротяжного механизма. К этим деталям относятся направляющие ролики, прижимной ролик и ведущий вал. Большие колебания скорости могут вызывать также боковые узлы (особенно подающий), если сердечники катушек расположены эксцентрично относительно оси вращения или неточно изготовлены. Возмущения, вызываемые подающим и приемными узлами, значительно уменьшаются в лентопротяжном механизме с закрытой петлей (рис. 2-2). Два прижимных ролика на входе и выходе петли обеспечивают надежную изоляцию

участка ленты внутри петли от воздействий переменных усилий подающего и приемного узлов.

В состав лентопротяжного механизма видеомагнитофона входит устройство с вращающимися головками для записи и воспроизведения телевизионных сигналов. Оно представляет собой наиболее точный электромеханический узел видеомагнитофона. В четырехголовочных видеомагнитофонах это устройство выполняется в виде съемного блока, заменяемого при износе головок. В одно- и двухголовочных видеомагнитофонах узел вращающихся головок закреплен жестко на плате лентопротяжного механизма.

В лентопротяжных механизмах современных видеомагнитофонов для телевизионного вещания широко используют воздушно-вакуумные системы. Системы с низким давлением используют для отсоса воздуха из вакуумной направляющей четырехголовочных видеомагнитофонов, для создания разрежения в буферных устройствах подающего и приемного узлов и для других целей. Системы высокого давления подают сжатый воздух в газовые подшипники двигателя головок, в направляющие для уменьшения трения ленты о них, а также для охлаждения внутри видеомагнитофона.

В одно- и двухголовочных видеомагнитофонах непрофессионального назначения стремятся к максимальному упрощению лентопротяжного механизма, представляющего собой наиболее дорогую часть видеомагнитофона. Видеомагнитофоны для массового потребителя выполняются с кассетной зарядкой, аналогичной той, которая получила широкое распространение в звукозаписи. Кассетную зарядку применяют также в некоторых автоматизированных видеомагнитофонах для телевизионного вещания.

2-2. Лентопротяжные механизмы четырёхголовочных видеомагнитофонов

Механическая часть видеомагнитофонов, применяемых в телевизионном вещании, включает в себя лентопротяжный механизм и обслуживающую его воздушно-вакуумную систему низкого и высокого давления. На рис. 2-3 приведен вид сверху наиболее распространенного типа лентопротяжного механизма. В верхней его части с левой стороны расположен подающий узел, а с правой — приемный узел. Каждый узел состоит из

электродвигателя, на оси которого закреплен подкатушечник для установки катушки с лентой и тормозного устройства. В качестве электродвигателя используют конденсаторные асинхронные машины с мягкой механической характеристикой, при которой вращающий момент двигателя мало меняется от числа его оборотов. Электродвигатель подающего узла вращается против часовой стрелки, а приемного — по часовой стрелке. Натяжение ленты в режиме рабочего хода со стороны подающего узла от начала до конца ленты на катушке меняется в пределах 10—15%. Среднее натяжение ленты поддерживается около 2 Н. Приемный узел создает при-

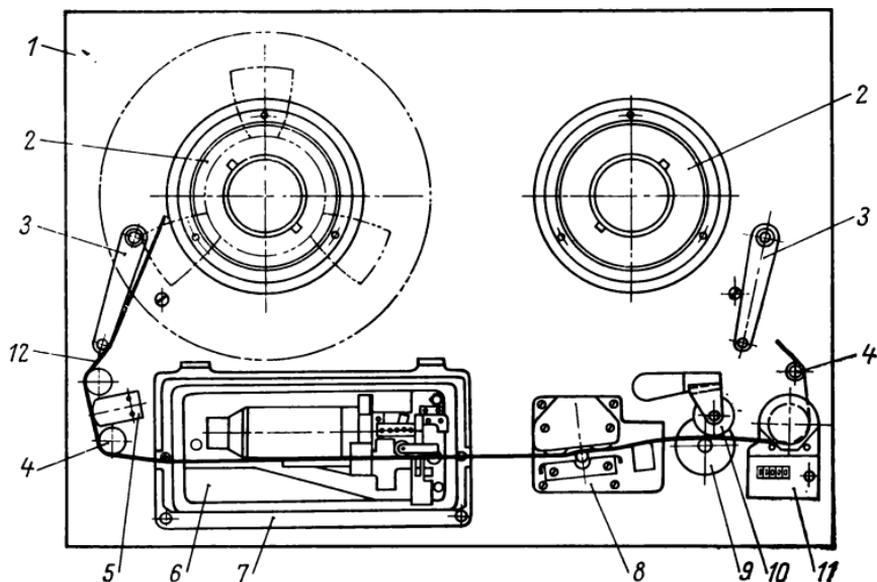


Рис. 2-3. Лентопротяжный механизм видеомэагнитофона (вид сверху).

1 — плата лентопротяжного механизма; 2 — подающий и приемный узлы; 3 — натяжной рычаг; 4 — направляющий ролик; 5 — стирающая головка; 6 — блок вращающихся головок; 7 — крышка блока вращающихся головок; 8 — блок звуковых магнитных головок; 9 — ведущий вал; 10 — прижимный ролик; 11 — счетчик ленты; 12 — лента.

мерно в 2 раза большее натяжение, которое необходимо для плотной намотки ленты на катушку и компенсации дополнительного усилия с левой стороны ведущего вала, создаваемого трением ленты о головки. Натяжение ленты со стороны приемного узла также поддерживается постоянным. Исключение составляет пусковой период, длящийся 1—1,5 с, на время которого напряжение на двигателе приемного узла повышают, и его мо-

мент на короткое время возрастает в 2—3 раза. Форсирование при включении механизма уменьшает время разгона двигателя приемного узла, и он успевает подхватить поступающую на него от ведущего узла ленту без образования петли между ними.

В режимах ускоренных перемоток вперед и в обратном направлении на двигатель узла, выполняющего роль приемного, поступает повышенное напряжение, увеличивающее его момент примерно до 30 Н. Электродвигатель узла, исполняющего в этом режиме роль подающего, создает тормозящий момент, поддерживающий натяжение ленты одинаковым с режимом рабочего хода.

Стабилизация натяжения ленты только за счет характеристик двигателей боковых узлов не дает необходимой точности, особенно когда используют катушки с емкостью 2200 м ленты. Поэтому в большинстве моделей видеомагнитофонов применяют специальные системы автоматического регулирования привода катушек (см. гл. 3), которые путем изменения питающего напряжения управляют моментами двигателей боковых узлов и регулируют натяжение ленты.

Тормозные устройства подающего и приемного узлов должны обеспечивать плавную остановку ленты и удерживать боковые узлы в заторможенном состоянии при остановленном механизме. Ленточные тормоза дифференциального типа, применяемые в механизмах, состоят из тормозного барабана на валу двигателя, тормозной ленты, охватывающей барабан, и привода тормоза с электромагнитом. Дифференциальному тормозу присуще разное тормозное усилие, отличающееся примерно в 5 раз при правом и левом вращении тормозного барабана. Конструкции тормозов подающего и приемного узлов представляют собой зеркальное отображение друг друга. Тормозные усилия всегда больше на стороне узла, выполняющего функции подающего, и меньше на приемном узле. Такая регулировка тормозов уменьшает возможность ослабления ленты и образования петли в момент ее остановки. Время остановки ленты после рабочего хода около 1,0 с, а после ускоренных перемоток увеличивается до 10—15 с и зависит от количества ленты на катушках.

Лентопротяжные механизмы четырехголовочных видеомагнитофонов имеют две или даже три скорости рабочего хода. Основная скорость, на которой записывают

программы для телевизионного вещания, равна 39,7 см/с, а для телевизионного стандарта, принятого в США, 38,1 см/с. Вторая скорость, равная половине основной скорости, используется в телевидении только для вспомогательных целей, например репетиционных. Однако на этой скорости при современных магнитных лентах и небольших изменениях в самом видеомагнитофоне уже сейчас можно получить параметры не хуже параметров видеомагнитофона, работающего на скорости 39,7 см/с. Поэтому в ближайшие годы следует ожидать, что в качестве основной скорости будет выбрана скорость 19,85 см/с, а вдвое большая скорость сохранится только для совмещения с видеомагнитофонами прежних выпусков. Наконец, в некоторых моделях видеомагнитофонов имеется третья скорость, в 4 раза меньшая основной скорости. Эта скорость движения ленты удобна при подборе оптимального тока записи головок. Контроль осуществляется по сигналу, воспроизводимому головкой, считывающей сигнал с дорожки, записанной предыдущей головкой, для которой подбирается ток записи.

Перемещение ленты с номинальной скоростью по тракту лентопротяжного механизма осуществляется валом ведущего электродвигателя, частота вращения которого управляется системой автоматического регулирования скорости ленты (см. гл. 3.) Лента прижимается к ведущему валу обрезиненным прижимным роликом. В некоторых конструкциях лентопротяжных механизмов ведущий вал связывают с валом двигателя ременной передачей. Это позволяет использовать более высокооборотный ведущий двигатель меньшей мощности, а также сократить габариты и массу ведущего узла. Однако из-за возможного проскальзывания ременной передачи и изменения скорости ведущего вала ухудшаются условия работы системы автоматического регулирования, что вызывает усложнение ее схемы.

Для взаимозаменяемости видеофонограмм и их механического монтажа необходим одинаковый шаг записи, т. е. равное расстояние между средними линиями соседних строчек записи. Средняя скорость движения ленты для этого не должна отклоняться от номинальной величины более чем на 0,1%. Во время записи скорость движения не регулируется и практически определяется диаметром ведущего вала, если проскальзывание ленты

в ведущем узле мало. Поэтому ведущий вал видеоманитофона изготавливается с высокой точностью, по крайней мере не ниже второго класса. Если в ведущем узле применяется ременная передача, то стабилизация средней скорости движения ленты производится с помощью дополнительной цепи регулирования, работающей во время записи от датчика оборотов ведущего вала. Кроме того, необходимым условием для поддержания постоянной скорости движения ленты при записи является стабильность частоты питания ведущего синхронного двигателя. Нестабильность частоты питания двигателя более чем 10^{-3} может вызвать дополнительные погрешности в шаге записи.

В тракте лентопротяжного механизма устанавливают по крайней мере три направляющих: в виде вращающихся роликов или неподвижных стоек на подающей стороне, в районе головки звукового канала и в ведущего вала. Они ограничивают вертикальное перемещение ленты и поэтому должны быть точно изготовлены. Значительное влияние на вертикальные колебания ленты оказывает направляющий ролик, расположенный на стороне подающего узла. При большой скорости ленты во время ускоренной перемотки ролик приобретает большую инерцию, и при остановке на него действуют значительные усилия со стороны ленты. Это может изгибать его ось и создавать вертикальные смещения ленты, которые приводят к повышенному износу ее краев. Направляющая стойка имеет простую конструкцию, легко монтируется на плате механизма и позволяет осуществлять простое регулирование тракта транспортировки ленты. Однако они вносят дополнительное трение в тракте, на них скапливается грязь, которая вызывает повреждение ленты и ускоряет ее износ. Конструкция вращающегося направляющего ролика более сложная и требует точного изготовления, а его установка и регулировка более трудоемки. В то же время он не создает дополнительного трения в тракте механизма и меньше повреждает ленту.

Эксцентриситет вращающихся деталей лентопротяжного механизма приводит к изменениям мгновенной скорости движения ленты, незначительно влияющим на временные искажения воспроизводимого изображения. В то же время эти изменения скорости вызывают искажения в виде детонации звука. Поэтому требования

к точности изготовления вращающихся узлов и деталей лентопротяжного механизма определяются всецело величиной допустимой детонации, т. е. качеством воспроизведения звукового сопровождения. Для уменьшения высокочастотных колебаний скорости движения ленты, вызванных, например, неравномерностью вращения ведущего двигателя, в тракте лентопротяжного механизма устанавливают инерционные ролики, которые служат механическими фильтрами нижних частот, или маховиком снабжают вал ведущего двигателя. Инерционность этих элементов выбирается такой, чтобы качество работы системы автоматического регулирования скорости ленты не ухудшалось, поэтому их фильтрующее действие обычно распространяется на частоты выше 20—30 Гц.

В видеоманитофонах, предназначенных для работы в автоматизированных телевизионных системах, используют лентопротяжные механизмы иного типа. Основное отличие их состоит в быстроте установления рабочего режима после поступления команды на его включение. Время установления рабочего хода в этих видеоманитофонах не превышает 0,5 с, в то время как в обычных видеоманитофонах оно из-за инерционности только подающего и приемного узлов не может быть меньше 3—5 с. Быстродействие достигается применением принципов, используемых в лентопротяжных механизмах магнитных накопителей ЭВМ. На рис. 2-4 приведена схема лентопротяжного механизма видеоманитофона, в котором использованы эти принципы. В подающем и приемном узлах применяют буферные устройства, с помощью которых обеспечивают постоянство натяжения ленты в тракте независимо от количества ленты на катушках. Они также изолируют основной тракт лентопротяжного механизма от любых механических возмущений, источником которых могут быть оба узла. Наконечник, с помощью буферных устройств магнитная лента, находящаяся в тракте лентопротяжного механизма, изолируется от инерционных масс подающего и приемного узлов. Это дает возможность быстрого пуска и остановки практически безынерционного отрезка ленты между подающим и приемным буферными устройствами. Лента образует в буферных устройствах петли, которые удерживаются в них разрежением воздуха, создаваемого внутри устройства. Величина разрежения в буферных

устройствах устанавливается в зависимости от режима работы лентопротяжного механизма. В буферном устройстве подающего узла разрежение меньше, чем в приемном устройстве. Этим компенсируется дополнительное усилие на ленту со стороны подающего узла, возникающее из-за трения ее о магнитные головки. В положе-

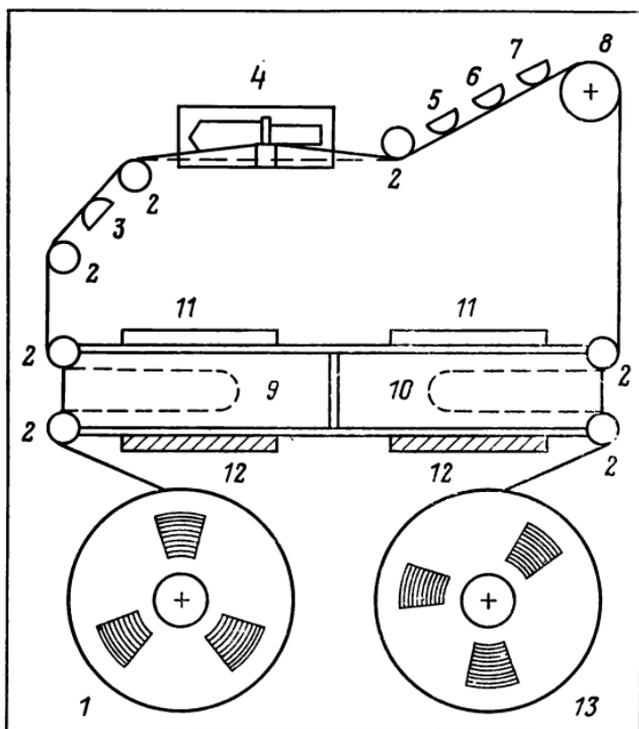


Рис. 2-4. Схема лентопротяжного механизма видеомagnитофона с буферными устройствами.

1 — подающая катушка; 2 — направляющие стойки с поддувом воздуха; 3 — общая стирающая головка; 4 — блок вращающихся головок; 5 — стирающая головка звукового канала; 6 — универсальная головка звукового канала; 7 — воспроизводящая головка звукового канала; 8 — вакуумный вал; 9 — буферное устройство подающего узла; 10 — буферное устройство приемного узла; 11 — осветители; 12 — фоторезисторы.

нии «стоп» разрежение воздуха в обоих буферных устройствах одинаково. Оптимальное положение ленты в буферных устройствах поддерживается системой автоматического регулирования привода катушек (см. гл. 3). Управляющие сигналы в эту систему поступают от электрооптических датчиков, установленных в обоих буферных устройствах. Датчик состоит из групп светильников,

смонтированных во внутренней части устройства, и соответствующей ей группы фоторезисторов. Петля ленты, поступающая в буферное устройство, перекрывает часть источников света, изменяя при этом сигнал, поступающий с фоторезисторов на систему автоматического регулирования. Исполнительными механизмами этой системы являются электродвигатели подающего и приемного узлов. Регулирование происходит таким образом, что петля ленты всегда занимает оптимальное положение в буферном устройстве. В начале и в конце буферных устройств установлены аварийные электрооптические датчики, сигнал от которых поступает при аварийной ситуации на сигнализацию и схему автоматического выключения аппарата. При входе и выходе из буферных устройств установлены по две направляющие стойки. На периферической поверхности их имеются маленькие отверстия, а во внутреннюю полость стойки подается воздух, который, выходя через отверстия, отжимает ленту, создавая воздушную смазку. Аналогичная по конструкции направляющая стойка установлена в тракте за общей стирающей головкой.

В одинаковых по конструкции подающем и приемном узлах применены реверсивные электродвигатели постоянного тока, управляемые, как отмечалось выше, системой автоматического регулирования привода катушек. Тормозные устройства боковых узлов служат только для фиксации узлов в режиме «стоп», т. е. при остановленном механизме. Ускоренная перемотка ленты в прямом и обратном направлениях в механизмах с буферными устройствами осуществляется ведущим валом. Ведущий вал поэтому обеспечивает скорость рабочего хода ленты и скорость быстрых перемоток ленты в прямом и обратном направлениях. Диапазон изменения скоростей составляет от 0,1 до 10 м/с. В ведущем узле применяют коллекторный двигатель постоянного тока, предпочтительно с плоским печатным ротором, обладающим небольшой инерционностью. Вместо прижимного ролика в ведущем узле лентопротяжного механизма этого типа применяют вакуумный ведущий вал. На поверхности вала имеются спирально расположенные узкие прорезы, сообщающиеся с внутренней полостью, в которой создается разрежение воздуха. К этим прорезам присасывается лента, плотно сцепляясь с ведущим валом. Вакуумным валом лента ведется практически без про-

скальзывания. Необходимо отметить также и то, что рабочий слой ленты соприкасается в тракте только с головками видеозаписи и головками звукового канала. Это уменьшает износ рабочего слоя и способствует увеличению срока службы магнитной ленты.

Информация на продольных магнитных дорожках, вдоль ленты, записывается стационарными магнитными головками, расположение которых в тракте лентопротяжного механизма показано на рис. 2-5. Головки звуко-

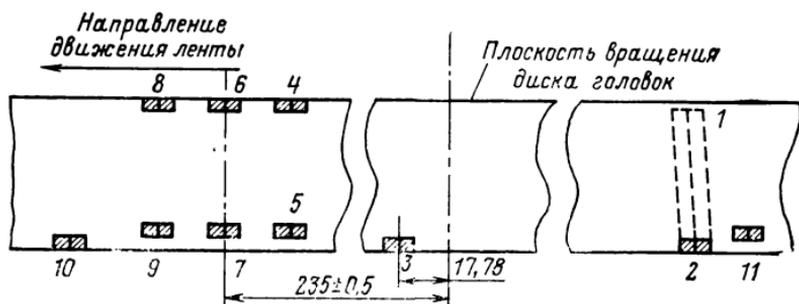


Рис. 2-5. Расположение магнитных головок в тракте лентопротяжного механизма (вид со стороны рабочего слоя ленты).

1 — стирающая головка видеосигнала (установлена со стороны основы ленты); 2 — стирающая головка видеоканала управления; 3 — универсальная головка канала управления; 4 — стирающая головка звукового канала; 5 — стирающая головка режиссерского канала; 6 — универсальная головка звукового канала; 7 — записывающая головка режиссерского канала; 8 — контрольная воспроизводящая головка звукового канала; 9, 11 — воспроизводящие головки режиссерского канала; 10 — воспроизводящая головка канала управления.

вого и режиссерского каналов помещаются между блоком вращающихся головок и ведущим валом. Универсальная магнитная головка системы автоматического регулирования размещается в блоке вращающихся головок. Со стороны подающего узла до блока вращающихся головок установлена стирающая ферритовая головка видеосигнала, которая для уменьшения износа рабочего слоя помещается с обратной стороны ленты. Размеры и расположение дорожек записи на ленте приведены на рис. 2-6. Блок вращающихся головок установлен в тракте лентопротяжного механизма между стирающей головкой дорожек записи видеосигнала и направляющим роликом, фиксирующим положение ленты на магнитных головках звукового канала. Между этими границами лента изгибается в вакуумной направляющей, принимая сложную форму, называемую в иностранной технической литературе *каноз*. Возникающая

при этом деформация ленты влияет на линейность дорожек записи и их взаимное положение, поэтому для получения взаимозаменяемости видеофонограмм положение блока на всех видеомагнитофонах должно быть строго одинаково. Плоскость вращения головок видео-

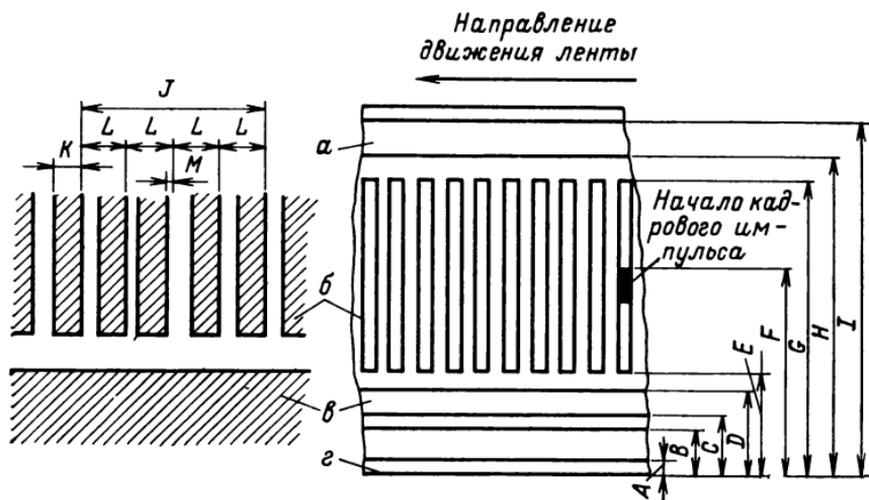


Рис. 2-6. Расположение и размеры дорожек записи на сигналограмме четырехголовочного видеомагнитофона.

а — дорожка звукового канала; *б* — строчки видеозаписи; *в* — дорожка режиссерского канала; *г* — базовый край ленты.

Параметры	Нормы, мм	
	максимум	минимум
<i>A</i>	0,10	0,00
<i>B</i>	1,24	1,02
<i>C</i>	1,57	1,47
<i>D</i>	2,16	1,98
<i>E</i>	2,39	2,21
<i>F</i>	29,30	29,10
<i>G</i>	48,62	48,31
<i>H</i>	49,02	48,79
<i>I</i>	50,70	50,50
<i>J</i>	1,5890	1,5860
<i>K</i>	0,265	0,240
<i>L</i>	<i>J</i> /4	
<i>M</i>	±0,005	

записи (рис. 2-7) расположена на равном расстоянии от направляющих стоек, ограничивающих криволинейный участок ленты, а ось вращения диска головок находится на определенном расстоянии от средней линии нейтральной плоскости. Под нейтральной плоскостью понимается плоскость, проходящая через направляющие стойки, ограничивающие криволинейный участок ленты, если бы она не подвергалась изгибу вакуумной направляющей.

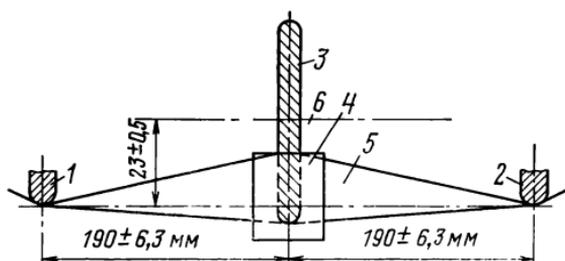


Рис. 2-7. Положение блока вращающихся головок в тракте лентопротяжного механизма.

1, 2 — направляющие стойки; 3 — диск с головками; 4 — вакуумная направляющая; 5 — лента; 6 — ось вращения диска головок.

Лентопротяжные механизмы работают вместе с воздушной системой, которая включает в себя системы низкого и высокого давления, а также устройство для охлаждения отдельных узлов видеомэгнитофонов. Система высокого давления видеомэгнитофона снабжает сжатым воздухом газовые подшипники двигателя головок и направляющие стойки с поддувом воздуха. Сжатый воздух поступает в воздушный резервуар видеомэгнитофона от индивидуального компрессора, а в крупных телецентрах — от центральной компрессорной станции, обслуживающей несколько видеомэгнитофонов. После резервуара, в котором поддерживается постоянное давление около 500 кПа, давление в магистрали снижается до 300 кПа. Воздух тщательно фильтруется от пыли, паров масла и воды и только после этого поступает в газовые подшипники двигателя головок. Если давление в подшипниках снижается ниже установленной нормы, то выключатель давления, установленный в магистрали, автоматически снимает напряжение с двигателя головок и выключает весь видеомэгнитофон. Давление воздуха, поступающего в направляющие стойки, снижается примерно до 30 кПа.

Устройство низкого давления создает разрежение воздуха в вакуумной направляющей блока вращающихся головок, в буферных устройствах приемного и подающего узлов и в узле ведущего вала. Низкое давление воздуха для вакуумной направляющей получают от небольшого вакуумного насоса центробежного типа. Имеющиеся в системе фильтры предотвращают попадание пыли и грязи в насос. Глубина вакуума в направляющей поддерживается в пределах 1000 ± 200 Па. При значительных пульсациях вакуума возникает вибрация ленты, вызывающая временную нестабильность воспроизводимого сигнала. В некоторых моделях видеомагнитофонов низкое давление для вакуумной направляющей получают от эжектора (трубка Вентури), подключаемого к системе высокого давления.

2-3. Блок вращающихся головок четыреголовочного видеомагнитофона

Блок вращающихся головок выполняют в виде съемной конструкции, заменяемой при износе головок. В видеомагнитофоне этот блок представляет собой наиболее сложный механический узел, требующий высокой точности выполнения. Неточное изготовление узлов блока или неправильная регулировка их ведет к возникновению временных искажений воспроизводимого сигнала, рассмотренных в гл. 5.

Узлы блока вращающихся головок (рис. 2-8) собраны на плате, которая, в свою очередь, крепится к лентопротяжному механизму. Основными узлами блока являются: электродвигатель, на валу которого на одном конце укреплен диск головок, токосъемное устройство, связывающее головки с усилителями записи и воспроизведения, а на втором — датчик оборотов, сигналы которого поступают в систему автоматического регулирования, вакуумная направляющая с механизмом регулировки и универсальной магнитной головкой канала управления.

Головки видеозаписи крепятся к опорной части диска вместе с четырьмя секторами, пружинящие части которых плотно сжимают с боков корпуса головок (рис. 2-9). Угловое положение головок на диске регулируется конусными винтами, расположенными на секторах, а высота выступа головок над диском — эксцентриковой осью, фиксирующей корпус головки на диске.

Радиус диска, измеренный по рабочей поверхности головок, может изменяться при износе от максимальной величины 26,304 мм до минимальной 26,236 мм. Эти пределы изменения радиуса диска головок, нормированные международными рекомендациями и национальными стандартами, являются одним из условий взаимозаменяемости видеофонограмм. В условиях эксплуатации измерять радиус диска неудобно, поэтому принято мерить выступ головок относительно периферии опорного диска, радиус которого устанавливается изготовителями. Номинальная величина выступа головок в различных конструкциях дисков варьируется от 76 до 100 мкм.

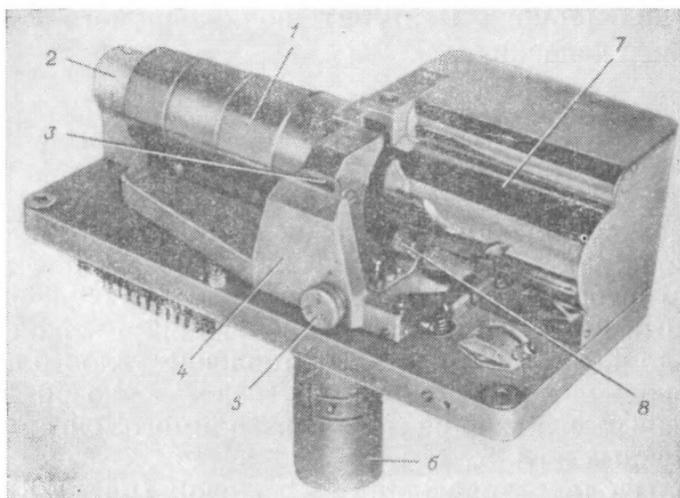


Рис. 2-8. Блок вращающихся головок видеоманитофона КАДР-3.

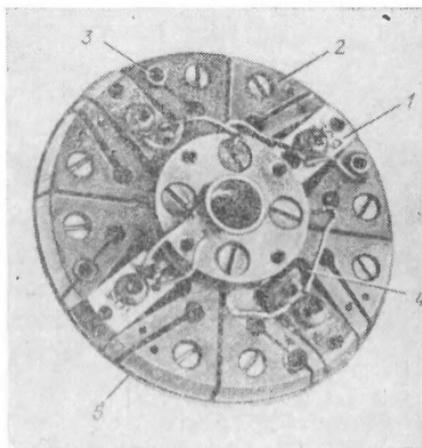
1 — электродвигатель; 2 — датчик оборотов; 3 — вакуумная направляющая; 4 — каретка; 5 — винт регулировки положения вакуумной направляющей по высоте; 6 — электромагнит механизма перемещения вакуумной направляющей; 7 — токосъемник; 8 — магнитная головка канала управления.

В вакуумной направляющей магнитная лента присасывается к ее криволинейной поверхности с помощью двух щелей, из которых откачивается воздух (рис. 2-10). От поперечных перемещений ленту предохраняет упор, укрепленный в нижней части вакуумной направляющей, на который лента опирается своим нижним краем. Верхняя часть вакуумной направляющей снабжена скосом, благодаря которому головки входят в соприкосновение с лентой по касательной, несколько отступая от края

ленты, занятого дорожкой записи звукового канала. Выступающие над диском сердечники головок вдавливают ленту в канавку, имеющуюся на направляющей, создавая местное растяжение ленты под головкой. Таким образом обеспечивается надежный контакт между головкой и лентой, необходимый для записи-воспроизведения малых длин волн, сохраняющийся на протяжении всего срока службы головок. Одновременно достигается компенсация изменения размеров диска головок,

Рис. 2-9. Диск головок.

1 — магнитная головка; 2 — сектор;
 3 — регулировочные винты угловой
 установки; 4 — эксцентриковая ось
 для регулировки выступа головок;
 5 — опорный диск.



вызванного износом сердечников головок. По мере их износа уменьшается глубина вдавливания, но длина записанной строчки при повороте диска на 90° остается всегда равной дуге сектора с углом 90° , образованной поверхностью вакуумной направляющей. Длина строчки записи таким образом непосредственно зависит от радиуса кривизны вакуумной направляющей. Поэтому взаимозаменяемость видеофонограмм может быть обеспечена только при условии соблюдения строго одинаковых размеров вакуумных направляющих на всех видеомагнитофонах. Точность изготовления направляющей должна быть столь высока, что ее трудно обеспечить в производственных условиях. Практически вакуумные направляющие изготавливают с приемлемой для производства точностью, а возникающие при этом отклонения радиуса кривизны в пределах установленных допусков компенсируют смещением центра кривизны направляющей относительно центра вращения диска головок. Если, например, радиус кривизны вакуумной направля-

ющей меньше установленного номинального размера, то перемещением ее влево от диска головок (рис. 2-10) можно увеличить длину строчки записи. Зависимость между отклонением от номинального размера радиуса кривизны вакуумной направляющей ΔR_k и смещением

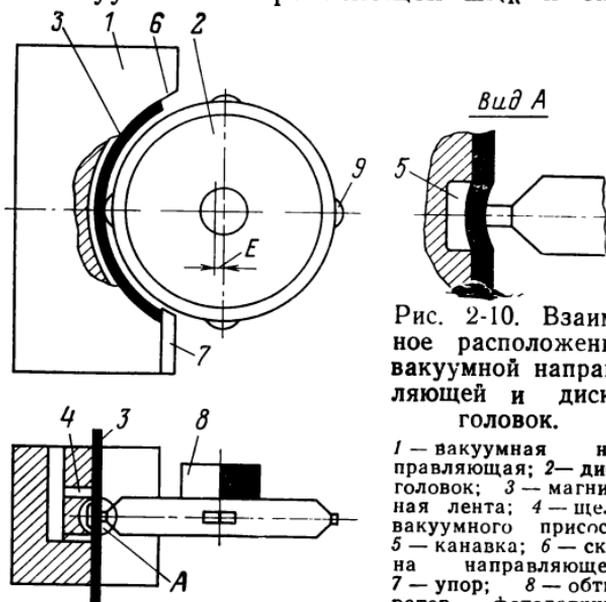


Рис. 2-10. Взаимное расположение вакуумной направляющей и диска головок.

1 — вакуумная направляющая; 2 — диск головок; 3 — магнитная лента; 4 — щель вакуумного присоса; 5 — канавка; 6 — скос на направляющей; 7 — упор; 8 — обтюратор фотодатчика оборотов; 9 — головка.

центра ее кривизны относительно центра вращения диска головок (E) выражается следующим равенством [21]:

$$E = -1,11\Delta R_k. \quad (2-1)$$

Радиус кривизны вакуумной направляющей принят равным $26,248 \begin{matrix} +0,000 \\ -0,013 \end{matrix}$ мм. Эксцентриситет E устанавли-

вают в зависимости от фактических размеров вакуумной направляющей регулировкой ее положения относительно диска головок во время воспроизведения специальной измерительной ленты. Правильной установке вакуумной направляющей соответствует отсутствие на воспроизводимом изображении геометрических искажений. Установленное таким образом взаимное положение между вакуумной направляющей и диском головок называется «стандартным положением вакуумной направляющей». Видеофонограммы записываются только в стандартном положении вакуумной направляющей, га-

рантирующем одинаковую сигналограмму на всех видеомагнитофонах. Это положение вакуумной направляющей желательно сохранять также и при воспроизведении. Постоянное взаимное положение между направляющей и диском головок, как отмечалось выше, способствует удлинению срока службы головок. На размеры сигналограммы, в частности на длину строчки записи, оказывают влияние различные внешние факторы. Размеры ленты могут меняться из-за различия климатических условий (температуры и влажности окружающего воздуха) при записи и воспроизведении или неодинакового натяжения ее в лентопротяжных механизмах. Поэтому во время воспроизведения может возникнуть необходимость корректировки положения вакуумной направляющей для устранения геометрических искажений на изображении. Вакуумная направляющая укреплена на подвижной каретке, снабженной регулировочными приспособлениями для точной установки ее относительно диска головок. В горизонтальном направлении вакуумная направляющая перемещается по линии, соединяющей центр ее кривизны с осью вращения диска головок. Второй регулировкой возможно перемещать ее в вертикальном направлении.

Для зарядки ленты вакуумная направляющая отводится от диска головок, а в режиме записи и воспроизведения подводится к нему электромагнитом. Перемещение вакуумной направляющей в горизонтальном направлении регулируется в небольших пределах кулачковым или аналогичным механизмом с сервоприводом. Сервопривод, в свою очередь, управляется оператором или автоматически системой регулирования вакуумной направляющей (см. гл. 3). На каретке вместе с вакуумной направляющей укреплена универсальная магнитная головка канала управления. Рабочая щель ее расположена на строго фиксированном расстоянии от плоскости вращения головок.

Головки видеозаписи соединяются с усилителями записи или воспроизведения через токосъемное устройство. В первых моделях видеомагнитофонов использовались контактные токосъемники, в последних же преимущественно бесконтактные. Контактный токосъемник состоит из ротора, укрепленного на торцевой части диска головок, и статора, установленного на плате блока. Ротор имеет пять колец, четыре из которых соединены с об-

мотками головок, а пятое, общее для всех головок, соединено с массой диска головок. В статорной части установлены графитовые щетки. К каждому кольцу с противоположных сторон прижаты две щетки, уравнивающие боковое давление и повышающие надежность электрического контакта. Недостатком контактного токосъемника является трущийся электрический контакт, который может быть источником дополнительных шумов. Бесконтактный (трансформаторный) токосъемник состоит из четырех вращающихся трансформаторов с ферритовыми сердечниками (рис. 2-11).

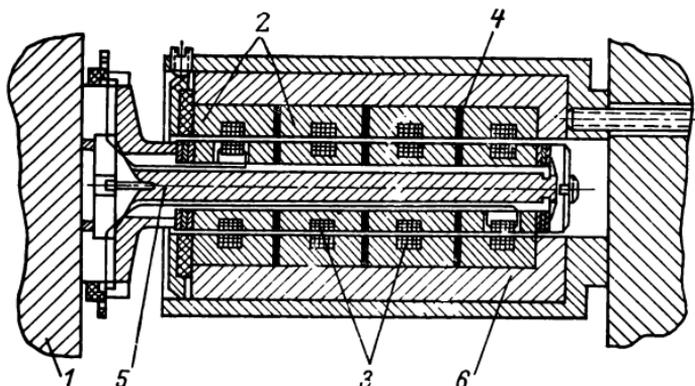


Рис. 2-11. Устройство бесконтактного токосъемника.

1 — диск головок; 2 — неподвижная часть трансформатора; 3 — обмотка неподвижной части трансформатора; 4 — экран; 5 — вал двигателя головок; 6 — корпус токосъемника.

Вращающиеся части трансформатора укреплены на валу 5 двигателя головок, а их обмотки соединены с головками, находящимися на диске головок 1. Неподвижные части трансформатора 2 смонтированы в корпусе 6, который в свою очередь укреплен на кронштейне, фиксирующем токосъемник на плате блока вращающихся головок. Обмотки 3 неподвижной части трансформатора соединены с электронными устройствами записи-воспроизведения. Для уменьшения взаимного влияния между трансформаторами помещены экранирующие прокладки 4. Бесконтактный токосъемник в значительной степени лишен недостатков, свойственных контактному, а именно: в нем отсутствуют контактные помехи, выше надежность и проще его эксплуатация.

В системы автоматического регулирования видеоманитофона поступают сигналы, получаемые от датчика

оборотов двигателя головок. Для этих целей используют фотоэлектрические датчики или электромагнитные тахогенераторы. Фотоэлектрический датчик состоит из простейшей оптической системы, содержащей осветитель, фоторезистор и обтюратор, закрепленный на валу двигателя. Электромагнитный тахогенератор состоит из диска, на наружном ободе которого расположены один или несколько постоянных магнитов. В непосредственной близости от плоскости вращения диска установлены электромагнитные преобразователи, выполненные по типу магнитных головок, в обмотках которых индуцируются э. д. с. в виде импульсов. Частота следования их в зависимости от числа магнитов на диске равна или кратна частоте вращения двигателя.

Для вращения диска головок применяют преимущественно гистерезисные трехфазные двигатели с частотой вращения 15 000 об/мин. Максимальный синхронный момент и момент втягивания в синхронизм этих двигателей не зависят от частоты питающей сети. В этом отношении они выгодно отличаются от синхронных реактивных двигателей, имеющих при высокой частоте сети малый начальный пусковой момент.

Мощность на валу двигателя около 15—20 Вт. Двигатели изготавливают с прецизионной точностью, например радиальное биение вала двигателя не должно превышать 2 мкм. Весьма высокие требования предъявляют к качеству шариковых подшипников. Шариковые подшипники являются причиной появления качаний ротора электродвигателя, которые вызываются переменной составляющей момента трения в них из-за шероховатости рабочих поверхностей, качества смазки и других причин.

В современных профессиональных видеомагнитофонах используют преимущественно двигатели на подшипниках скольжения с газовой смазкой. Конструкция двигателя показана на рис. 2-12. В передней и задней крышках двигателя запрессованы втулки радиальных подшипников. По периферии втулок в центральной их части в осевом направлении на равном расстоянии друг от друга расположены отверстия диаметром около 0,25 мм. На обоих концах вала устанавливаются подшипниковые щиты, роль одного из которых выполняет диск головок, а второго — маховик, обычно используемый при динамической балансировке ротора двигателя. Хорошо очищенный воздух подается под давлением примерно

400 Па. Струи воздуха, выходящие из отверстий втулок, поднимают ротор двигателя, в результате чего он всплывает на воздушной подушке, не касаясь стенок втулок подшипника. В осевом направлении положение ротора уравнивается давлением воздуха, выходящего из радиальных подшипников на оба подшипниковых щита. В двигателе с газовой смазкой можно получить ради-

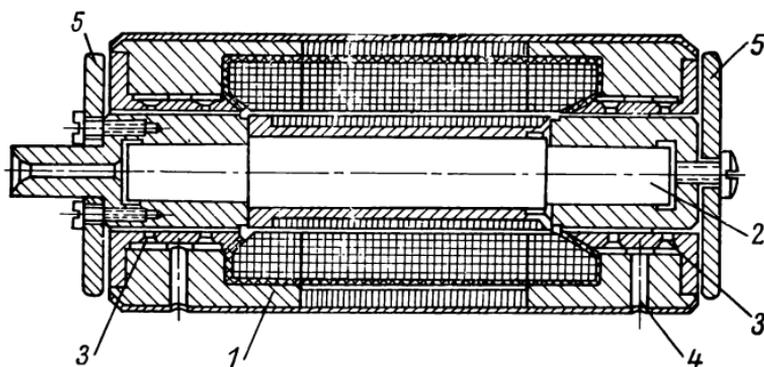


Рис. 2-12. Устройство двигателя головок на подшипниках скольжения с газовой смазкой.

1 — статор; 2 — ротор; 3 — втулки радиальных подшипников; 4 — отверстие для подачи воздуха в подшипник; 5 — подшипниковый щит.

альное биение вала около 0,5 мкм. Эти двигатели отличаются высокой стабильностью мгновенной частоты вращения и, так как в подшипниках отсутствует трение, то они практически не изнашиваются.

В последних моделях видеомагнитофонов получают распространение бесконтактные электродвигатели постоянного тока, выполняемые также на подшипниках с газовой смазкой. Преимущество их состоит в основном в быстродействии и отсутствии характерных для гистерезисных двигателей качаний ротора.

2-4. Лентопротяжные механизмы одно- и двухголовочных видеомагнитофонов

Лентопротяжные механизмы видеомагнитофонов профессионального назначения с высокими качественными показателями, как правило, выполнены с тремя электродвигателями, не считая двигателя узла вращающихся головок. Конструкция основных узлов (ведущего, подающего и приемного) аналогична конструкции соответствующих узлов ранее рассмотренного лентопротяжного

механизма четырехголовочного видеомэгнитофона. Отличительная особенность лентопротяжных механизмов одно- и двухголовочных видеомэгнитофонов состоит в расположении на разных высотах относительно платы механизма подающей и приемной катушек (рис. 2-13), вызванном спиральным положением ленты на направляющем барабане. Катушки можно расположить на

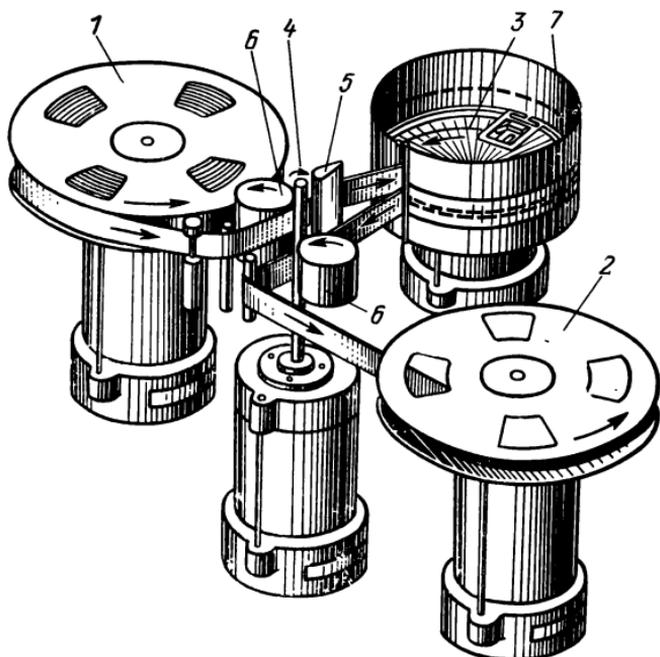


Рис. 2-13. Лентопротяжный механизм с замкнутой петлей одноголовочного видеомэгнитофона.

1 — подающий узел; 2 — приемный узел; 3 — диск головок; 4 — ведущий вал; 5 — головки записи-воспроизведения звукового канала; 6 — прижимные ролики; 7 — направляющий барабан.

одном уровне, но при этом направляющий барабан должен иметь небольшой наклон относительно платы механизма. Механизмы в таком исполнении не получили распространения главным образом из-за трудностей технологического характера.

Лентопротяжные механизмы видеомэгнитофонов, получивших наибольшее распространение в промышленности, спорте, сфере образования и других областях, в том числе и в любительской видеозаписи, имеют простую конструкцию. Один электродвигатель через ременную или фрикционную передачу приводит во вращение веду-

щий, подающий и приемный узлы, а второй служит приводом узла вращающихся головок. Лентопротяжные механизмы портативных видеомагнитофонов с автономным питанием для уменьшения массы аппарата и источников питания выполнены только на одном электродвигателе. Он через передачу приводит во вращение ведущий, подающий и приемный узлы, а также узел вращающихся головок.

Лентопротяжные механизмы одноголовочных видеомагнитофонов выполняют по схеме с открытой и закрытой петлей. Одним из основных достоинств последней схемы, как указывалось выше, является изоляция участка ленты, находящегося на узле вращающихся головок, от механических возмущений, создаваемых дефектами подающего и приемного узлов. В механизмах с закрытой петлей облегчается также транспортирование ленты по направляющему барабану, при движении по которому лента испытывает большое трение.

В наклонно-строчной записи деформация ленты в продольном направлении, как уже указывалось, оказывает существенное влияние на искажение временного масштаба воспроизводимого сигнала.

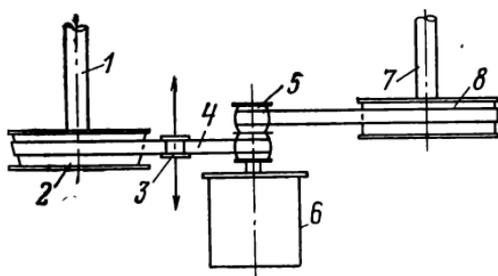
Натяжение ленты в механизмах с открытой петлей стабилизируется системой автоматического регулирования, аналогичной той, которую применяют в механизмах четырехголовочных видеомагнитофонов. В механизмах с закрытой петлей регулирование натяжения ленты внутри петли практически невозможно из-за изоляции ее ведущим валом от подающего и приемного узлов. Вместе с тем необходимость в такой регулировке часто возникает, например, для компенсации разницы в натяжении ленты, которая может быть в отдельных экземплярах видеомагнитофонов данного типа, а также для компенсации растяжения или усадки ленты, возникающих вследствие изменений температуры и влажности окружающего воздуха. В таких случаях в лентопротяжных механизмах с закрытой петлей предложено использовать так называемый расщепленный вал, состоящий из двух частей. Нижняя часть вала выполняет функции ведущего вала, т. е. тянет ленту с барабана и подает ее на приемный узел. Верхняя же часть его снабжена насадкой, соединенной с ведущим валом посредством вязкой связи, допускающей некоторое угловое смещение насадки относительно ведущего вала. Поэтому если регулировать на-

тяжение ленты, например, торможением подающего узла, то возникающее при этом дополнительное усилие на ленту поворачивает верхнюю часть ведущего вала на некоторый угол и тем самым изменяет натяжение внутри замкнутой петли.

В лентопротяжных механизмах двухголовочных видеомагнитофонов по конструктивным соображениям неудобно применять схему с закрытой петлей, поэтому в них используют механизмы с открытой петлей. Вместе с тем в ряде случаев в них также возникает необходимость защиты от возмущающих воздействий подающего

Рис. 2-14. Двухвальный ведущий узел.

1 — толкающий вал; 2 — шкив; 3 — ролик системы натяжения; 4 — ремень; 5 — шкивы ведущего двигателя; 6 — ведущий электродвигатель; 7 — тянущий вал; 8 — шкив.



и приемного узлов участка ленты, находящегося на узле вращающихся головок. В профессиональных видеомагнитофонах применяют механизмы с двумя валами, создающие защиту, аналогичную схеме с закрытой петлей. Один из валов, находящийся до входа ленты на узел вращающихся головок, выполняет функции толкающего вала, а второй — после этого узла — функции тянущего ведущего вала. В таком механизме точно так же, как в схеме с закрытой петлей, возникают затруднения с регулировкой натяжения ленты между валами. Однако в механизме с двумя валами эта задача решается проще. На рис. 2-14 схематически приведен пример конструктивного выполнения двухвального ведущего узла. Оба ведущих вала приводятся от общего электродвигателя. Тянущий вал вращается с постоянным числом оборотов. Толкающий вал вращается с несколько меньшей скоростью, которая может изменяться в небольших пределах перемещением ремня по конусной образующей шкива. Натяжение ленты между валами определяется разницей частоты их вращения. В режиме записи натяжение постоянное, а при воспроизведении оно может регулироваться механизмом, связанным с системой автоматического регулирования натяжения ленты.

В одно- и двухголовочных видеомэгнитофонах временные ошибки могут появиться вследствие растяжения или усадки ленты в результате изменения температуры и влажности окружающей среды. В профессиональных видеомэгнитофонах часто вводят дополнительную коррекцию натяжения ленты во время воспроизведения, учитывающую деформацию ленты, возникающую после записи. Для этого используют систему автоматического регулирования, в которую вводят сигнал ошибки, полученный сравнением воспроизводимых и опорных синхросигналов.

В большинстве двухголовочных видеомэгнитофонов, предназначенных для использования в замкнутых телевизионных системах и домашнего применения, лентопротяжные механизмы имеют только один тянущий ведущий вал и простейшую схему натяжения с ручной регулировкой.

Стационарные магнитные головки стирания и звукового канала устанавливаются на плате механизма обычно в таком порядке: общая стирающая головка на всю ширину ленты размещается по ходу движения ленты до поступления ее на узел вращающихся головок, а головки записи и воспроизведения — после этого узла.

2-5. Узлы вращающихся головок одно- и двухголовочных видеомэгнитофонов

Конструкции узлов головок одно- и двухголовочных видеомэгнитофонов мало отличаются друг от друга. В них используют два типа узлов — с вращающимся диском головок и вращающимся барабаном головок. В первом типе (рис. 2-15) направляющий барабан состоит из двух частей: верхней и нижней, между которыми вращается диск головок. В одnogоловочных видеомэгнитофонах верхняя часть укреплена на неподвижном стержне, проходящем через полую ось вращения диска головки, через которую обычно пропускают также провода от обмотки головки. В нижней части узла располагается контактный или бесконтактный токосъемник. В двухголовочных видеомэгнитофонах нижняя и верхняя части направляющего барабана скрепляются скобой, которая в этом типе видеомэгнитофона не мешает заправке ленты в узел вращающихся головок. Одна универсальная головка видеозаписи на диске устанавливается только в упрощенных одnogоловочных видеомэгнитофонах; в ап-

паратах профессионального назначения на диске помещают от двух до трех головок. Одна из них — основная, универсальная, для записи и воспроизведения, вторая — стирающая, используемая при электронном монтаже, и третья — воспроизводящая, необходимая в том случае, когда в видеомагнитофоне предусматривается сквозной контроль записываемого изображения во время записи. Головки установлены на разной высоте от плоскости вращения диска. В режиме электронного монтажа предварительно стирается дорожка записи, вслед за этим на ней записывается новая информация универсальной головкой и контролируется записанный сигнал третьей воспроизводящей головкой. В двухголовочных видеомагнитофонах на диске укрепляют диаметрально противоположно две универсальные головки. Точность установки угла между ними должна быть не хуже чем $180^\circ \pm 20''$. Если в видеомагнитофоне предусматриваются дополнительные функции, например электронный монтаж, диск снабжается еще двумя стирающими головками. Узел вращающихся головок обычно закрепляется жестко на плате лентопротяжного механизма и зачастую имеет кинематическую связь с приводом лентопротяжного механизма. В конструкции узла предусматривается быстрая и удобная замена головок при их износе.

Магнитная лента, проходя по узлу вращающихся головок, испытывает большое трение о поверхность направляющего барабана. Это, в свою очередь, ведет к быстрому износу самой ленты и поверхности направляюще-

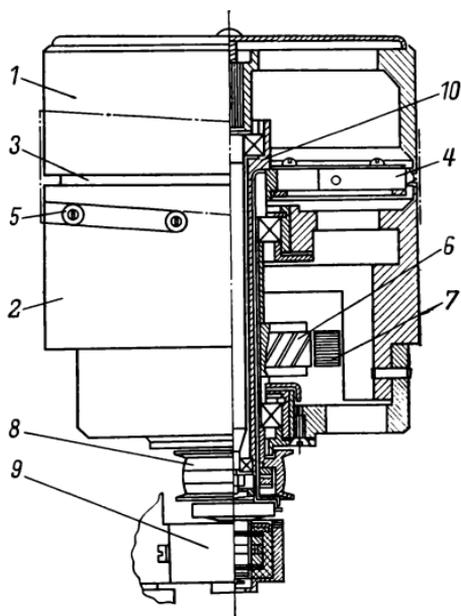


Рис. 2-15. Узел головок с вращающимся диском.

1, 2 — верхняя и нижняя части направляющего барабана; 3 — диск головок; 4, 5 — упоры для нижнего края ленты; 6, 7 — ротор и статор датчика оборотов; 8 — шкив; 9 — бесконтактный токосъемник; 10 — подшипник.

го барабана, а также вызывает необходимость увеличивать мощность привода ведущего вала лентопротяжного механизма для преодоления трения ленты о барабан. Существенным является также и то, что лента, находящаяся на барабане, испытывает различное растяжение. При входе на барабан лента, как правило, испы-

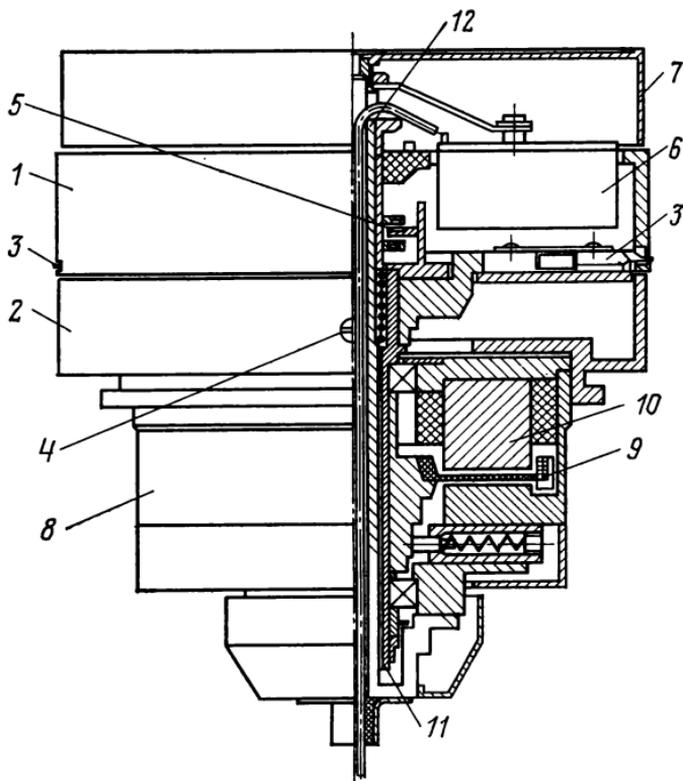


Рис. 2-16. Узел головок с вращающимся барабаном.

1 — вращающийся барабан; 2 — направляющий неподвижный барабан; 3 — магнитные головки; 4 — упор для нижнего края ленты; 5 — бесконтактный токосъемник; 6 — предварительный усилитель воспроизведения; 7 — кожух; 8 — двигатель постоянного тока; 9 — ротор двигателя; 10 — статор двигателя; 11 — полый вал двигателя; 12 — стержень для крепления усилителя и кожуха.

тывает меньшую нагрузку, чем при выходе ее с барабана. Последствием этого является искривление дорожек записи, ведущее к потере взаимозаменяемости видеофонограмм.

Во втором типе узла вращающихся головок (рис. 2-16) это явление в значительной степени ослаблено. Узел отличается тем, что вместо диска головок в нем вращается верхняя часть направляющего барабана. Воздух, засасы-

вающийся в клин, образованный поверхностью барабана и набегающей на нее лентой, создает избыточное давление под лентой, нависающей над вращающимся барабаном. Образующаяся воздушная подушка играет роль смазки, снижающей трение ленты о направляющий барабан [22]. Для усиления эффекта воздушной смазки в некоторых конструкциях на поверхность вращающегося барабана наносят неглубокие насечки. На направляющем барабане нижний край ленты поддерживается упором, укрепленным на неподвижной части барабана. Магнитные головки установлены внутри вращающегося барабана, а их рабочая поверхность выступает через окна в барабане над его поверхностью. Ферритовые головки, отличающиеся большой износостойкостью, выступают не более чем на 50 мкм. Износостойкость головок из магнитных сплавов много ниже, поэтому для повышения ресурса работы выступ этих головок устанавливается от 100 до 130 мкм. Привод диска и барабана головок в видеомагнитофонах осуществляется или непосредственно от вала отдельного электродвигателя, или от двигателя лентопротяжного механизма через ременную передачу. В последнем случае на валу диска или барабана имеется электромагнитный тормоз, служащий для управления частотой и фазой их вращения. Управление осуществляется системой автоматического регулирования, в которой используются сигналы датчика оборотов, установленного на валу диска или барабана головок.

2-6. Счетчик ленты

Для удобства работы с видеомагнитофоном лентопротяжный механизм снабжается счетчиком ленты, который позволяет хронометрировать программу в режиме рабочего хода и контролировать процессы перемотки ленты. По своим функциям счетчики ленты могут быть простыми и универсальными, а по принципу работы — механическими, электромеханическими и электронными. Простые счетчики позволяют определять текущий метраж ленты, выраженный через время, что ускоряет поиск нужного фрагмента или участка программы и упрощает ручное управление режимами лентопротяжного механизма и, следовательно, видеомагнитофона в целом. Счетчик ленты измеряет частоту оборотов или частоту следования импульсов, поступающих от датчика. В качестве датчика оборотов в лентопротяжном механизме в этом случае используется обводной ролик, ведомый лентой. В механическом счетчике вал обводного ролика связан с осью счетчика через редуктор. В электромеханическом счетчике в датчике используется прерыватель, формирующий импульсы с частотой вращения обводного ролика, которые поступают на счетчик. В электронных счетчиках на валу

обводного ролика устанавливают фотодатчик, формирующий сигналы для работы счетчика. Конструкция датчиков и счетчиков должна обеспечивать режим прямого и обратного счета, переключение которых производится автоматически при изменении направления движения ленты. Такой счетчик фактически является счетчиком длины или метража ленты, чему и соответствуют его показания. Однако для постоянной номинальной линейной скорости ленты, что имеет место в режиме рабочего хода, при соответствующем выборе диаметра обводного ролика и передаточного числа редуктора или частоты импульсов датчика, счетчик может фиксировать текущее время или продолжительность программы при ее записи и воспроизведении. Шкала или индикаторное табло счетчика градуируются в единицах и десятках минут и секунд. Точность работы счетчика обычно невысокая $\pm 2 \div 5$ с и во многом зависит от сцепления ленты с обводным роликом, что в свою очередь, определяется постоянством натяжения ленты в тракте лентопротяжного механизма во время ее движения. Если сцепление обводного ролика с лентой ослабевает, что обычно бывает во время пуска или остановки ленты, то нарушается соотношение между длиной ленты, прошедшей через ролик, и частотой его вращения, что приводит к ошибке в показаниях счетчика. Нагрузка на вал обводного ролика, которая создается редуктором в механическом счетчике, также ухудшает точность его работы. В этом отношении лучшие результаты дает фотодатчик, используемый в электронном счетчике. Фотодатчик не создает нагрузки на вал обводного ролика и позволяет легко получить сигнал

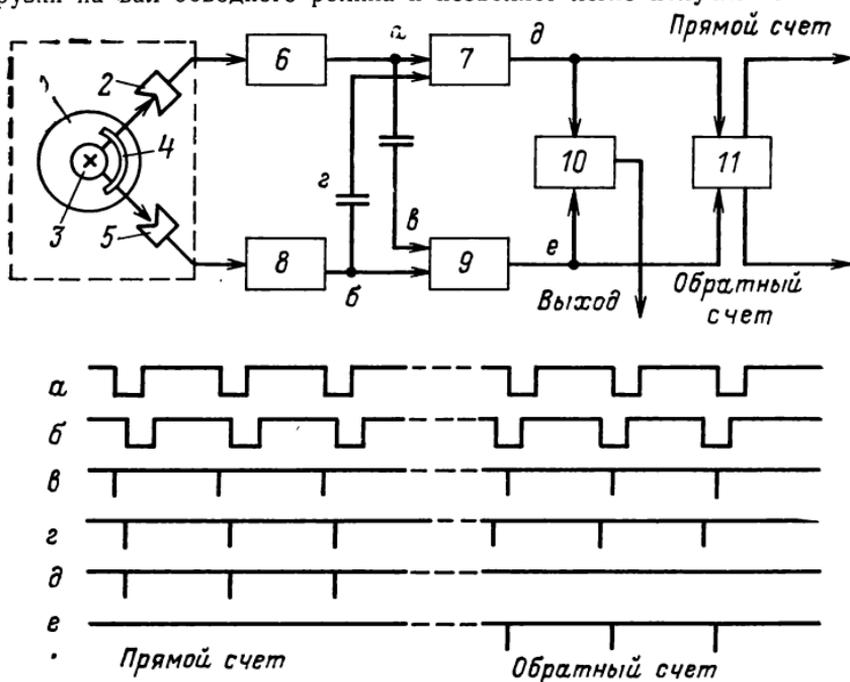


Рис. 2-17. Функциональная схема фотодатчика счетчика метража ленты.

1 — диск; 2, 5 — фотодиоды; 3 — лампочка подсветки; 4 — щель; 6, 8 — усилители-ограничители; 7, 9 — схемы совпадений; 10 — схема сборки; 11 — триггер.

переключения направления счета при изменении направления движения ленты в механизме [23]. Функциональная схема фотодатчика счетчика длины ленты приведена на рис. 2-17. На валу обводного ролика укрепляется диск 1, который имеет узкую щель в форме дуги 4. С одной стороны диска под щелью установлена подсветка 3, а над ней, с другой стороны диска, — два фотодиода 2 и 5, каждый из которых работает на соответствующий усилитель-ограничитель 6 и 8, образуя тем самым два канала формирования сигнала. Длина дуги между фотодиодами выбирается меньше, примерно в 2 раза, длины щели, поэтому в каждом канале формируются сдвинутые относительно друг друга две последовательности импульсов *a* и *б*. Выходы каждого из каналов поступают на две соответствующие схемы совпадения (логические схемы И) 7 и 9, на второй вход каждой такой схемы поступают короткие дифференцированные импульсы *в* и *г* с противоположных каналов. Схема совпадений пропускает на выход входные короткие импульсы только в том случае, когда они совпадают по времени с разрешающими импульсами, поступающими на ее другой вход. При прямом счете импульсы *в* находятся в разрешающей зоне импульсов *a* и проходят на выход схемы совпадений 7. В режиме обратного счета на выход схемы совпадений 9 проходят короткие импульсы *г*, которые совпадают по времени с разрешающими импульсами *б*. Таким образом, на выходах схем совпадений 7 и 9 в зависимости от направления вращения обводного ролика, т. е. направления движения ленты, присутствуют выходные импульсы *д* и *е*. От импульсов *д* и *е* работает триггер 11, состояние которого и определяет режим прямого и обратного счета. Эти же импульсы собираются схемой сборки (логическая схема ИЛИ) и поступают на выход датчика.

Простыми счетчиками снабжались профессиональные видеомагнитофоны ранних выпусков одно- и двухголовочные, в том числе и некоторые бытовые видеомагнитофоны.

Современные профессиональные видеомагнитофоны оборудуются универсальными счетчиками, которые помимо хронометража ленты позволяют формировать различные команды и автоматизировать процесс управления видеомагнитофоном. Отличительной особенностью универсальных счетчиков является высокая точность их работы. Это оказывается возможным в тех лентопротяжных механизмах, где движение ленты по тракту производится всегда во всех режимах ведущим валом лентопротяжного механизма, с которым лента, даже при ее остановке, остается сцепленной. Датчиком входных сигналов счетчика ленты в этом случае обычно служат растровые фотоэлектрические преобразователи, работающие на ведущем валу двигателя [24]. Они позволяют получить частоту выходных сигналов, во много раз, например в 1000, большую частоту вращения ведущего вала, сформировать сигнал направления вращения и работают в широком диапазоне частот. Далее частота сигнала датчика снижается делителями частоты, делается в режиме рабочего хода равной частоте кадров 25 Гц и подается на вход счетчика ленты.

Универсальный счетчик, функциональная схема которого приведена на рис. 2-18, имеет 8 разрядов, а его полная емкость составляет 24 ч 59 мин 59 с и 24+1 кадр. Каждый разряд счетчика представляет собой реверсивный синхронный четырехразрядный двоично-десятичный счетчик импульсов, работающий в коде 8-4-2-1. В зависимости от командных сигналов, поступающих на счетчик с датчика оборотов, счетчик работает в режиме сложения (прямой

счет) или вычитания (обратный счет). Информация со счетчика поступает через оперативное запоминающее устройство на дешифратор, выход которого через согласующее устройство подключен к цифровому индикаторному табло.

Цифровое табло строится на газоразрядных индикаторах типа ИН. В последнее время начинают использовать семисегментные вакуумные люминесцентные индикаторы типа ИВ, для которых не требуется высокого напряжения питания. Для индикации состояний счетчиков на интегральных схемах разработаны цифро-синтезирующие индикаторы на светодиодах. Преимуществом этих индикаторов является то, что напряжения и токи, требуемые для нормального свечения светодиодов, очень хорошо согласуются с параметрами большинства логических интегральных схем.

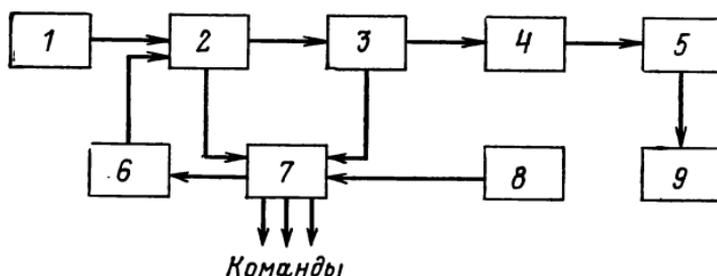


Рис. 2-18. Функциональная схема универсального счетчика ленты. 1 — формирователь сигнала датчика; 2 — реверсивный счетчик импульсов; 3 — оперативное запоминающее устройство; 4 — дешифратор; 5 — согласующее устройство; 6 — высокочастотный генератор; 7 — компаратор; 8 — коммутатор ручного набора; 9 — цифровое индикаторное табло.

Дешифратор является промежуточным устройством, преобразующим код счетчика в код используемого цифрового индикатора. Включение в схему счетчика оперативного запоминающего устройства позволяет фиксировать по соответствующей команде текущее число на индикаторном табло счетчика, без прекращения работы счетчика. Универсальный счетчик включает в свой состав компаратор 7, который служит для сравнения текущего числа счетчика с числом, установленным коммутатором ручного набора 8. При совпадении этих чисел компаратором вырабатываются соответствующие команды, например на остановку ленты или окончание ее перемотки и т. д., которые позволяют автоматически управлять работой лентопротяжного механизма. С компаратора могут быть получены и более сложные команды, необходимые, например, для работы в режиме электронного монтажа. Универсальный счетчик, так же как и простой, имеет установку на нуль всех разрядов, а также ручное переключение режимов работы счетчика на сложение или вычитание.

Недостатком любого электронного счетчика по сравнению с механическим является невозможность сохранения его показаний при выключении питающего напряжения. Поэтому перед выключением питания, если это необходимо, набирают коммутатором ручного набора показание счетчика, а затем при включении питания это число заводится в счетчик. Эта операция может производиться путем воздействия на состояние каждого разряда счетчика соответствующим

шим сигналом или заполнением счетчика с высокочастотного генератора 6 до числа, установленного ручным набором. Для этого вход счетчика подключается к высокочастотному генератору, а по команде с компаратора, при совпадении числа счетчика с числом, установленным коммутатором ручного набора, производится отключение высокочастотного генератора.

Усложнение схемы коммутатора позволяет расширить его функции и, в частности, получить команды для точной остановки ленты по заданному числу или с опережением, необходимым при работе в режиме электронного монтажа. В некоторых видеомагнитофонах цифровое индикаторное табло счетчика и некоторые его другие узлы используются для индикации кода, записанного на ленте (см. § 7-2).

Глава третья

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

3-1. Общие сведения

В профессиональных видеомагнитофонах, предназначенных для телевизионного вещания, в общем случае имеются четыре системы регулирования, которые управляют работой важнейших узлов лентопротяжного механизма, определяющих движение и взаимное положение ленты и головок видеозаписи. Две из них являются основными системами регулирования видеомагнитофонов с одной, двумя или четырьмя вращающимися головками. Первая система САР-СЛ управляет скоростью движения ленты, а вторая САР-СД — частотой вращения двигателя головок. Третья система САР-ПК управляет частотой вращения катушек с лентой подающего и приемного узлов лентопротяжного механизма, поддерживая в установленных пределах натяжение или положение ленты в тракте. И, наконец, четвертая система регулирования САР-ПН, используемая только в четырехголовочных видеомагнитофонах, регулирует взаимное положение между диском головок и вакуумной направляющей блока вращающихся головок.

Основные системы управления по роду выполняемых задач являются системами автоматического регулирования постоянного параметра. САР-СЛ называется системой автоматического регулирования средней скорости движения магнитной ленты. В качестве объекта регулирования в этой системе чаще всего используется ведущий двигатель или ведущий вал лентопротяжного механизма видеомагнитофона. САР-СД — система автоматического регулирования частоты вращения диска

головок видеозаписи. Объектом регулирования здесь является двигатель головок.

По мере развития техники магнитной видеозаписи изменяются структурные схемы САР, усложняются функциональные связи в самих системах и между ними вводятся дополнительные режимы работы, повышается их точность и быстродействие, но основное назначение систем регулирования остается неизменным [25].

В первых видеомагнитофонах САР-СЛ и САР-СД отличались простотой и наглядностью своих функциональных связей. Они имели небольшую точность регулирования и сравнительно малое быстродействие, однако целиком удовлетворяли тем основным задачам, которые в то время предъявлялись к аппаратуре магнитной видеозаписи. Внедрение первых видеомагнитофонов в практику телевизионного вещания и опыт их эксплуатации наглядно продемонстрировали перспективность новой аппаратуры. Вместе с тем появились новые требования, вызванные развитием технологии телевизионного вещания и внедрением цветного телевидения, что, в свою очередь, привело к созданию видеомагнитофонов второго поколения. Одним из основных отличий этих видеомагнитофонов от их предшественников был режим внешней синхронизации. В этом режиме воспроизводимый телевизионный сигнал сфазирован по кадровым и строчным импульсам с внешним синхросигналом опорного генератора — ССП. Точность синхронизации воспроизводимого телевизионного сигнала такова, что воспроизводимые с ленты вместе с видеосигналом кадровые и строчные синхроимпульсы могут быть на выходе видеомагнитофона заменены опорными сигналами синхрогенератора без ущерба для качества изображения. В этом случае видеомагнитофон стал обычным синхронным источником телевизионных программ и, что очень важно, позволил осуществлять электронный монтаж видеофонограмм.

Осуществление режима внешней синхронизации прежде всего отразилось на структуре систем автоматического регулирования: частично изменились их функции, появились дополнительные цепи обратной связи, резко увеличилось число блоков и элементов систем. Все эти изменения привели к значительному увеличению точности регулирования. Так, например, точность регулирования САР-СД была повышена примерно на два порядка и достигла величины $\pm 0,075 \div 0,15$ мкс. Для улучше-

ния временной стабильности воспроизводимого телевизионного сигнала и устранения временных искажений с целью обеспечения полной синхронности выходного видеосигнала с опорным синхросигналом эти видеомагнитофоны снабжены специальными устройствами, в основу которых положены способы электронной коррекции временных искажений (подробно рассмотренных в гл. 5). Совместное использование высокоточной электромеханической САР-СД и указанных электронных корректирующих устройств позволяет получить необходимую для режима внешней синхронизации временную стабильность воспроизводимого сигнала, в том числе и в условиях взаимозаменяемости записей, как для черно-белого, так и для цветного телевидения.

Следует отметить, что при значительном усовершенствовании систем автоматического регулирования видеомагнитофонов второго поколения им были присущи недостатки, которые прежде всего объясняются сравнительно большой инерционностью систем регулирования. В режиме внешней синхронизации, когда на выходе видеомагнитофона синхросигналы, воспроизводимые с ленты, заменяются синхросигналами опорного генератора, любые нарушения, возникающие в системах регулирования, отрабатываются длительное время, в течение которого воспроизводимый видеосигнал оказывается несинхронным с опорным синхросигналом. Это обстоятельство ограничивает применение режима внешней синхронизации и налагает определенные ограничения на технологические возможности аппаратуры магнитной видеозаписи, особенно в автоматизированных системах управления телевизионными сетями.

Видеомагнитофоны третьего поколения позволяют решить и эту проблему. Быстродействие систем управления в этих видеомагнитофонах повышено примерно на порядок, и поэтому полная синхронизация воспроизводимого изображения производится примерно за 0,2—0,3 с. Во время кратковременных нарушений установившегося режима в системах регулирования на вход видеомагнитофона вместо несинхронного воспроизводимого сигнала поступает сигнал черного поля от опорного источника. Благодаря этому выходной сигнал видеомагнитофона всегда оказывается синхронным с опорным синхросигналом. Значительное повышение быстродействия систем управления в видеомагнитофонах третьего

поколения было достигнуто прежде всего благодаря применению нового лентопротяжного механизма с буферными устройствами со стороны приемного и подающего узлов.

Все сказанное выше относится прежде всего к видеомангнитофонам, использующим способ поперечной строчной записи четырьмя вращающимися головками. Именно такие видеомангнитофоны преимущественно используются в телевизионном вещании. Одно- и двухголовочные видеомангнитофоны с наклонно-строчной записью в телевизионном вещании использовались до последнего времени мало. Однако сейчас как за рубежом, так и в нашей стране уже появились профессиональные видеомангнитофоны с одной и двумя вращающимися головками, пригодные для телевизионного вещания. Системы управления в таких видеомангнитофонах построены по тем же принципам и решают те же задачи. В видеомангнитофонах, предназначенных для замкнутых систем телевидения, и особенно в бытовых видеомангнитофонах, где нет необходимости в режимах внешней синхронизации и электронного монтажа, системы управления значительно проще и по своей структуре и по схемным решениям. Часто в таких видеомангнитофонах имеется только одна система регулирования — САР-СД.

Как правило, системы регулирования видеомангнитофонов являются аналоговыми системами, где управляющее напряжение сигнала ошибки формируется в виде напряжения постоянного тока, например, путем интегрирования. Однако уже в видеомангнитофоне КАДР-3, электронные схемы которого выполнены на основе транзисторных устройств, в отдельных цепях систем регулирования были использованы дискретные электронные схемы и цифровые методы регулирования. Сейчас с массовым внедрением интегральных схем появилась возможность во многих случаях отказаться от принципов аналогового регулирования и перейти к принципам дискретного цифрового регулирования, использование которых имеет ряд преимуществ. Эти преимущества сводятся прежде всего к повышению надежности и стабильности работы электронных схем и, следовательно, всей системы управления в целом. Применение дискретной цифровой техники позволяет устранить дрейф постоянного тока и сократить или даже исключить настройку элементов системы. Кроме того, решающим преимущест-

вом при проектировании такой системы является возможность использования уже готовых решений и интегральных схем с большой плотностью компонентов.

В последующих параграфах настоящей главы будут рассмотрены принципы построения, режимы работы, основные параметры, характеристики и элементы систем регулирования.

3-2. Принцип работы системы автоматического регулирования скорости диска головок с одной цепью регулирования

Система автоматического регулирования скорости диска головок с одной цепью регулирования является простейшей системой регулирования частоты вращения диска. Такая система была использована в первом отечественном видеомагнитофоне КАДР-1 [26]. Назначение САР-СД состоит в управлении частотой вращения синхронного гистерезисного двигателя головок, которая как во время записи, так и во время воспроизведения должна быть синхронна с частотой опорного сигнала; при этом необходимо обеспечить постоянное временное соотношение между опорными сигналами и угловым положением ротора двигателя. Регулируемыми параметрами системы служат частота вращения и угловое положение ротора двигателя, которое выражается через фазу управляющего контрольного сигнала датчика оборотов, жестко связанного с валом двигателя.

Опорным управляющим сигналом системы является частота 250 Гц, полученная путем умножения кадровых импульсов частотой 50 Гц, выделенных из записываемого телевизионного сигнала. Когда записываемый сигнал синхронизирован сетью, то в качестве исходного сигнала на умножитель частоты поступает сигнал сети. Такая система построена по принципу фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) [27] вращения ротора двигателя головок и является одноконтурной системой регулирования постоянного параметра. Структурная схема САР-СД с одной цепью регулирования показана на рис. 3-1. Измерительным элементом системы является фазовый дискриминатор, на выходе которого при сравнении текущего значения фаз управляющих сигналов: опорного и контрольного сигнала датчика оборотов выделяется сигнал рассогласования, пропорциональный разности фаз сравниваемых сигналов. Этот сигнал поступает на вход

регулирующего элемента, роль которого выполняет генератор, управляемый по частоте. Измерительный и регулируемый элементы образуют автоматический регулятор системы, входными управляющими сигналами которого являются опорный сигнал настройки и контрольный сигнал с датчика оборотов двигателя, а выходным сигналом — сигнал управляемого генератора частотой 500 Гц.

Исполнительным элементом объекта регулирования служит синхронный двигатель блока головок, а промежуточным (усилительным) элементом — трехфазный

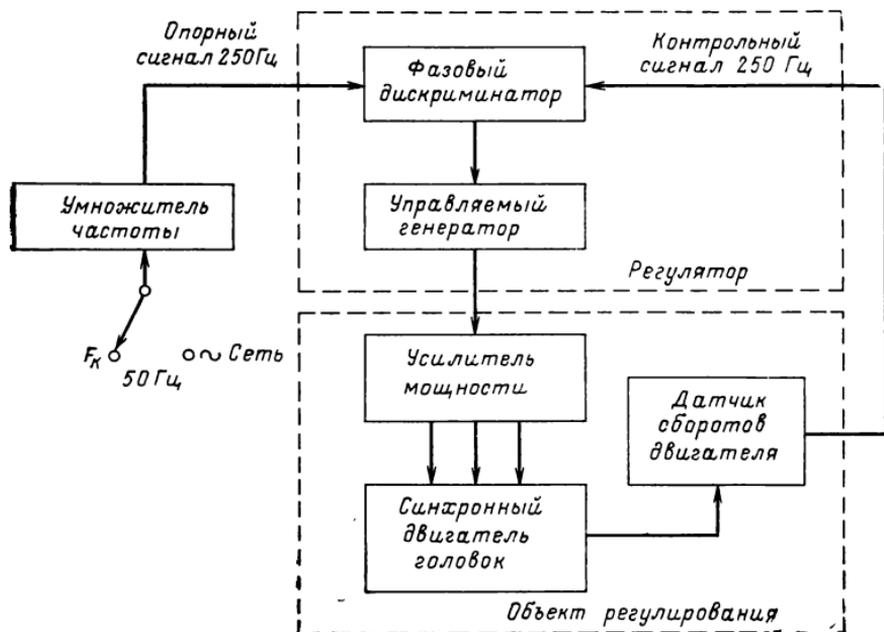


Рис. 3-1. Структурная схема САР-СД с одной цепью регулирования.

усилитель мощности. Входным сигналом объекта регулирования является выходной сигнал автоматического регулятора, а выходным — сигнал датчика оборотов с частотой вращения двигателя головок видеозаписи, являющийся сигналом обратной связи в системе регулирования.

Уравнение объекта регулирования может быть записано в виде

$$\omega_K = K_0 \omega_{п.д.} \quad (3-1)$$

Здесь ω_K — частота вращения двигателя на выходе датчика оборотов; K_0 — коэффициент передачи объекта

регулирования; $\omega_{п.д}$ — частота питания двигателя головок.

Изменение частоты питания двигателя $\Delta\omega_{п.д}$ определяется путем интегрирования мгновенной разности частот между управляющими сигналами фазового дискриминатора и равно:

$$\Delta\omega_{п.д} = -K_p \int (\omega_0 - \omega_k) dt = K_p \Delta\varphi. \quad (3-2)$$

Это выражение является уравнением идеального регулятора в системе ФАПЧ и справедливо для линейной части характеристик фазового дискриминатора и управляемого генератора. Здесь $\Delta\varphi$ — текущая разность фаз между управляющими сигналами: опорным частотой ω_0 и контрольным частотой ω_k , поступающими на оба входа фазового дискриминатора; K_p — коэффициент передачи регулятора, равный произведению коэффициентов передачи всех звеньев, входящих в цепь регулятора.

Если цепь регулирования разомкнута, например сигнал ошибки с фазового дискриминатора не поступает на вход управляемого генератора, то его частота не точно равна номинальной частоте и отличается от нее на любую сколь угодно малую величину. Частота вращения синхронного двигателя, а следовательно, и частота контрольного сигнала датчика оборотов также будет отличаться от частоты опорного сигнала. Тогда справедливо равенство:

$$\Delta\omega_n = \omega_0 - \omega_k, \quad (3-3)$$

где $\Delta\omega_n$ — величина начальной расстройки в системе ФАПЧ, равная разности частот опорного и контрольного сигналов при разомкнутой цепи обратной связи.

При включении цепи обратной связи под действием регулирования начинает происходить подстройка частоты управляемого генератора, меняется частота питания и, следовательно, скорость вращения двигателя. Начальная расстройка $\Delta\omega_n$ суммируется с изменением частоты контрольного сигнала $\Delta\omega_k$, вызванным процессом регулирования, что приводит к изменению величины расстройки, действующей в системе, причем это изменение будет направлено на уменьшение начальной расстройки $\Delta\omega_n$. Тогда воздействие системы автоподстройки на частоту вращения двигателя может быть определено из выражения (3-1), а величина остаточной расстройки будет равна:

$$\Delta\omega_{ост} = \Delta\omega_n - K_0 \Delta\omega_{п.д}. \quad (3-4)$$

К моменту окончания переходного процесса частота контрольного сигнала оказывается равной частоте опорного сигнала, а величина остаточной расстройки становится равной нулю: частота вращения двигателя в установившемся режиме будет синхронна с частотой опорного сигнала. Выражение (3-4) для установившегося режима принимает вид:

$$\Delta\omega_n - K_0\Delta\omega_{п.д} = 0. \quad (3-5)$$

Рассмотрим уравнения регулируемого объекта и регулятора как единую систему, для чего в уравнение (3-5) подставим значение $\Delta\omega_{п.д}$ из выражения (3-2):

$$0 = \Delta\omega_n - K_0 K_p \Delta\varphi_{ост}, \quad (3-6)$$

где

$$\Delta\omega_n = K\Delta\varphi_{ост}.$$

Это выражение описывает закон регулирования системы ФАПЧ в установившемся режиме. Здесь $K = K_p K_0$ — крутизна регулирования или коэффициент усиления системы, выраженный в герцах и равный произведению коэффициентов передачи объекта регулирования и регулятора, т. е. произведению коэффициента передачи всех элементов, включенных в цепь регулирования, а $\Delta\varphi_{ост}$ — остаточная разность фаз между управляющими сигналами.

Уравнение закона регулирования системы ФАПЧ показывает, что частоты контрольного и опорного сигналов в установившемся режиме будут всегда равны между собой, однако между фазами управляющих сигналов будет всегда существовать остаточное фазовое рассогласование $\Delta\varphi_{ост}$, т. е. статическая ошибка регулирования, которая является обязательным и необходимым условием работы системы автоматического регулирования. Таким образом, благодаря текущей остаточной фазовой ошибке происходит необходимая автоподстройка частоты управляемого генератора и поддерживается равенство частот управляющих сигналов: чем больше величина начальной расстройки, которая должна быть устранена действием системы, тем большая величина остаточной фазовой ошибки установится в системе. Поэтому рассматриваемая САР-СД по своим свойствам в установившемся режиме является астатической по частоте вращения двигателя блока головок и статической по фазе его вращения, т. е. по угловому положению диска с вращающимися головками видеозаписи.

Точность регулирования САР-СД может быть определена как способность системы регулирования поддерживать в течение длительного времени постоянными заданные при настройке системы фазовые (временные) соотношения между управляющими сигналами. Фактически — это точность фазы вращения или углового положения ротора двигателя головок по отношению к опорному кадровому импульсу. Фазовое рассогласование или статическую ошибку системы регулирования удобно оценивать во временном масштабе и измерять в единицах времени. Тогда из выражения (3-6) имеем:

$$\Delta\tau_{ст} = \frac{\Delta\varphi_{ост}}{\omega_0} = \frac{\Delta\omega_H}{\omega_0 K} = \frac{\delta_H}{K}, \quad (3-7)$$

где $\Delta\tau_{ст}$ — статическая ошибка; δ_H — относительная нестабильность частоты контрольного сигнала с разомкнутой цепью регулирования.

Так как система авторегулирования обладает универсальностью, то любая причина, могущая вызвать нестабильность или уход частоты контрольного сигнала, приводит к изменению остаточной статической ошибки и является нежелательным возмущающим воздействием на систему. Различают два вида возмущающих воздействий: внешние и внутренние. К внешним воздействиям могут быть отнесены два фактора — изменение нагрузки на валу двигателя и изменения частоты опорного сигнала. В рассматриваемой системе с одной цепью регулирования первой причиной можно пренебречь из-за ее малости. Изменение же частоты опорного сигнала оказывает существенное влияние на величину статической ошибки, тем более что эти изменения в случае синхронизации записываемого телевизионного сигнала частотой сети могут оказаться значительными.

К основным внутренним возмущающим воздействиям относится нестабильность коэффициентов передачи элементов системы, вызванная прежде всего уходом собственной частоты управляемого генератора. При настройке системы регулирования путем выбора начальных условий, например собственной частоты управляемого генератора, добиваются необходимого фазового соотношения между управляющими сигналами. При этом в установившемся режиме остаточная статическая ошибка принимает известное, заданное настройкой значение, например становится близкой к нулю. Однако при работе системы

из-за возмущающих воздействий происходит изменение ранее установленного значения величины статической ошибки. Это вызывает изменение установленных при настройке фазовых соотношений между управляющими сигналами. В дальнейшем, говоря о статической ошибке, мы будем иметь в виду именно ее изменения от начальной величины, установленной при настройке системы. Таким образом, точность работы САР-СД, с которой производится фазирование двигателя блока головок, т. е. «привязка» углового положения диска с вращающимися головками к временному положению опорного кадрового импульса, находится в прямой связи с величиной статической ошибки. Благодаря жесткой «привязке» углового положения диска к опорному кадровому импульсу в каждый определенный момент времени головки по отношению к магнитной ленте занимают определенное угловое положение. Это значит, что кадровый импульс, содержащийся в телевизионном сигнале, будет записываться на ленте в одном месте соответствующей строчки записи одной и той же, например четвертой, вращающейся головкой. При воспроизведении диск головок опять занимает такое же угловое положение. Если движение ленты благодаря автоматическому регулированию частоты вращения ведущего двигателя согласовано с частотой и фазой вращения диска головок, то каждая вращающаяся головка воспроизводит ту строчку записи, которая ею же была записана. Для четырехголовочных видеомагнитофонов место начала кадрового импульса на соответствующей строке записи строго определено. Это вызвано необходимостью записывать видеофонограммы всегда идентичными, что требуется для монтажа видеофонограмм, а также при обмене телевизионными программами. Поэтому положение кадрового импульса на видеофонограмме оговорено международными рекомендациями [16]. В первых видеомагнитофонах, в которых был возможен только механический монтаж видеофонограмм, точность положения кадрового импульса на ленте определялась величиной $\pm 1,3$ мм, что соответствовало допустимому значению временного рассогласования между управляющими сигналами, равному $\pm 31,5$ мкс. Для электронного монтажа в современных видеомагнитофонах точность положения кадрового импульса на видеофонограмме увеличена до $\pm 0,1$ мм или $\pm 2,5$ мкс [16], чем фактически определяются требования к идентично-

сти положения датчика оборотов двигателя головок и точности работы самой системы САР-СД.

Говоря о точности регулирования и точности расположения кадрового импульса на ленте, мы исходили из условия, что датчик оборотов двигателя установлен правильно и не вносит никаких погрешностей. На самом деле взаимное положение датчика оборотов и диска головок на валу двигателя при изготовлении блока вращающихся головок трудно установить с необходимой точностью. Наиболее точная установка положения датчика оборотов может производиться при воспроизведении на видеомагнитофоне специальной измерительной ленты, положение кадрового импульса на которой принимается за эталон [28]. Однако во всех случаях погрешность в установке датчика трудно сделать меньше, чем $\pm 1 \div 2$ мкс. В системе возможен также уход фазы управляющих сигналов в цепях формирования, в том числе и при формировании сигнала самого датчика оборотов, причем эти погрешности, так же как погрешности в установке датчика, создают временные ошибки, от действия которых САР-СД оказывается незащищенной. Использование малогабаритных интегральных схем позволяет конструктивно разместить элементы усиления и формирования сигналов датчика в самом блоке головок. В этом случае можно заменить сложную механическую юстировку положения датчика электронной и тем самым практически исключить погрешности, вызванные сменой блоков вращающихся головок.

Анализ работы САР-СД показывает, что основной причиной, влияющей на точность положения кадрового импульса на ленте, является статическая ошибка, вызванная нестабильностью собственной частоты генератора и частоты опорного сигнала. Так как САР-СД в данном случае имеет только одну цепь регулирования, а объект регулирования — двигатель головок, достаточно инерционен и вносит большое запаздывание в цепь обратной связи, то не удается реализовать большой крутизны регулирования. Это ограничивает возможности уменьшения статической ошибки. Крутизна регулирования обычно составляет 50—80 Гц, так что при нестабильности собственной частоты управляемого генератора $\delta_r = 10^{-3}$ величина возможной статической ошибки будет равна:

$$\Delta \tau_{ст} = \frac{\delta_r}{K} = \frac{10^{-3}}{50 \div 80} = 12 \div 20 \text{ мкс.}$$

Существуют различные способы уменьшения статической ошибки или снижения ее влияния на точность работы системы регулирования, однако все они связаны с преобразованием структуры САР. В простой, одноконтурной системе автоматического регулирования, имеющей сравнительно небольшую крутизну, наиболее реальным

способом повышения точности регулирования остается путь повышения временной стабильности элементов системы. Сравнительно небольшая точность регулирования в одноконтурной САР-СД ограничивает возможности ее использования в современных профессиональных видеомагнитофонах. Однако в бытовых видеомагнитофонах, где не нужна высокая точности, такая система благодаря небольшому объему и простоте находит применение.

3-3. Формирование напряжения питания синхронного двигателя головок

Во многих видеомагнитофонах, и прежде всего в четырехголовочных, исполнительным элементом САР-СД служат синхронные электродвигатели. Частота вращения головок видеозаписи, а следовательно, и частота питания синхронного двигателя, как правило, принимается кратной частоте кадров или полей записываемого телевизионного сигнала и оказывается жестко связанной с тем телевизионным стандартом, на котором работает видеомагнитофон. Так, в четырехголовочных видеомагнитофонах при телевизионном стандарте 625 строк/50 полей в секунду частота питания синхронного двигателя головок берется равной 500 или 250 Гц (в зависимости от конструктивных параметров используемого двигателя), а при стандарте 525 строк/60 полей в секунду — 480 или 240 Гц. При этом частоты вращения двигателя для одного и другого стандарта соответственно равны 15 000 и 14 400 об/мин, или 250 и 240 Гц. Во всех отечественных четырехголовочных видеомагнитофонах частота питания двигателя равна 500 Гц, в видеомагнитофонах зарубежного производства в зависимости от используемого телевизионного стандарта — 250 и 240 Гц. В одnogоловочных видеомагнитофонах, записывающих на одной строчке записи информацию полного поля телевизионного изображения, частота вращения двигателя головок равна 3000 или 3600 об/мин для частоты полей разложения записываемого телевизионного сигнала 50 или 60 Гц, а в двухголовочных соответственно 1500 или 1800 об/мин.

Для того чтобы осуществить постоянное и точное соотношение между частотой питания или, что одно и то же, частотой вращения синхронного двигателя и частотой полей записываемого телевизионного сигнала, используют различные устройства преобразования опорных синхросигналов, которые являются составной частью САР-СД и существенно влияют на ее структуру. Хотя

эти устройства осуществляют преобразование опорных синхросигналов различными способами, сущность их сводится к одному: синтезирование сигналов для питания двигателей с частотой, кратной частоте опорных импульсов полей. Рассмотрим два основных способа такого преобразования.

Первый способ синтеза основан на умножении частоты опорных импульсов полей $F_{п}=50$ Гц с использованием управляемого автогенератора, охваченного обратной связью. Это обычная аналоговая система автоматического регулирования, работающая по принципу ФАПЧ и рассмотренная в предыдущем § 3-2. Второй способ является прямым синтезом сигнала с частотой питания двигателя $F_{п.д}$ из высокочастотных опорных синхрои́мпульсов двойной строчной частоты, которая путем преобразования (умножения и деления) формируется в сигнал частотой 500 Гц. Этот способ, основанный на использовании дискретного цифрового принципа преобразования частоты двойных строк $2f_{стр}$, описывается простой формулой:

$$F_{п.д} = 500 = 2f_{стр} \cdot 2 \cdot \frac{1}{125} = 500 \text{ Гц.} \quad (3-8)$$

Так как используемые в четырехголовочных видеоманитофонах двигатели являются трехфазными синхронными машинами, то сигнал частотой 500 Гц должен быть преобразован в трехфазное напряжение с относительным сдвигом между фазами 120° . Такое преобразование производится специальными устройствами для расщепления фаз, которые могут работать как от синусоидального, так и от импульсного сигналов. Однако при импульсном расщеплении фаз целесообразно, чтобы частота следования входных сигналов была по крайней мере в 3, а лучше в 6 раз больше, чем частота питания двигателя. Отсюда следует, что при стандарте 625 строк/50 полей в секунду на вход расщепителя фаз должны поступать импульсы частотой следования 3000 Гц, а при стандарте 525 строк/60 полей в секунду — 2880 Гц. Получение таких сигналов методом прямого синтеза с использованием простого деления и умножения частоты двойных строк затруднено. Поэтому это преобразование производится по более сложной схеме и

может быть описано формулой:

$$F_{п.д} = \frac{3000}{6} = 2f_{стр} \frac{2 \left(\frac{1}{5} + 1 \right) \left(\frac{1}{25} \right)}{6}; \quad (3-9)$$

$$F_{п.д} = \frac{2880}{6} = 2f_{стр} \frac{2 \left(\frac{1}{7} + 1 \right) \frac{1}{25}}{6}. \quad (3-10)$$

На рис. 3-2 приведена функциональная схема такого устройства, где преобразование входных опорных импульсов частотой $2f_{стр}$ в сигналы частотой $F_{п.д}$ для питания синхронного двигателя головок производится в соответствии с формулами (3-9) и (3-10) [29]. Входные импульсы $2f_{стр}$ частотой 31,25 кГц после умножителя частоты на два 1 и формирователя 2 поступают на один вход схемы сборки 3 непосредственно, а на другой — через делитель частоты на пять 5. Таким образом на выходе схемы сборки средняя частота следования импульсов будет равна 75 кГц. Далее частота следования импульсов снижается последовательно включенными делителями частоты 4 и 6 до 3 кГц. Для телевизионного стандарта 525/60 делитель частоты 5 должен иметь коэффициент деления, равный семи, тогда при частоте входного сигнала 31,25 кГц на выходе схемы сборки будут импульсы с частотой следования 72 кГц, а на выходе устройства — 28,8 Гц.

Особенностью использования способов синтеза частоты питания двигателя головок в САР-СД является необходимость управления фазой (частотой) выходного сигнала, предназначенного для питания двигателя. При реализации первого способа эта возможность заложена в самом принципе умножения частоты, основанном на

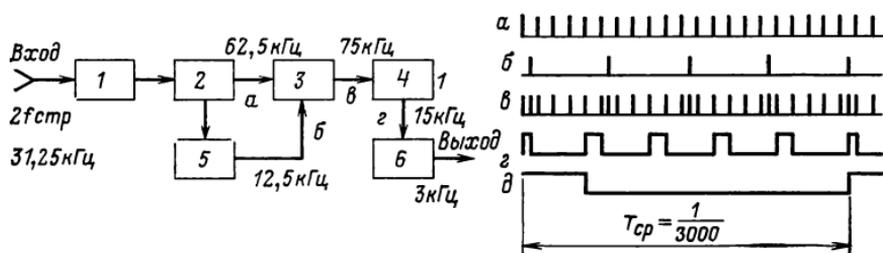


Рис. 3-2. Функциональная схема универсального устройства преобразования опорных импульсов.

1 — умножитель частоты на два; 2 — формирователь; 3 — схема сборки; 4, 5, 6 — делители частоты на пять.

использовании системы ФАПЧ. В случае прямого синтеза используются дополнительные элементы и узлы, образующие цепь начальной установки фазы двигателя в системе САР-СД.

Установка фазы вращения ротора двигателя головок обычно производится путем изменения частоты (фазы) питания двигателя при каждом его включении или при потере двигателем синхронизма. Целью такой установки, как уже было сказано, является фазирование двигателя головок, т. е. привязка углового положения диска головок к опорному кадровому синхроимпульсу.

В отечественном видеомагнитофоне ЭЛЕКТРОН-2 для изменения фазы питания с целью фазирования двигателя используется электромеханический фазовращатель, включенный в цепи питания.

Принцип работы такого устройства показан на рис. 3-3 [30]. Напряжение частотой 500 Гц, предназначенное для питания двигателя, формируется способом прямого синтеза путем умножения на два двойной строчной частоты

$2f_{стр}$, выделенной из записываемого видеосигнала или из опорных синхроимпульсов (ССП), с последующим делением опорной частоты 62 500 Гц на 125. Полученный таким образом импульсный сигнал преобразуется в синусоидальное напряжение и поступает в виде двух сигналов, сдвинутых относительно друг друга на 90° , на обмотки вращающегося трансформатора 7. Он представляет собой заторможенную синхронную машину, в которой обмотки ротора и статора для создания вращающегося поля размещены в пространстве под углом 90° . Соответствующее включение обмоток трансформатора позволяет получить на его выходе синусоидальный сигнал, фаза которого по отношению к входному сигналу является функцией угла поворота ротора. При этом коэффициент передачи по амплитуде в определенных пределах изменения частоты входного сигнала оказывается постоянным. Выходной сигнал с вращающегося

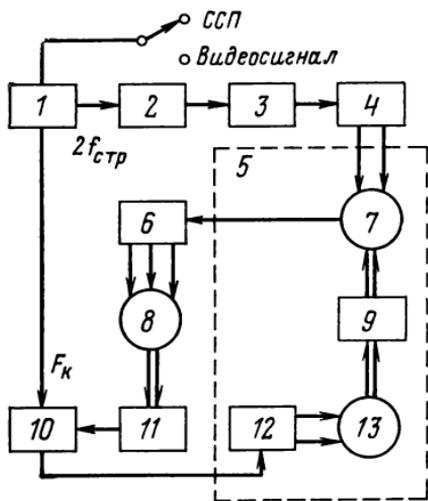


Рис. 3-3. Структурная схема цепи начальной установки фазы двигателя с электромеханическим регулятором.

1 — опорный селектор; 2 — умножитель частоты на два; 3 — делитель частоты следования импульсов на 125; 4 — формирователь синусоидального сигнала; 5 — электромеханический регулятор фазы; 6 — усилитель мощности; 7 — вращающийся трансформатор; 8 — синхронный двигатель головок; 9 — редуктор; 10 — фазовый дискриминатор; 11 — датчик оборотов; 12 — устройство питания реверсивного двигателя 13.

трансформатора поступает на блок усилителей мощности 6 и питает обмотки синхронного двигателя головок 8.

Для фазирования двигателя служит цепь установки начальной фазы, состоящая из фазового дискриминатора 10, на один вход которого поступают опорные кадровые импульсы 25 Гц с селектора 1, а на другой — импульсы датчика оборотов 11 двигателя головок частотой 250 Гц. В результате сравнения фаз этих сигналов на выходе фазового дискриминатора выделяется управляющее напряжение ошибки, которое поступает через усилитель 12 на реверсивный двигатель 13. Вал двигателя через редуктор 9 с большим передаточным отношением ($i=100\div 200$) связан с ротором вращающегося трансформатора. Под действием управляющего выходного напряжения фазового дискриминатора реверсивный двигатель 13 изменяет скорость и направление вращения, благодаря чему происходит медленный поворот ротора вращающегося трансформатора и, следовательно, изменение фазы питания синхронного двигателя 8, которое направлено на уменьшение фазового рассогласования (ошибки) между входными управляющими сигналами дискриминатора. По мере уменьшения выходного управляющего напряжения дискриминатора снижается частота вращения реверсивного двигателя и, когда его мощность оказывается недостаточной для преодоления силы трения, двигатель останавливается, фиксируя новое угловое положение ротора, при котором фазовая ошибка между управляющими сигналами близка к нулю. Таким образом, в установившемся режиме двигатель головок питается стабильным по частоте напряжением, полученным в результате прямого синтеза непосредственно из опорных синхроимпульсов.

Существенным недостатком такого устройства фазирования двигателя является прежде всего его малое быстродействие, что объясняется инерционностью электромеханических элементов цепи регулирования.

Для фазирования двигателя головок в видеоманитовом фоне КАДР-3 используется электронное устройство дискретного импульсного фазового регулятора [31], принцип работы которого показан на рис. 3-4.

Опорные импульсы частотой $2f_{стр}$, выделенные в опорном селекторе 1, после умножения на два поступают через две последовательно включенные логические схемы совпадений 3 и сборки 4 на первый триггерный делитель на пять частоты следования импульсов 5. Далее частота следования импульсов снижается в 25 раз двумя аналогичными делителями частоты 7 и 8. Когда второй вход схемы совпадений 3 открыт и на схему сборки 4 поступают только опорные импульсы с частотой следования 62 500 Гц, частота следования импульсов на выходе третьего делителя 8 будет равна 500 Гц. Если на второй вход схемы сборки 4 подавать короткие дополнительные импульсы Б, сфазированные так, что они будут замешиваться в основную последовательность импульсов, то на входе А первого делителя 5 и, следова-

тельно, на выходе *E* третьего делителя δ средняя частота следования импульсов увеличится. В то же время, если второй вход схемы совпадений δ периодически закрывать дополнительными импульсами *B*, то они будут выбивать импульсы из основной последовательности и

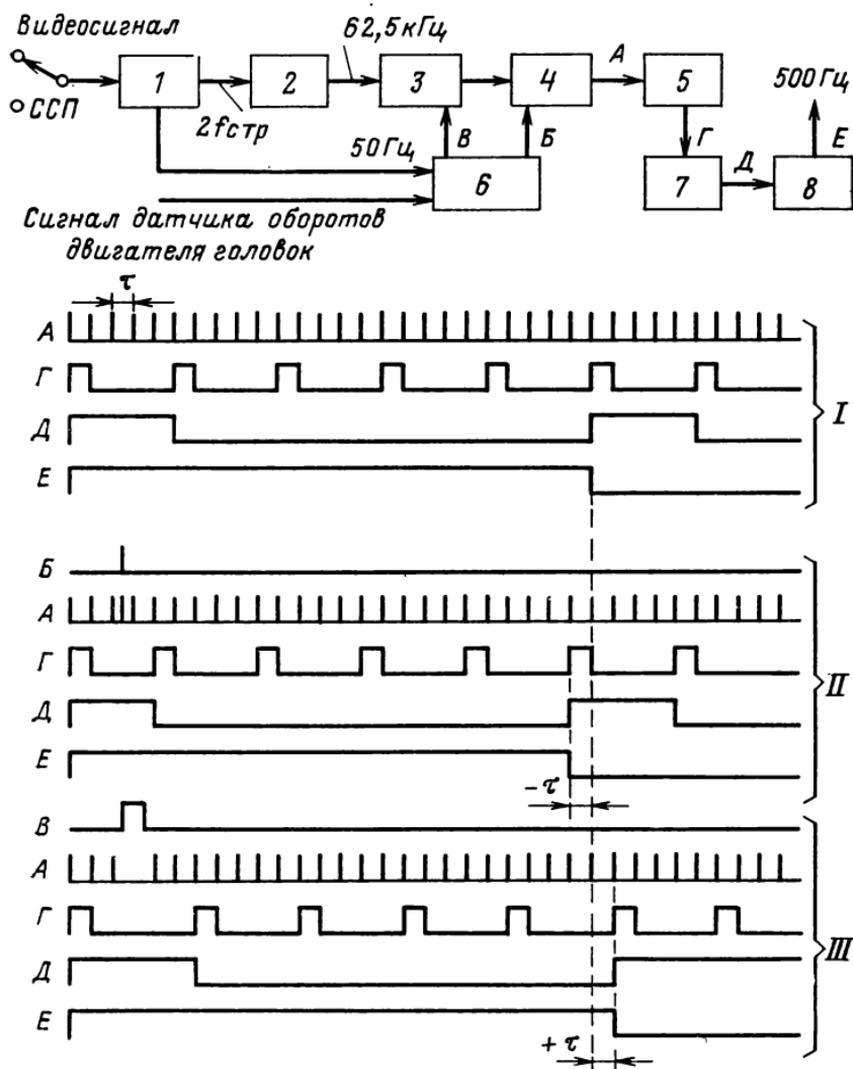


Рис. 3-4. Функциональная схема цепи установки фазы с импульсным дискретным регулятором.

I — опорный селектор; *2* — умножитель частоты на два; *3, 4* — логические схемы совпадений и сборки; *5, 7, 8* — триггерные делители частоты следования импульсов на пять; *6* — блок управления; *B, B* — форма импульсов замешивания и выбивания; *A, Г, Д, E* — форма импульсов на входе первого, второго и входе и выходе третьего делителей частоты; *I* — установившийся режим; *II* и *III* — режимы замешивания и выбивания импульсов.

частота выходного сигнала E уменьшится. Частота выходного сигнала, используемого для питания двигателя $F_{п.д}$, может быть определена из формулы

$$F_{п.д} = \frac{f_{вх} + f'_д - f''_д}{N} = \frac{4f_{стр}}{N} + \frac{1}{N} (f'_д - f''_д);$$

$$F_{п.д} = 50 \pm 0,008 (f'_д - f''_д).$$

Здесь $f_{вх} = 4f_{стр}$ — частота опорных импульсов основной последовательности; $f'_д$ и $f''_д$ — частота дополнительных импульсов замешивания и выбивания; $N = 125$ — суммарный коэффициент деления триггерных делителей частоты.

Управляя частотой дополнительных импульсов, можно изменять частоту и фазу питания двигателя и производить его начальное фазирование. Следовательно, эта схема выполняет те же функции, что и управляемый генератор в системе САР-СД.

Анализируя временные диаграммы, приведенные на рис. 3-5, можно отметить, что каждый дополнительный импульс, поданный на схему совпадений или схему сборки, изменяет фазу выходного сигнала на выходе первого, а также и на выходе последнего делителя частоты на величину периода входного сигнала T . Причем импульсы замешивания и выбивания производят это изменение в разные стороны, что соответствует увеличению или уменьшению частоты питания двигателя. В силу этого такое устройство может рассматриваться как управляемый импульсный электронный регулятор фазы с дискретностью, равной периоду входного сигнала.

Для сокращения времени фазирования двигателя необходимо максимально увеличивать частоту дополнительных импульсов. Однако это ограничивается инерционностью всей системы регулирования и, прежде всего, ее исполнительного элемента — двигателя головок. Поэтому регулирование ведется в два этапа: когда фазовая ошибка большая, частота и, следовательно, скорость установки двигателя также большая; при достижении небольшого временного рассогласования частота дополнительных импульсов уменьшается. Так, в видеомагнитостроении КАДР-3 высшая частота дополнительных импульсов равна 250 Гц, а при уменьшении фазового рассогласования до 300—400 мкс их частота снижается в 10—20 раз. Этим самым достигается приемлемое время установки двигателя, равное 3—4 с. Известны способы, при

которых частота дополнительных импульсов изменяется плавно в зависимости от фазового рассогласования [32]. В этом случае возможна плавная подстройка фазы двигателя во время воспроизведения телевизионного сигнала, что в некоторых случаях бывает желательным.

Привод синхронных двигателей осуществляется через электронные устройства, в состав которых входят усилители мощности и устройства для расщепления фаз. Совокупность этих устройств образует схему привода, который по форме выходного напряжения различается

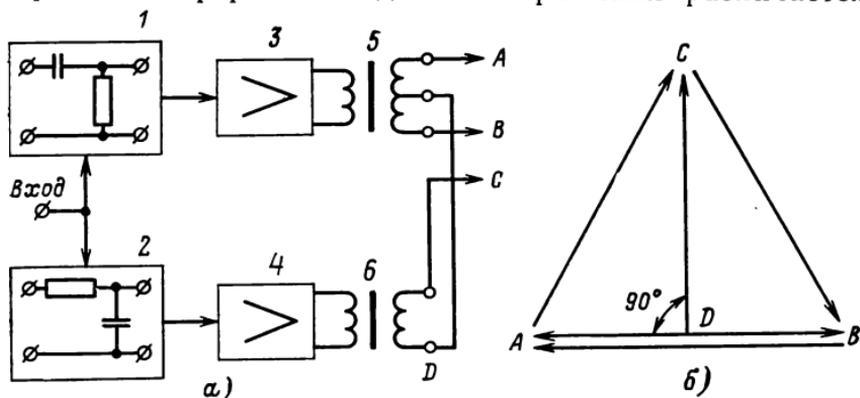


Рис. 3-5. Структурная схема (а) и векторные диаграммы (б) трехфазного синусоидального привода синхронного двигателя.

1, 2 — фазовращающие RC-цепи; 3, 4 — усилители мощности; 5, 6 — выходные трансформаторы.

двух типов: синусоидальный и импульсный. По числу усилителей мощности привод может быть одно-, двух- или трехфазный. В двухфазных и трехфазных схемах привода используются специальные фазорасщепительные устройства, которые включаются на входах усилителей. В однофазном приводе расщепление фаз производится путем подключения обмоток двигателя к усилителю мощности через фазосдвигающую RC-цепочку.

На рис. 3-5 приведены структурная схема и векторная диаграмма трехфазного синусоидального привода, который использовался для питания двигателя головок в первых четырехголовочных видеомагнитофонах. Входной синусоидальный сигнал частотой 500 Гц поступает на две фазовращающие RC-цепи 1 и 2, обеспечивающие сдвиг фаз $\pm 45^\circ$. Полученные на выходе напряжения усиливаются двумя отдельными усилителями мощности 3 и 4, выходные трансформаторы 5 и 6 которых включены

по схеме Скотта. На вторичных обмотках трансформаторов происходит формирование трехфазного сигнала, служащего для питания трехфазного двигателя. Аналогичный привод используется и для двухфазного двигателя, только выходные обмотки трансформаторов включаются по обычной схеме. Выходной каскад синусоидального привода является усилителем мощности, работающим в усилительном режиме класса Б, поэтому его к. п. д. сравнительно невелик. Для повышения коэффициента мощности двигателя параллельно его обмоткам включаются фазосдвигающие конденсаторы, образующие вместе с обмотками двигателя контур, настроенный на частоту питания.

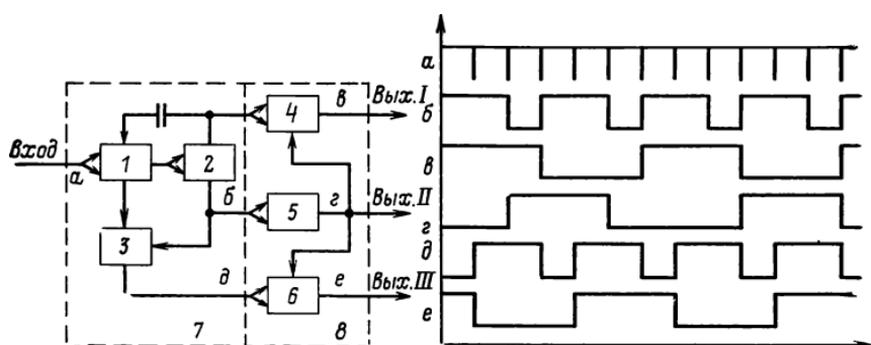


Рис. 3-6. Функциональная схема трехфазного импульсного расщепителя фаз.

1, 2, 4, 5, 6 — триггеры; 3 — схема совпадений; 7 — входной триггерный делитель частоты на три; 8 — выходной трехфазный делитель частоты на два.

Формирование трехфазного напряжения в схеме импульсного привода производится обычно триггерными делителями частоты.

Устройство расщепления фаз, схема которого приведена на рис. 3-6, функционально может быть разделено на две части: входной 7 триггерный делитель частоты на три и выходной 8 трехфазный триггерный делитель на два. Входной делитель частоты состоит из двух последовательно включенных триггеров 1 и 2, работающих со счетным входом, и имеет общий коэффициент деления, равный четырем. Для уменьшения коэффициента деления на единицу используется цепь обратной связи с выхода второго на вход первого триггера. Тогда на одном из выходов второго триггера формируется последовательность импульсов длительностью, равной перио-

ду входных сигналов, и частотой следования, в 3 раза меньшей, чем сигнал на входе делителя. Эта последовательность импульсов поступает на выходной делитель 4, который формирует симметричный сигнал частотой в 6 раз меньше входного сигнала. Вторая последовательность выходных импульсов, сдвинутых на 120° относительно первой, формируется вторым выходным делителем 5 из выходных инвертированных сигналов делителя на три. Третья последовательность выходных импульсов, сдвинутая по фазе на 240° относительно первой выходной последовательности импульсов, формируется третьим выходным делителем 6. Вход этого делителя подключается к выходу схемы совпадений, на вход которой поступают импульсы с соответствующих выходов первого и второго триггера входного делителя на три. Для того чтобы все три фазы выходного напряжения были всегда однозначно сдвинуты между собой на 120° , триггеры двух выходных делителей частоты на два синхронизируются триггером третьего выходного делителя. Сигналы со всех трех выходных делителей на два подаются на усилители мощности, которые играют роль коммутатора тока и могут включаться непосредственно на обмотки двигателя головок. Транзисторы работают с большим насыщением, поэтому выходное сопротивление привода оказывается равным внутреннему сопротивлению источника питания, которое может быть весьма малым.

Импульсный привод имеет более высокий к. п. д. и меньшее выходное сопротивление, чем синусоидальный. Схема привода позволяет отказаться от выходных трансформаторов и не включать фазовращающие конденсаторы параллельно обмоткам двигателя. Благодаря этому улучшается фазовая характеристика привода: дополнительное фазовое запаздывание в цепи регулирования становится минимальным, что положительно сказывается на работе системы регулирования и особенно цепей демпфирования и строчного слежения (см. § 3-4). Степень коррекции фазы в цепи строчного слежения может быть меньшей, а устойчивость системы и ее быстродействие повышаются. То же следует сказать и о цепи демпфирования, регулирующее воздействие которой будет более эффективным. Кроме того, импульсное расщепление фаз оказывается более точным.

Импульсный привод и его выходные каскады являются мощным источником помех. Это повышает требования

к защите входных цепей усилительных каскадов видеоманитофона и требует экранирования самих источников помех: выходных трансформаторов привода двигателя, соединительных цепей, а иногда и самих двигателей.

Устройство расщепления фаз в импульсном двухфазном приводе строится по тому же принципу, что и в импульсном трехфазном приводе. Частота входного сигнала здесь должна быть в 4 раза больше, чем частота питания двигателя, однако схема расщепления значительно проще. Иногда используются смешанные схемы привода, когда расщепление фаз производится импульсным способом, а усиление мощности ведется на синусоидальном сигнале. В этом случае для преобразования импульсного напряжения в синусоидальное применяется фильтр нижних частот.

3-4. Цепи демпфирования и строчного слежения

Как регулируемый объект САР-СД двигатель головок в четырехголовочных видеоманитофонах должен иметь достаточно большую мощность при сравнительно малых габаритах, малое время вхождения в синхронизм и высокую стабильность мгновенной частоты вращения. Поэтому для подобных целей в основном используются специальные прецизионные гистерезисные двигатели. Однако, несмотря на принятые меры (в отношении точности исполнения двигателя), необходимая стабильность вращения получается только путем использования дополнительных цепей регулирования в системе, причем качество регулирования во многом определяется динамическими свойствами двигателя. Временные характеристики синхронного гистерезисного двигателя с достаточной точностью описываются дифференциальным уравнением второго порядка и выражаются передаточной функцией колебательного звена, которая может быть записана так:

$$\omega(p) = \frac{1}{1 + \frac{p}{Q\Omega} + \left(\frac{p}{\Omega}\right)^2}. \quad (3-11)$$

Здесь Ω — частота собственных колебаний двигателя;
 Q — добротность двигателя как колебательного звена;
 p — аргумент операторного преобразования функции времени.

На рис. 3-7 приведены экспериментальные частотная и фазовая характеристики синхронного гистерезисного двигателя типа ВСГ-1, которые позволяют определить собственную частоту колебаний системы и ее добротность. Добротность определяется как отношение модулей коэффициента передачи на частоте резонанса двигателя к коэффициенту передачи при нулевой частоте. Собственная частота колебаний двигателя или частота его резонанса равна примерно $\Omega=8,5$ Гц, а его доброт-

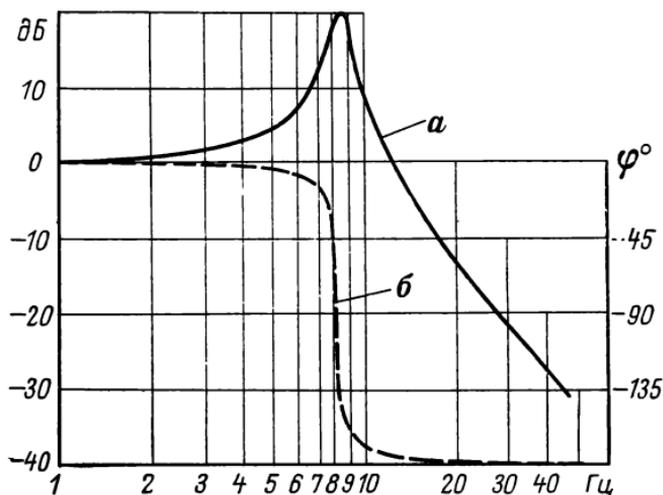


Рис. 3-7. Характеристики синхронного гистерезисного двигателя головок: частотная (а), фазовая (б).

ность $Q=10$. Характеристики системы демпфирования в основном определяются передаточной функцией синхронного гистерезисного двигателя, поэтому ее следует рассматривать как систему регулирования второго порядка [33].

Система регулирования второго порядка сама по себе имеет большую задержку фазы, т. е. обладает большой инерционностью и поэтому легко теряет устойчивость. Избежать запаздывания в такой системе не представляется возможным, так как запаздывание фазы самого двигателя весьма значительно и на частоте резонанса уже составляет 90° . Запаздывание увеличивается с повышением частоты, благодаря чему фазовая характеристика на частотах выше резонансной продолжает падать, а частотная характеристика имеет наклон 40 дБ на де-

каду. В такой системе для получения устойчивого регулирования необходима значительная коррекция ее частотных и фазовых характеристик.

На рис. 3-8 показана структурная схема цепи демпфирования в САР-СД с использованием частотного дискриминатора 6, выходной сигнал которого поступает

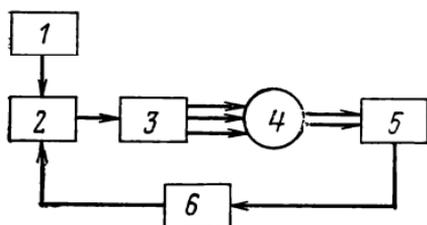


Рис. 3-8. Структурная схема цепи демпфирования с частотным дискриминатором.

1 — управляемый генератор; 2 — фазовый модулятор; 3 — привод синхронного двигателя 4; 5 — датчик оборотов; 6 — частотный дискриминатор.

на фазовый модулятор 2, включенный в цепь питания двигателя 4. Передаточная функция частотного дискриминатора близка к идеальному дифференцированию, благодаря чему управляющее напряжение на его выходе пропорционально производной по времени от изменения фазы вращения двигателя. Это обеспечивает на всех частотах опережающий сдвиг фаз, равный 90° , и подь-

ем частотной характеристики со скоростью 20 дБ на декаду. Таким образом, благодаря использованию частотного дискриминатора в цепи демпфирования не требуется дополнительных корректирующих элементов и обеспечиваются оптимальные условия регулирования на частотах, лежащих в области резонанса. На частотах выше и ниже резонанса, хотя условия демпфирования и являются неоптимальными, устойчивость системы остается удовлетворительной. Так как частота качаний скоростного двигателя лежит в области резонанса, где система регулирования имеет оптимальные характеристики, ее демпфирующее действие может быть весьма эффективным.

Цепь демпфирования может быть построена так, что в качестве измерительного элемента используется не частотный, а фазовый дискриминатор [25]. Так, в видеоманитофоне КАДР-3 (рис. 3-9) фазовый дискриминатор 8 работает от управляющих сигналов 12500 Гц, один из которых (опорный) поступает с выхода первого делителя (1) опорной частоты ($4f_{стр}$) на пять, а второй (контрольный) — с высокочастотного тахогенератора 9, установленного на валу двигателя 6 головок. В цепи демпфирования между выходом фазового дискриминато-

ра 8 и управляющим входом модулятора 3 включаются специальные корректирующие элементы или корректирующий усилитель 7, которые должны обеспечить оптимальные временные соотношения в замкнутой системе регулирования. Корректирующие элементы в цепи демпфирования должны обеспечивать прежде всего устойчивость системы и хорошее демпфирование в области резонансных частот. Оптимальная коррекция характеристик системы позволяет производить демпфирование в более широкой полосе, благодаря чему улучшаются точность и быстродействие системы.

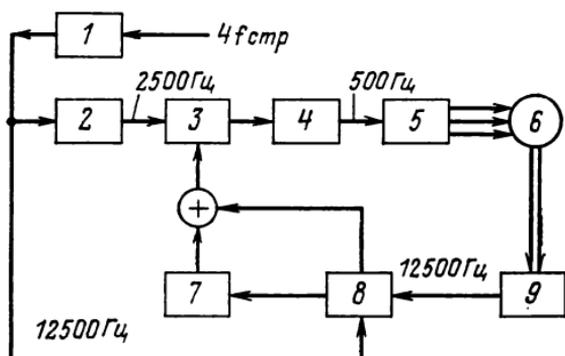


Рис. 3-9. Структурная схема цепи демпфирования с фазовым дискриминатором.

1, 2, 4 — делители частоты на 5; 3 — фазовый модулятор; 5 — привод синхронного двигателя 6; 7 — корректирующий усилитель; 8 — фазовый дискриминатор; 9 — высокочастотный тахогенератор.

Одновременно с управляющим сигналом корректирующего усилителя на вход фазового модулятора поступает нескорректированный сигнал с фазового дискриминатора. Этот сигнал передает постоянную составляющую сигнала ошибки и позволяет произвести точное фазирование двигателя головок по высокочастотному опорному сигналу и сигналу тахогенератора 12 500 Гц. При этом фазирование двигателя по высокочастотному сигналу 12 500 Гц согласуется с работой цепи начальной установки фазы двигателя (см. § 3-3), что обеспечивает точное, в пределах $\pm 0,1 \div 0,2$ мкс, совмещение фазы вращения двигателя с временным положением опорного кадрового импульса. Корректирующий усилитель, включенный в цепь формирования управляющего напряжения ошибки, обычно имеет передаточные характеристики, близкие к обратным временным характеристикам двигателя. Это может быть достигнуто путем соответствующего включе-

ния сложных RC -фильтров. Ход временных характеристик должен быть такой, чтобы с увеличением частоты сигнала ошибки коэффициент усиления и фазовое опережение возрастали, причем сдвиг фазы на частоте резонанса был близким к $+90^\circ$. Производная сигнала ошибки в цепи демпфирования может быть получена также путем дифференцирования с последующим усилением выходного сигнала фазового дискриминатора. Полученный сигнал складывается с прямым сигналом фазового дискриминатора и поступает на модулятор. Цепь демпфирования стабилизирует мгновенную частоту вращения двигателя головок и работает как при записи, так и воспроизведении телевизионного сигнала, поэтому, чем меньше изменения мгновенной скорости двигателя, тем больше стабильность воспроизводимого телевизионного сигнала. Обычно в видеомагнитофонах временная ошибка цепью демпфирования снижается более чем на порядок — до $0,2$ — $0,3$ мкс. Однако в некоторых режимах этого оказывается недостаточно и для дальнейшего повышения временной стабильности выходного сигнала во время воспроизведения включается цепь строчного слежения, которая путем воздействия на мгновенную частоту вращения двигателя стремится сделать ее такой, какой она была при записи. Цель строчного слежения позволяет точнее сфазировать воспроизводимое телевизионное изображение с опорным синхросигналом.

В цепи строчного слежения требования к оптимизации характеристик системы более жесткие, чем в цепи демпфирования. Строчное слежение должно обеспечить управление фазой двигателя головок в достаточно широкой полосе — от 0 до 20 — 30 Гц [34]. Степень необходимой коррекции определяется не только характеристиками двигателя, но и запаздыванием фазы в остальных элементах системы.

В цепи строчного слежения коррекция характеристик системы регулирования обычно производится двумя параллельно включенными элементами. Один из них является интегрирующим звеном с замедлением и обеспечивает выделение постоянной составляющей и низкочастотной части спектра управляющего напряжения. Другим элементом является пассивное дифференцирующее звено. В рабочем диапазоне частот оно имеет возрастающую фазовую и частотную характеристику, благодаря чему временное запаздывание в цепи регулирования уменьшается. Это звено обеспечивает устойчивость строчного слежения и возможность управления фазой скоростного двигателя на частотах до 20 — 30 Гц. Построение схемы параллельной коррекции позволяет путем незначительной подстройки ее параметров (коэффициента передачи и постоянных времени каждого звена) в широких пределах изменять результирующие частотные и фазовые характеристики.

Для правильной работы системы в строчном режиме синхронизации немаловажное значение имеет способ выделения опорных и воспроизводимых с ленты строчных синхросигналов. Схемы выделения должны быть таковы, чтобы полученные импульсы строк не имели паразитной фазовой модуляции, особенно в области 25—50 Гц. Паразитная фазовая модуляция обычно связана с влиянием на синхросигнал компонент кадровой группы и наличием фоновой компоненты при формировании строчных импульсов. Паразитная фазовая модуляция с частотой 25 Гц в самом опорном синхросигнале также нежелательна. Наличие помехи в управляющем сигнале дискриминатора строк приводит к паразитной временной модуляции выходного видеосигнала и вызывает геометрические искажения воспроизводимого телевизионного изображения.

Сигнал ошибки в цепи строчного слежения выделяется фазовым дискриминатором, который работает от импульсов опорных строк, выделенных из опорных синхросигналов, и строчных импульсов, выделенных из воспроизводимого с ленты телевизионного сигнала (см. гл. 5). С выхода фазового дискриминатора этот сигнал через корректирующие звенья поступает на вход фазового модулятора 3 (рис. 3-9), изменяет фазу питания двигателя головок и уменьшает низкочастотные временные ошибки в воспроизводимом телевизионном сигнале. Лучшие результаты могут быть достигнуты, если сигнал ошибки фазового дискриминатора строк поступает на дополнительный фазовый модулятор, включенный в цепь управляющего, например опорного, сигнала фазового дискриминатора 8 цепи демпфирования [35]. Обычно временная нестабильность воспроизводимого телевизионного сигнала в режиме строчного слежения снижается в несколько раз.

3-5. Принцип работы системы автоматического регулирования средней скорости ленты

При воспроизведении сигналаграммы, полученной способами поперечно-строчной или наклонно-строчной записи, скорость движения ленты и частота вращения диска головок должны быть строго согласованы. Только в этом случае вращающиеся головки будут точно следовать по ранее сделанным строчкам записи и воспроизводить записанную на них информацию. Эта задача решается системой автоматического регулирования средней скорости магнитной ленты (САР-СЛ), которая работает во время воспроизведения. Опорным управляющим сигналом служит сигнал датчика оборотов двигателя головок, который записывается на продольной магнитной дорожке ленты во время записи телевизионной программы. Воспроизводимый с ленты сигнал служит контрольным управляющим сигналом: его частота и фаза несут полную информацию о скорости движения ленты и вращающихся головок и их взаимном положении во время записи этой программы. САР-СЛ регулируют среднюю скорость движения ленты во время воспроизведения пу-

тем подстройки частоты (фазы) контрольного сигнала по опорному сигналу датчика оборотов двигателя. Это позволяет сделать взаимное перемещение ленты и головок таким, как при записи этой видеофонограммы.

Так как в САР-СЛ осуществляется принцип ФАПЧ воспроизводимого контрольного сигнала, здесь реализуется астатический закон регулирования по частоте и статический — по фазе воспроизводимого контрольного сигнала. Поэтому точность регулирования определяется остаточной статической ошибкой, наличие которой является основной причиной, вызывающей смещение строчек записи по отношению к вращающимся головкам во время воспроизведения. Если головки следуют не точно по строчкам записи, уровень воспроизводимого сигнала уменьшается. Влияние статической ошибки на смещение строчек записи всегда нежелательно, и поэтому во всех случаях необходимо уменьшить статическую ошибку настолько, чтобы ее влияние было незаметным. Из выражения (3-7) ясно, что для уменьшения статической ошибки в системе ФАПЧ необходимо повышать крутизну регулирования и уменьшать временную нестабильность элементов системы. Так как исполнительный элемент системы — ведущий двигатель лентопротяжного механизма — обладает сравнительно большой инерционностью, то нельзя рассчитывать на значительное повышение крутизны регулирования в системе. Остается возможность улучшения стабильности элементов системы и прежде всего собственной частоты управляемого генератора. Именно таким путем решалась эта задача в первых видеомагнитофонах. Но это было не всегда эффективно. Поэтому во время воспроизведения длительной программы с изменением величины статической ошибки оказывалось необходимым производить ручную подстройку частоты управляемого генератора и тем самым восстанавливать условия оптимального воспроизведения записанных сигналов.

Допустимыми временными отклонениями фазы воспроизводимого контрольного сигнала относительно опорного обычно считают такие, когда величина уменьшения отдачи головок, вызванная смещением строчек записи, не превышает 2 дБ. Абсолютная временная ошибка в этом случае может быть определена из выражения

$$\Delta t = 0,2 \frac{d}{v_d} \frac{1}{\sin \theta}, \quad (3-12)$$

где d — ширина строчки записи; v_d — скорость движения ленты; θ — угол наклона поперечной строчки записи по отношению к направлению движения ленты.

Для четырехголовочных видеоманитофонов, работающих на широкой ленте — 50,8 мм, $d=0,26$ мм, $v_d=39,7$ см/с, а угол θ близок к 90° . Поэтому допустимая величина абсолютной временной ошибки будет равна ± 130 мкс, что соответствует относительному смещению головок строчек записи на 0,052 мм. В одно- и двухголовочных видеоманитофонах угол θ мал и поэтому допустимая величина абсолютной временной ошибки будет на порядок больше, чем для видеоманитофонов с четырьмя вращающимися головками.

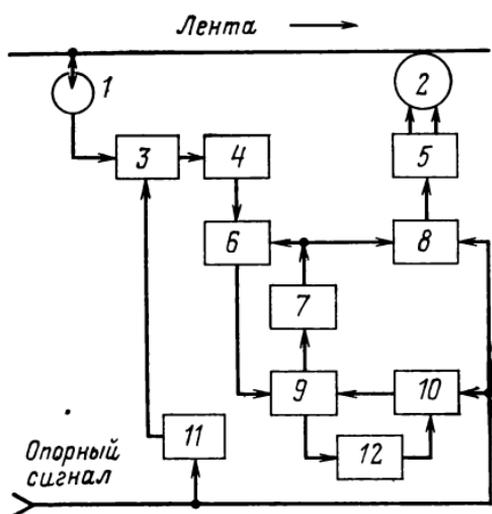
Изменяющаяся во времени статическая ошибка является не единственной причиной смещения вращающихся головок относительно строчек записи во время воспроизведения. Такое же действие оказывает колебание скорости движения ленты, которое проявляется как нестабильность мгновенной частоты или фазы воспроизводимого контрольного сигнала и является динамической ошибкой скорости ленты в лентопротяжном механизме. Частотный спектр такой временной ошибки занимает широкую полосу — от долей до сотен герц. Так как САР-СЛ может устранять только медленные изменения частоты воспроизводимого сигнала, то естественно, что все быстрые ее изменения остаются и проявляются как динамические временные ошибки. Кроме того, на величину абсолютной временной ошибки влияет и возможная нестабильность переходных характеристик цепей формирования управляющих сигналов. Таким образом, абсолютная временная ошибка в системе может быть определена как алгебраическая сумма мгновенных значений статической ошибки $t_{ст}$, динамической ошибки t_d и ошибки в цепях формирования t_f :

$$\Delta t_{\Sigma} = t_{ст} + t_d + t_f. \quad (3-13)$$

Динамические ошибки приводят к паразитной амплитудной модуляции воспроизводимого сигнала, в то время как уход фазы управляющих сигналов, вызванный статической ошибкой и ошибками формирования, приводит к изменению его среднего уровня. То и другое ухудшает отношение сигнал/шум в воспроизводимом сигнале и увеличивает паразитную фазовую модуляцию, что в свою очередь приводит к ухудшению отношения сиг-

нал/шум в видеоканале. Наиболее заметно это проявляется в четырехголовочных видеомагнитофонах. В лентопротяжных механизмах видеомагнитофона динамические ошибки, вызванные колебаниями мгновенной скорости движения ленты, обычно занимают большую часть всей допустимой величины абсолютной ошибки Δt_{Σ} . Поэтому сумму двух других составляющих ошибки необходимо свести к минимуму. Ошибки в цепях формирования рациональными схемными решениями могут быть доведены до весьма малой величины, и ими можно пренебречь.

Для уменьшения статической ошибки регулирования приходится усложнять структуру САР-СЛ и вводить дополнительные цепи регулирования. Такая цепь регулирования, компенсирующая влияние изменений статической ошибки, введена в САР-СЛ видеомагнитофона КАДР-3, структурная схема которой приведена на рис. 3-10 [36, 37]. Система построена в основном по схеме, ставшей уже традиционной. Ведущий синхронный двигатель 2 питается через привод 5, в состав которого входят два блока усилителей мощности для питания обмоток двигателя и импульсное устройство, служащее для расщепления фаз входного сигнала. На вход привода 5 как во время записи, так и во время воспроизведения через переключатель 8 поступают сигналы частотой 250 Гц. Во время записи на вход привода подается непосредственно опорный сигнал 250 Гц с датчика оборотов двигателя головок, который одновременно через усилитель записи 11 и переключатель 3 поступает на универсальную головку 1



канал управления. Таким образом, система в режиме записи фактически не работает, а ведущий синхронный

Рис. 3-10. Структурная схема САР-СЛ видеомагнитофона КАДР-3.

1 — универсальная магнитная головка; 2 — синхронный ведущий двигатель; 3, 6, 8 — переключатели режима работы; 4 — усилитель воспроизведения; 5 — привод; 7 — управляемый генератор; 9 — фазовый дискриминатор; 10 — фазовый модулятор; 11 — усилитель записи; 12 — интегрирующее звено.

двигатель 2 питается частотой опорного сигнала. Во время воспроизведения на вход привода 5 через переключатель 8 поступает выходной сигнал управляемого генератора 7, одновременно с этим переключатель 3 коммутирует универсальную магнитную головку 1 на вход усилителя воспроизведения 4. Сигнал, сформированный усилителем воспроизведения, проходит переключатель 6 и поступает на фазовый дискриминатор 9, выходной сигнал которого управляет частотой и фазой генератора 7. На другой вход фазового дискриминатора опорный сигнал датчика оборотов приходит через фазовый модулятор 10, который является управляемой задержкой в цепи опорного сигнала. Наличие этого элемента в цепи управляющего опорного (или контрольного) сигнала фазового дискриминатора и является отличительной особенностью схемы САР-СЛ. В установившемся режим при правильной настройке системы статическая ошибка путем выбора начальных условий практически может быть сведена к нулю и временное положение воспроизводимого контрольного сигнала по отношению к опорному сигналу будет определяться суммой временных задержек дискриминатора и модулятора. В схеме используется фазовый дискриминатор на основе триггера с двумя устойчивыми состояниями, а его рабочая точка в номинальном режиме соответствует сдвигу фаз между управляющими сигналами, равному 180° . Такую же задержку в номинальном режиме создает и фазовый модулятор, благодаря чему разность фаз между опорным сигналом датчика оборотов и сигналом, воспроизводимым с ленты и поступающим на вход фазового дискриминатора, будет равна 360 или 0° . В процессе воспроизведения, когда в системе регулирования нарушаются начальные условия, установленные при настройке, и появляется статическая ошибка, частота управляемого генератора подстраивается в ту или другую сторону, изменяется скорость движения ленты и фазовое соотношение между опорным и контрольным сигналами. Однако вследствие действия компенсационной цепи регулирования, состоящей из интегрирующего звена 12 с большой постоянной времени, включенного между выходом фазового дискриминатора 9 и управляющим входом фазового модулятора 10, происходит изменение фазы выходного сигнала модулятора, т. е. изменение временной задержки в цепи опорного сигнала. Эти изменения равны по

величине статической ошибке и противоположны по знаку. Поэтому, хотя статическая ошибка и остается, вызванный ею временной сдвиг в цепи управляющих сигналов компенсируется и разность фаз между опорным сигналом датчика оборотов и сигналом, воспроизводимым с ленты, остается постоянной — такой же, какой была установлена при настройке системы, т. е. равной 0° . Это условие выполняется, если коэффициент передачи K_K в компенсационной цепи от фазового дискриминатора до фазового модулятора точно равен единице. Остаточный временной сдвиг в системе, величина которого фактически и будет определять взаимный уход вращающихся головок со строчек записи, может быть определен из выражения

$$\tau_{\text{ост}} = \tau_{\text{ст}} (1 - K_K) = \frac{\delta}{K} (1 - K_K). \quad (3-14)$$

На практике трудно выполнить условие, чтобы K_K было точно равно 1, однако даже, если коэффициент передачи выдерживается с точностью $\pm 0,5\%$ ($K_K = 1 \pm 0,05$), величина остаточной ошибки $\tau_{\text{ост}}$ оказывается в 20 раз меньше, чем имеющаяся статическая ошибка $\Delta\tau_{\text{ст}}$ в системе регулирования. Такая цепь компенсации статической ошибки фактически целиком заменила ручную подстройку системы регулирования в процессе воспроизведения, которая раньше была необходима в видеоманитофонах. Настройка системы производится в режиме, когда двигатель головок работает и формируется опорный сигнал датчика, а лента еще не приведена в движение. На вход фазового дискриминатора 9 с переключателя 6 вместо контрольного сигнала с ленты поступает сигнал с управляемого генератора 7 и цепь регулирования (без ленты и двигателя) оказывается замкнутой. Это позволяет провести настройку системы и выставить необходимые фазовые соотношения, которые обеспечивают совпадение опорного сигнала датчика и контрольного сигнала с ленты во время воспроизведения.

Канал управления предназначен для усиления, записи, воспроизведения и формирования управляющих сигналов системы автоматического регулирования средней скорости ленты. Основными элементами канала являются усилители записи, воспроизведения, работающие с универсальной магнитной головкой. В современных видеоманитофонах в канале управления записываются два сигнала: опорный сигнал датчика оборотов двигате-

ля головок и опорный импульсный сигнал с частотой кадров 25 Гц для сигналов черно-белого телевидения или 12,5 Гц для сигналов цветного телевидения. Опорные импульсы 12,5 или 25 Гц называются монтажными. Если видеофонограмма в дальнейшем не используется для механического монтажа и режима внешней синхронизации, то эти импульсы могут не записываться.

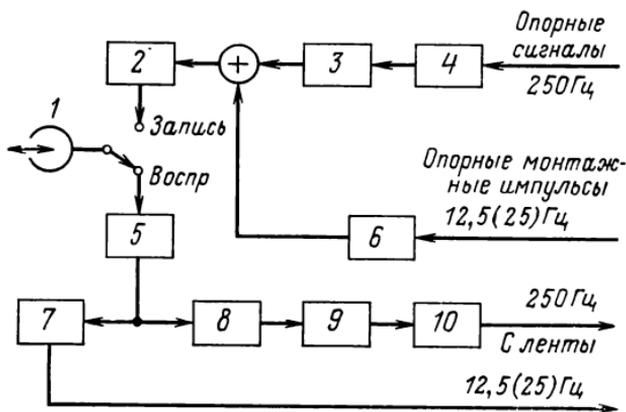


Рис. 3-11. Структурная схема канала управления.

1 — универсальная магнитная головка; 2, 5 — усилители записи и воспроизведения; 3, 9 — фазовращатели; 4, 8 — устройства формирования синусоидального сигнала; 6, 7 — формирователи кадровых импульсов; 10 — дискретный фазовращатель.

Структурная схема канала управления приведена на рис. 3-11. Так как на магнитной ленте одновременно записываются два сигнала, то напряжение сигнала, поступающего на вход усилителя записи, имеет сложную форму. Форма тока в головке записи показана на рис. 3-12,а. Отрицательный кадровый импульс располагается на максимуме положительной полуволны синусоидального напряжения частотой 250 Гц. Точная установка этого импульса производится изменением фазы синусоидального напряжения, поступающего на один из входов сумматора. С этой целью на входе сумматора включен фазовращатель, регулировка которого производится при настройке аппарата. Так как напряжение опорного сигнала, поступающего с датчика оборотов двигателя головок, имеет форму импульсов с частотой следования 250 Гц, то для преобразования его в синусоидальный сигнал на входе канала управления включается специальный формирователь. На второй вход сумматора по-

ступают монтажные кадровые импульсы длительностью примерно 60 мкс.

Запись управляющих сигналов осуществляется без подмагничивания. При этом ток записи должен обеспечивать намагничивание ленты до насыщения. Оптимальный режим записи устанавливается по форме напряжения воспроизводимого сигнала, осциллограмма которого приведена на рис. 3-12,б. Ток записи должен быть та-

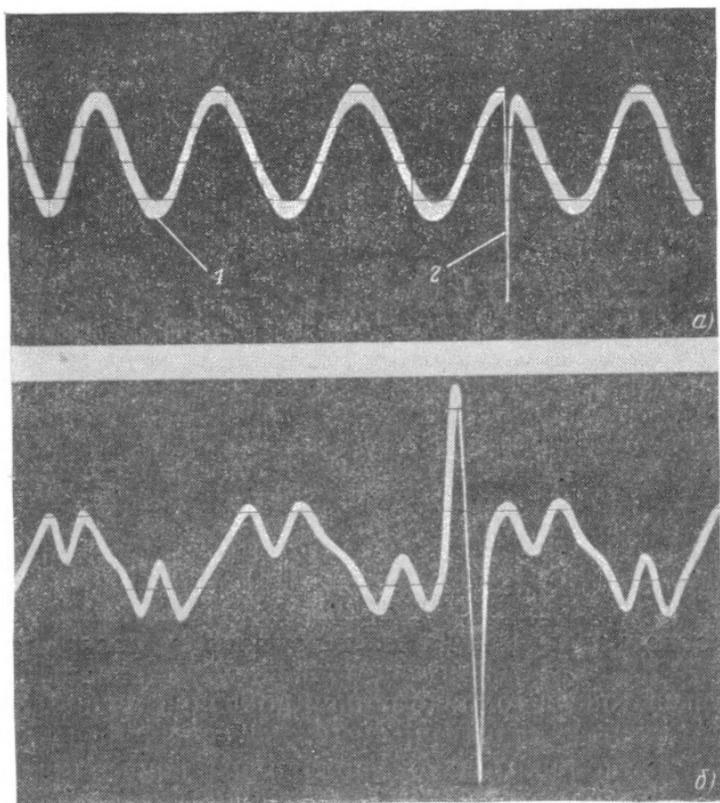


Рис. 3-12. Осциллограммы формы тока записи (а) и воспроизводимого сигнала (б) в канале управления.

1 — управляющий сигнал; 2 — монтажный импульс.

ким, чтобы форма кривой воспроизводимого сигнала имела область перегиба при переходе через нуль. Появление перегиба свидетельствует о достижении границы насыщения носителя. Размах тока записи кадрового импульса в головке должен быть не менее чем в 1,5 раза больше размаха тока управляющего сигнала. В целях

обеспечения обмена записанными программами амплитуда и фазовые соотношения записываемого сигнала нормируются международными рекомендациями.

Так как на выходе канала управления должны быть сформированы два сигнала частотой 250 и 12,5 Гц, то после усилителя воспроизведения используются две отдельные цепи формирования. Одна цепь формирует кадровые (монтажные) импульсы длительностью примерно 100 мкс, а другая — управляющие сигналы частотой 250 Гц синусоидальной формы. Для выделения кадрового импульса из сложного воспроизводимого сигнала используются схемы формирования по уровню. Надежность работы таких схем в основном определяется соотношением амплитуд основного сигнала и сигнала помехи. Следовательно, амплитуда кадровых импульсов должна быть во много раз больше, чем амплитуда управляющих сигналов. Для выполнения этих условий необходимо, чтобы канал записи-воспроизведения был достаточно широкополосным. Так как сигнал 12,5 Гц записывается на ленте в виде импульсов с крутыми фронтами, то амплитуда воспроизводимого импульсного сигнала будет в 10—20 раз больше, чем амплитуда управляющего сигнала 250 Гц. Это обеспечивает легкий режим для схем формирования по уровню и не требует их точной регулировки, даже если общий уровень воспроизводимого сигнала будет изменяться в широких пределах. В цепи формирования сигнала 250 Гц последовательно включены два фазовращателя: один из них позволяет плавно, а другой дискретно регулировать фазу воспроизводимого контрольного сигнала для получения оптимальных условий воспроизведения. Плавный фазовращатель имеет пределы регулирования $\pm 45^\circ$, а дискретный регулятор изменяет фазу ступенями: 90; 180; 270°. Дискретные изменения фазы воспроизводимого сигнала необходимы при воспроизведении записей, сделанных на других видеомагнитофонах, особенно когда они выполнялись с нарушением принятых норм. При воспроизведении таких нестандартных записей для получения оптимальной величины отдачи всеми четырьмя головками иногда оказывается необходимым нарушить принятый порядок воспроизведения. Достигается это дискретным изменением фазы на 90°, создающим временной сдвиг в цепи контрольного управляющего сигнала на 1000 мкс, что в свою очередь приводит к кратковремен-

ному изменению скорости движения ленты и вызывает ее перемещение.

Таким путем можно запись, сделанную какой-либо головкой, поочередно воспроизвести каждой из четырех головок и тем самым определить наилучшие условия для воспроизведения. Кроме того, дискретное переключение фазы в канале управления оказывается удобным при регулировке углового положения головок видеозаписи на диске.

Описанная схема канала управления предусматривает включение плавного и дискретного фазовращателей в цепь воспроизводимого контрольного сигнала после его преобразования в сигнал синусоидальной формы. Однако вполне возможно включение указанных фазовращателей в цепь опорного сигнала датчика оборотов. В этом случае умножают частоту следования сигнала датчика оборотов известными способами, например с помощью ФАПЧ автогенератора, а затем делят высокочастотный сигнал триггерным двух-(или более)разрядным счетчиком до частоты 250 Гц. Путем соответствующего включения логических схем на выходе первого и второго триггеров получают последовательность импульсных сигналов со ступенчатым сдвигом фаз на 90° . Этот способ позволяет получить высокую точность и стабильность фазового сдвига и является весьма перспективным. Плавный фазовращатель в принципе, если нормировать временные сдвиги в канале управления, может быть исключен из схемы, а его функции при воспроизведении нестандартных записей могут быть переданы основной цепи регулирования по сигналу 250 Гц системы САР-СЛ. В этом случае точное совмещение строчек записи с вращающимися головками производится путем изменения задержки, создаваемой фазовым модулятором в цепи опорного сигнала (см. рис. 3-10). В современных видеомагнитофонах помимо ручной регулировки положения головок имеется и автоматическая.

Автоматическая установка головок в видеомагнитофоне позволяет повысить точность совмещения строчек записи с вращающимися головками, обеспечить максимально возможную отдачу головок и освободить оператора от традиционной ручной установки. Особое значение автоматическая установка приобретает при воспроизведении видеофонограмм, полученных способом электронного или механического монтажа, когда фрагменты

программы записывались на различных видеомангитофонах. В этом случае из-за возможного разброса средних скоростей движения ленты (в допустимых пределах $\pm 10^{-3}$) на аппаратах, где производилась запись, во время воспроизведения этой программы возникают статические ошибки, которые могут привести к заметным смещениям строчек записи и, следовательно, к уменьшению сигнала, воспроизводимого головкой. Если фрагменты смонтированной программы к тому же короткие, то ручная регулировка оказывается просто невозможной.

Принцип работы устройства автоматической установки головок использует свойство изменения амплитуды воспроизводимого ЧМ-сигнала, вызванного взаимным смещением вращающихся головок и строчек записи. В зависимости от величины и направления этого смещения вырабатывается управляющее напряжение, которое должно изменять фазу сигнала управляемого генератора САР-СЛ с целью более точной установки положения головок.

Можно показать, что амплитудная модуляция воспроизводимого ЧМ-сигнала функционально связана с законом изменения мгновенной скорости движения ленты и с положением вращающихся головок по отношению к строчкам записи. Если предположить, что мгновенная скорость ленты изменяется по синусоидальному закону, а смещение строчек записи, как это показано на рис. 3-13,а, довольно большое, то воспроизводимый ЧМ-сигнал будет иметь амплитудную модуляцию с тем же знаком, что и колебания мгновенной скорости ленты. При уменьшении величины смещения, когда оно становится меньше, чем его переменная составляющая, вызванная колебаниями мгновенной скорости ленты, форма огибающей воспроизводимого ЧМ-сигнала изменяется (рис. 3-13,б). Сигнал огибающей будет иметь теперь не только первую гармонику, содержание которой уменьшается, но и составляющие высших гармоник. Можно выделить огибающую первой гармоники сигнала амплитудной модуляции, и ее размах и фаза будут нести информацию о величине и направлении смещения. Когда смещение будет равно нулю, т. е. головки установлены правильно (рис. 3-13,в), сигнал огибающей будет иметь максимальное содержание второй гармоники и не будет иметь составляющих первой гармоники. Это явление и использовано для получения сигнала ошибки в цепи

автоматического регулирования головок. Выделенный таким образом сигнал преобразуется фазовым компаратором в постоянное напряжение сигнала ошибки, пропорциональное смещению головок. Этот сигнал поступает на вход управляемого генератора САР-СЛ, где суммируется с выходным сигналом фазового дискримина-

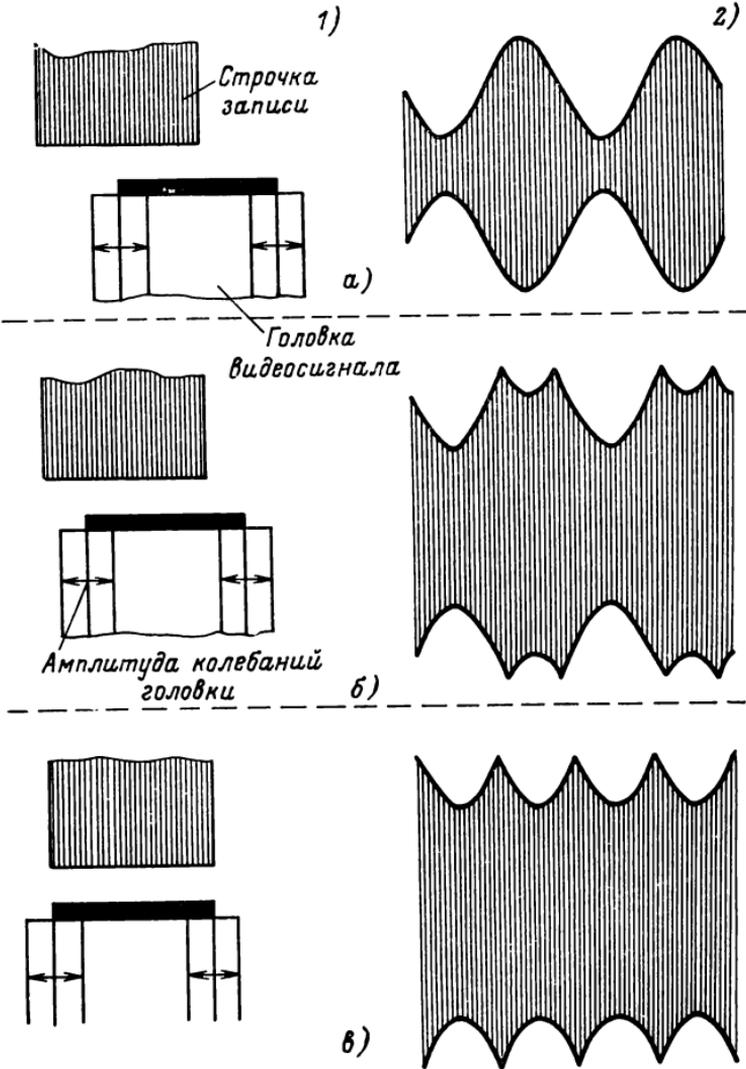


Рис. 3-13. Взаимное положение строчек записи головок видеосигнала (1) и форма огибающей воспроизводимого ЧМ-сигнала (2). Большое (а), малое (б) и нулевое (в) взаимные смещения строчек записи и головок.

тора основной цепи регулирования и смещает фазу питания ведущего двигателя. Цепь регулирования имеет статический закон, и поэтому точность установки головок оказывается функцией величины начальной ошибки и коэффициента регулирования. Минимальная начальная ошибка обеспечивается настройкой всей системы, в том числе и этой цепи регулирования, и может быть достаточно малой. Автоматическая установка головок оказывается более точной, чем та же операция, сделанная ручным способом.

Цепь регулирования положения головок имеет еще одно достоинство: она позволяет воспроизводить видеофонограммы, на которых по каким-либо причинам не записан контрольный сигнал или его качество неудовлетворительно. В этом случае отключается основная цепь регулирования САР-СЛ по сигналу 250 Гц, и управляемый генератор начинает работать только от сигналов цепи регулирования положения головок.

Для выделения сигнала ошибки и его формирования в системе лентопротяжного механизма искусственно создаются паразитные колебания мгновенной скорости ленты с известной частотой, фазой и амплитудой. Для этого на вход управляемого генератора САР-СЛ подается низкочастотный сигнал, который создает колебания мгновенной скорости ленты. Одновременно этот же сигнал поступает на второй вход упомянутого выше фазового компаратора для получения сигнала ошибки. Выбор частоты искусственно вводимых колебаний скорости ленты определяется многими факторами. Прежде всего эти паразитные колебания не должны создавать заметной детонации в лентопротяжном механизме и ухудшать звуковое сопровождение воспроизводимой программы. Смещение строчек записи должно быть небольшим, чтобы не вызывать дополнительной погрешности за счет амплитудной модуляции воспроизводимого ЧМ-сигнала, и в то же время различимым в фазовом компараторе. Частота колебаний должна быть такой, чтобы при получении сигнала ошибки были исключены погрешности, вызванные собственными колебаниями мгновенной скорости ленты, имеющимися в лентопротяжном механизме. Обычно модуляция, т. е. изменение мгновенной скорости ленты, производится с низкой частотой, примерно 10 Гц, а вызванные ею колебания скорости составляют величину 0,02—0,03%. Это при-

водит к дополнительной амплитудной модуляции ЧМ-сигнала, ничтожно малой по величине, не превышающей 1%, которая не сказывается на качестве воспроизводимого изображения.

Режим электронного монтажа видеофонограмм предъявляет дополнительные требования к работе системы автоматического регулирования скорости ленты, сущность которых состоит в следующем. При осуществлении электронного монтажа в режиме «продолжение» (подробнее — см. § 7-2) требуется после окончания воспроизведения с ленты одного фрагмента программы продолжить ее запись без остановки ленты. Тогда по окончании воспроизведения первого фрагмента видеоманитофон переходит в режим записи и контрольный сигнал с ленты не поступает в САР-СЛ. В этот момент перехода из режима воспроизведения в режим записи необходимо, чтобы скорость движения ленты не претерпевала никаких резких изменений. В то же самое время фаза сигнала управляемого генератора, от которого питается привод двигателя при воспроизведении, и фаза опорного сигнала, который поступает для питания двигателя при записи, произвольны и переключение привода двигателя с одного источника на другой приведет к резкому, хотя и кратковременному, изменению скорости ленты. Чтобы избежать этого явления, ведущий двигатель при включении этого режима питается, как и при воспроизведении, от управляемого генератора, но с отключенной целью обратной связи (контрольный сигнал с ленты на фазовый дискриминатор не поступает). Такой способ наиболее простой, но имеет недостатки. Основным из них является необходимость точной настройки системы регулирования перед включением режима «продолжение». Необходимо, чтобы в системе регулирования напряжение ошибки, поступающее на управляемый генератор, было близко к нулю. Только в этом случае пропадание контрольного сигнала с ленты и, следовательно, выключение обратной связи практически не вызовет заметных изменений частоты управляемого генератора и изменений в скорости движения ленты. Вторым недостатком является нестабильность скорости движения ленты, которая целиком определяется схемой управляемого генератора и может быть значительной. Это может быть устранено, если в момент совпадения фаз сигнала управляемого генератора и опорного сигнала произвести пе-

решение входа привода двигателя на опорный сигнал и тем самым обеспечить нормальный режим записи (см. § 3-7).

Установка ленты по кадровым монтажным импульсам производится всякий раз при включении видеоманитофона в режим воспроизведения и служит для синхронизации (фазирования) воспроизводимой программы с сигналом опорного синхрогенератора телецентра или студии. С этой целью система имеет дополнительную цепь регулирования, фазовый дискриминатор которой работает от опорных и воспроизводимых с ленты монтажных кадровых импульсов канала управления в начальный момент воспроизведения, когда основная цепь регулирования САР-СЛ отключена. Выходной сигнал фазового дискриминатора кадров воздействует на частоту управляемого генератора и изменяет скорость движения ленты до тех пор, пока воспроизводимые с ленты монтажные кадровые импульсы не совместятся с опорными кадровыми импульсами. В этот момент напряжение сигнала ошибки на выходе фазового дискриминатора кадров станет близким к нулю. Расположение монтажных кадровых импульсов и управляющих сигналов 250 Гц, записанных на дорожке канала управления, и временные соотношения в цепях формирования этих сигналов таковы, что при совмещении кадровых импульсов обеспечивается совмещение и управляющих сигналов 250 Гц. Рассогласование между ними мало, а следовательно, выходное напряжение фазового дискриминатора 250 Гц также близко к нулю. Поэтому в момент переключения режимов, когда на входе управляемого генератора выходное напряжение фазового дискриминатора кадров заменяется выходным напряжением фазового дискриминатора 250 Гц, переходный процесс в основной цепи регулирования САР-СЛ оказывается непродолжительным и не нарушает установку ленты по монтажным импульсам. После переключения, которое производится электронным ключом или контактами электромагнитного реле, дополнительная цепь регулирования по кадрам оказывается отключенной и система регулирования начинает работать в обычном режиме.

В видеоманитофоне КАДР-3 в этой цепи осуществляется релейное регулирование [38]. При пуске видеоманитофона на воспроизведение отключается основная цепь регулирования и на вход управляемого генератора

поступает постоянный по величине сигнал расстройки, который изменяет скорость движения ленты примерно на 3% номинального значения. При совпадении кадровых монтажных импульсов, воспроизводимых с ленты, с опорными импульсами срабатывает триггер, который снимает напряжение расстройки с управляемого генератора и включает основную цепь обратной связи.

Рассмотренные выше устройства и способы установки ленты по кадровым монтажным импульсам имеют ма-

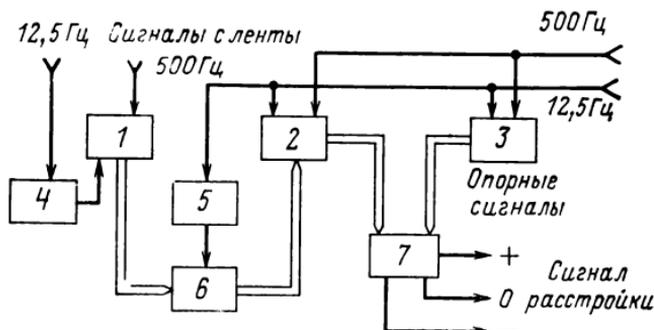


Рис. 3-14. Структурная схема цепи установки ленты по кадровым импульсам.

1, 2, 3 — счетчики импульсов; 4, 5 — схемы задержки; 6 — схема переноса; 7 — выходное вычислительное устройство.

лое быстроедействие и не позволяют снизить время установки менее чем до 3—5 с. В видеомагнитофонах третьего поколения эта цепь регулирования претерпела значительные изменения и функционально стала более сложной. Это позволило в сочетании с новым малоинерционным лентопротяжным механизмом сократить время установки более чем в 10 раз.

На рис. 3-14 показана структурная схема цепи установки ленты по кадровым (монтажным) импульсам, которая использована в видеомагнитофоне AVR-1. Она состоит из трех двоичных счетчиков, логических схем и выходного вычислительного устройства, которое вырабатывает напряжение расстройки того или иного знака и команду на включение основной цепи регулирования САР-СЛ. В качестве управляющих сигналов используются монтажные кадровые импульсы частотой 12,5 Гц, опорные и воспроизводимые с ленты, и импульсы частотой 500 Гц, полученные путем умножения на два частоты следования сигналов датчика оборотов двигателя

головок и сигналов, воспроизводимых с ленты каналом управления, 250 Гц. После включения видеомагнитофона на воспроизведение первый приходящий с ленты монтажный импульс 12,5 Гц своим передним фронтом устанавливает счетчик сдвига I на нуль, а задним фронтом записывает в него заданное число — 20, равное числу опорных импульсов 500 Гц за время половины периода следования опорных монтажных импульсов частотой 12,5 Гц. Далее счетчик I начинает заполняться импульсами 500 Гц, воспроизводимыми с ленты. Опорный монтажный импульс, приходящий после первого воспроизведенного с ленты монтажного импульса, когда счетчик I отсчитал n импульсов, устанавливает на нуль счетчики 2 и 3 . Этот же опорный импульс с небольшой задержкой своим задним фронтом переносит в счетчик 2 число $20+n$, накопленное до этого в счетчике 1 . Если время между воспроизводимым и опорным монтажными импульсами будет больше половины периода их следования, т. е. $n > 20$, то счетчик 1 , имеющий объем 40, к моменту n -го импульса пройдет через нуль и записываемое в нем число будет отвечать условию: $n > 20$. Следовательно, в зависимости от величины временного рассогласования между монтажными импульсами в счетчик 2 переносится либо число $(20+n)$, соответствующее расстройке одного знака, либо число n , соответствующее расстройке противоположного знака. Знак расстройки определяется вычислительным устройством, и на управляемый генератор поступает управляющее напряжение соответствующего знака. Теперь счетчик 2 с числа $20+n$ или n , а счетчик 3 с числа 0 начинает отсчет соответственно воспроизводимых с ленты и опорных импульсов. Информация с этих двух счетчиков поступает на выходной вычислитель, сравнивающий два поступающих в него числа, разность которых из-за изменения скорости ленты и, следовательно, частоты воспроизводимых с ленты сигналов постоянно убывает. Во время процесса установки, который длится в течение нескольких кадровых импульсов, приходящие на счетчики сигналы сброса и переноса числа не вызывают изменения состояний счетчика, а только их подтверждают. Когда на вычислителе разность сравниваемых чисел становится равной 20 или 0, в нем вырабатывается команда на выключение расстройки и включение основной цепи регулирования по 250 Гц САР-СЛ.

3-6. Система автоматического регулирования скорости ленты с двигателем постоянного тока

В некоторых современных видеомагнитофонах, где движение ленты во всех режимах, в том числе и в режимах ускоренной перемотки ленты, производится ведущим валом, в качестве ведущего двигателя используется двигатель постоянного тока, скорость вращения которого может изменяться в широких пределах изменением напряжения питания. Это позволяет легко управлять направлением и скоростью движения ленты при ее перемотке и автоматически регулировать ее скорость по закону ФАПЧ во время рабочего хода.

Структурная схема САР-СЛ с двигателем постоянного тока приведена на рис. 3-15. Питание ведущего двигателя 2 постоянного тока производится через управляемый выпрямитель 1, который вместе с фазовым 7 и

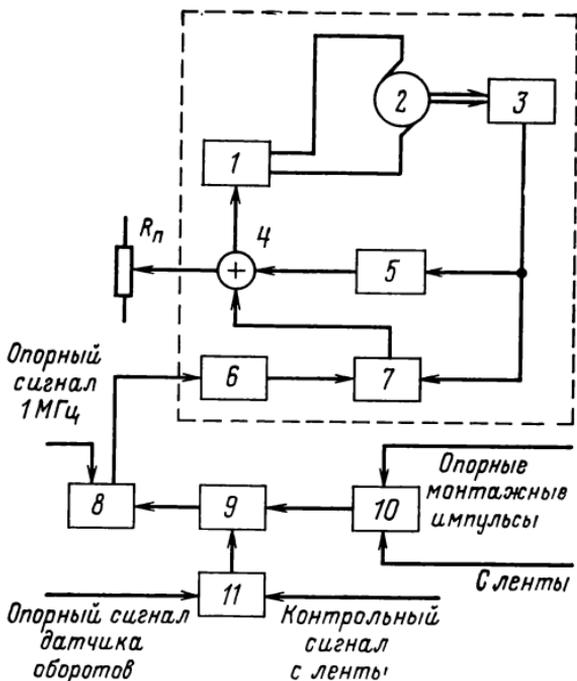


Рис. 3-15. Структурная схема САР-СЛ с двигателем постоянного тока.

1 — управляемый выпрямитель для питания ведущего двигателя 2; 3 — высокочастотный фотодатчик; 4 — сумматор; 5 — частотный и 7 — фазовый дискриминаторы синхронного привода двигателя; 6 — делитель частоты; 8 — электронный коммутатор; 9 — управляемый генератор; 11 — фазовый дискриминатор основной цепи регулирования; 10 — цепь установки по кадровым монтажным импульсам.

частотным 5 дискриминаторами составляют синхронный привод, где частота вращения ведущего вала делается кратной частоте сигнала, поступающего на его вход с электронного коммутатора 8. Этот сигнал, являясь опорным сигналом синхронного привода, поступает через делитель частоты 6 на фазовый дискриминатор 7, на другой вход которого подается контрольный сигнал с высокочастотного фотодатчика 3, установленного на ведущем валу двигателя. Таким образом, двигатель оказывается охваченным цепью автоматического регулирования по закону ФАПЧ и его частота вращения делается кратной частоте опорного сигнала. Для улучшения динамических свойств этой цепи регулирования и повышения устойчивости в синхронном приводе применен частотный дискриминатор 5, работающий также от сигналов высокочастотного фотодатчика. Управляющие напряжения с выходов обоих дискриминаторов складываются в сумматоре 4 и поступают на вход управляемого выпрямителя, работающего на обмотку двигателя постоянного тока. Благодаря малой инерционности ротора двигателя и использованию частотного дискриминатора синхронный привод двигателя имеет большую крутизну регулирования, работает с высокой точностью и хорошим быстродействием. Поэтому рассматриваемая цепь регулирования позволяет не только управлять средней частотой вращения ведущего вала, но и способствует ослаблению мгновенных колебаний частоты вращения ротора. Синхронный привод ведущего двигателя позволяет сравнительно просто получить три значения средней скорости ленты, необходимые для работы видеомагнитофона: $v_1=39,7$ см/с; $v_2=0,5v_1$ и $v_3=0,25v_1$. Для этого делитель частоты 6 имеет переменный коэффициент передачи, который изменяется в 2 или 4 раза при установке скоростей v_2 и v_3 . Это приводит к изменению частоты опорного сигнала, поступающего на фазовый дискриминатор 7, и вызывает соответствующие изменения частоты вращения ведущего вала и, следовательно, частоты контрольного сигнала. Для скорости v_1 частота опорного сигнала, поступающего с выхода делителя частоты на фазовый дискриминатор, и частота контрольного сигнала равны 3125 Гц, что соответствует 187,5 об/мин вала двигателя.

В режиме записи опорным сигналом для синхронного привода служит сигнал частотой 1 МГц, полученный путем умножения частоты строчных синхронимпульсов за-

писываемого телевизионного сигнала. Благодаря этому частота вращения ведущего вала оказывается жестко связанной с частотой опорного синхросигнала.

Во время воспроизведения опорным сигналом для синхронного привода служат сигналы управляемого генератора 9, работающего от основной цепи регулирования системы, которая имеет такую же структуру, что и при синхронном ведущем двигателе. Сигнал ошибки выделяется фазовым дискриминатором 11, работающим от опорных сигналов частотой 250 Гц с датчика оборотов двигателя головок и контрольного сигнала, воспроизводимого с ленты. Сигнал ошибки воздействует на частоту управляемого генератора, среднее значение которой также равно 1 МГц. Таким образом, в режиме воспроизведения САР-СЛ работает, как и обычно, в режиме ФАПЧ и ее опорным сигналом является сигнал датчика оборотов двигателя головок, однако регулируемым объектом здесь служит не сам ведущий двигатель, а его синхронный привод, который имеет собственные, внутренние цепи регулирования. Переход от записи к воспроизведению и наоборот осуществляется электронным переключателем; причем переключаемые источники работают на частоте 1 МГц. Это исключает все те трудности, с которыми обычно сталкиваются при осуществлении электронного монтажа в режиме продолжения (см. § 3-5).

Установка ленты по кадровым монтажным импульсам при синхронизации воспроизводимой телевизионной программы производится также изменением скорости ленты при включении соответствующего режима работы системы.

В режимах ускоренной перемотки ленты автоматическое регулирование скорости ленты и синхронный привод двигателя отключаются: на входной сумматор 4 управляемого выпрямителя 1 подается управляющее напряжение с выхода ручного регулятора $R_{п}$. Если в системе применен балансный управляемый выпрямитель, то частота и направление вращения двигателя в этом режиме являются функцией величины и знака напряжения, снимаемого с регулятора $R_{п}$. Возможно использование и обычного однополярного выпрямителя. Тогда управление скоростью перемоток производится по модулю управляющего напряжения, снимаемого с регулятора $R_{п}$, а переключение двигателя в реверсивный режим

осуществляется переключением его обмотки с помощью контактов электромагнитного реле. Команда на переключение реле формируется схемой совпадений двух сигналов: сигнала перехода через нуль управляющего напряжения с регулятора R_{Π} и сигнала текущей скорости ленты, который формируется, когда она снижается до достаточно малой величины. Поэтому включение или выключение реле практически производится всегда при нулевом или близком к нулю токе в обмотке двигателя. Это исключает реверс двигателя при недопустимой частоте вращения ведущего вала, а также облегчает работу реле и способствует повышению надежности работы лентопротяжного механизма.

3-7. Основные системы автоматического регулирования в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах

Требования к точности работы систем регулирования зависят от назначения одно- и двухголовочных видеомагнитофонов, что, конечно, отражается на структуре этих систем. Прежде всего это относится к системе автоматического регулирования скорости диска головок. Например, если видеомагнитофоны предназначаются для бытовых целей, структурная схема системы может быть достаточно простой, а точность регулирования сравнительно низкой. И наоборот, в профессиональных видеомагнитофонах к этой системе регулирования предъявляются высокие требования по точности, обусловленные режимами внешней синхронизации и электронного монтажа. В то же самое время требования к точности регулирования в системе автоматического регулирования средней скорости ленты значительно ниже, чем в четырехголовочных видеомагнитофонах. Это обстоятельство объясняется тем, что при наклонно-строчном способе значительно увеличивается протяженность строки записи, а угол ее наклона мал ($5-10^\circ$). Согласно выражению (3-12) точность регулирования САР-СЛ может быть снижена на порядок. В видеомагнитофонах бытового назначения часто САР-СЛ вообще не используется. Тогда в режиме воспроизведения опорным сигналом САР-СД служит контрольный, воспроизводимый с ленты сигнал, который был ранее записан на ленте от датчика оборотов двигателя узла головок. Система подстраивает частоту вращения двигателя головок видеозаписи, согласуя их перемещение с движением ленты,

скорость которой не регулируется. Так как временная стабильность воспроизводимого телевизионного изображения зависит от стабильности средней и мгновенной скорости ленты, то она оказывается весьма низкой. Однако качество изображения при определенных условиях может быть получено достаточно хорошим. Во время записи САР-СД работает обычным образом: от опорных кадровых импульсов и контрольных импульсов датчика оборотов.

Структура систем регулирования и их назначение в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах в общем случае одинаковы. Единственным различием является частота опорного сигнала: в одноголовочных видеомагнитофонах в качестве опорного сигнала используются

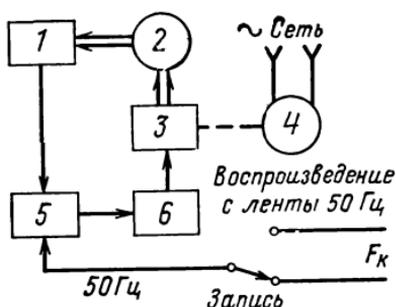


Рис. 3-16. Структурная схема САР-СД с электромагнитной муфтой.

1 — датчик оборотов диска 2; 3 — электромагнитная муфта; 4 — двигатель переменного тока; 5 — фазовый дискриминатор; 6 — усилитель постоянного тока.

импульсы полей частотой 50 Гц, а в двухголовочных — кадровые импульсы частотой 25 Гц. Во всем остальном системы регулирования идентичны. Однако в одноголовочных видеомагнитофонах, особенно в тех случаях, когда они предназначены для телевизионного вещания, системы регулирования являются более сложными. Поэтому в дальнейшем будут рассмотрены САР одноголовочных видеомагнитофонов.

В одноголовочных непрофессиональных видеомагнитофонах с целью уменьшения габаритов и снижения стоимости часто функции всех двигателей лентопротяжного механизма совмещаются в двух или даже в одном двигателе. Поэтому управление частотой вращения узла головок, а также скоростью ленты во время рабочего хода производится через электромагнитную муфту, установленную на валу вращающегося вала, связанного через ременную передачу с асинхронным или синхронным двигателем переменного тока. Для примера рассмотрим работу системы автоматического регулирования с электромагнитной муфтой одноголовочного видеомагнитофона МАЛАХИТ [39]. В лентопротяжном механизме этого видеомагнитофона лента охватывает направляющий барабан узла вращающихся головок примерно на 340° (устройство с Ω -петлей, см. гл. 2). Поэтому часть информации, примерно 2—2,5% каждого кадра, на ленте не записывается и воспроизводится с провалом, который обычно размещают на месте гасящих кадровых импульсов в начале кадра. Задача САР-СД сводится к фазированию диска

с головкой так, чтобы в момент кадрового гасящего импульса головка находилась в той части направляющего барабана, которая не охвачена лентой. Тогда при воспроизведении провал будет совпадать с моментом кадрового гасящего импульса, который затем может быть восстановлен. Структурная схема такой САР-СД показана на рис. 3-16. Объектом регулирования системы является электромагнитная муфта, установленная на валу диска головок. Муфта приводится во вращение через ременную передачу от асинхронного двигателя, питаемого от сети переменного тока. Сигнал рассогласования в виде медленно меняющегося постоянного тока, снимаемого с выхода усилителя, питает обмотку электромагнитной муфты. Тормозящий момент, вызванный прохождением постоянного тока через обмотку муфты, изменяет коэффициент проскальзывания в ременной передаче, благодаря чему частота вращения ротора муфты и, следовательно, диска головок под действием сигнала рассогласования изменяется. Эта система работает при записи, как обычно, от опорного сигнала кадровых импульсов 50 Гц, которые одновременно записываются на ленту. Во время воспроизведения в качестве опорного сигнала используется сигнал кадровых импульсов, воспроизводимых с ленты, благодаря чему скорость движения ленты и угловое положение диска с головкой оказываются всегда согласованными. В видеомагнитофоне имеется только одна система регулирования — САР-СД, и невозможен ни режим внешней синхронизации, ни режим электронного монтажа.

В некоторых случаях можно отказаться от усилителя постоянного тока, а вместо него включить усилитель мощности импульсов, нагруженный непосредственно на обмотку муфты. Тогда в качестве фазового дискриминатора используют схему триггера с двумя устойчивыми состояниями, сигнал рассогласования которого в виде прямоугольных импульсов с длительностью, пропорциональной разности фаз управляющих сигналов, поступает на вход усилителя мощности импульсов [40]. Интегрирование сигнала рассогласования и получение постоянного напряжения, пропорционального разности фаз между опорным сигналом и сигналом датчика оборотов, происходит в обмотке электромагнитной муфты и определяется ее постоянной времени.

В профессиональных видеомагнитофонах для привода ленты, катушек и узла вращающихся головок часто применяются двигатели постоянного тока, частота вращения которых регулируется через управляемый выпрямитель. Так, в видеомагнитофоне КАДР-103 барабан головок и датчик оборотов установлены на валу двигателя постоянного тока, который является регулируемым элементом САР-СД. Благодаря регулирующему действию системы, частота вращения двигателя оказывается синхронной с частотой опорных кадровых импульсов, а полученный таким образом синхронный привод узла головок имеет высокую временную стабильность и обеспечивает точное фазирование головок с опорным кадровым импульсом. Поэтому САР-СД здесь построена по тем же принципам и имеет те же цепи регу-

лирования, что и при синхронном электродвигателе. Структурная схема системы автоматического регулирования скорости диска головок видеомagneтoфона КАДР-103 приведена на рис. 3-17 [41]. Опорными сигналами системы служат кадровые импульсы частотой 50 Гц и импульсы двойной частоты строк 31 250 Гц, которые выделяются опорным селектором 3 из записываемого телевизионного сигнала или из опорных син-

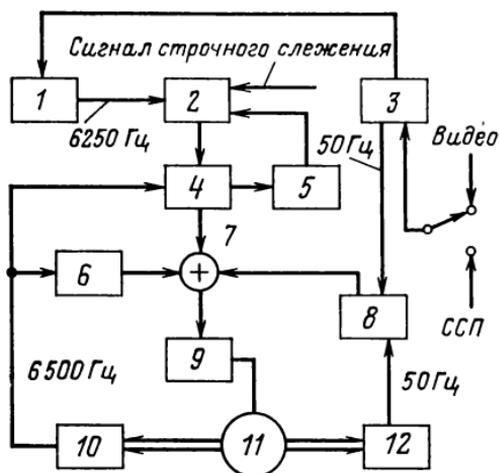


Рис. 3-17. Структурная схема системы автоматического регулирования скорости диска видеомagneтoфона КАДР-103.

1 — делитель частоты на пять; 2 — фазовый модулятор; 3 — опорный селектор; 4 — фазовый дискриминатор цепи начальной установки фазы двигателя 11 головок; 5 — интегрирующая цепь; 6 — частотный дискриминатор; 7 — сумматор; 8 — фазовый дискриминатор цепи точного фазирования; 9 — управляемый выпрямитель; 10 — высокочастотный тахогенератор; 12 — датчик оборотов.

хросигналов, когда видеомagneтoфон работает в режиме воспроизведения. Система содержит три цепи регулирования: цепь начальной установки фазы вращения двигателя, т. е. положения диска с головками видеозаписи; цепь демпфирования и цепь точного фазирования двигателя. При включении двигателя работают первые две цепи регулирования: фазовый дискриминатор 8 производит сравнение фазы опорного кадрового импульса 50 Гц с фазой сигнала датчика 12 оборотов двигателя 11 и вырабатывает сигнал расстройки, который поступает на сумматор 7 и далее через управляемый выпрямитель 9 на питание двигателя постоянного тока. На второй вход этого сумматора поступает управляющее напряжение цепи демпфирования с выхода частотного дискриминатора 6, работающего от сигналов высокочастотного тахогенератора 10 частотой 6250 Гц, установленного так же, как и датчик оборотов, на валу двигателя головок. Благодаря действию сигнала расстройки и цепи демпфирования скорость двигателя регулируется так, что импульс датчика оборотов совмещается достаточно точ-

но (± 80 мкс) с опорным сигналом. После этого выключается расстройка и включается цепь точного фазирования двигателя — выходной сигнал с фазового дискриминатора 4 поступает на третий вход сумматора 7. Цепь точного фазирования работает от опорных сигналов частотой 6250 Гц, полученных путем деления на пять импульсов двойной строчной частоты с опорного селектора 3, и сигналов высокочастотного тахогенератора 10. В цепи опорного сигнала включен фазовый модулятор 2, ко-

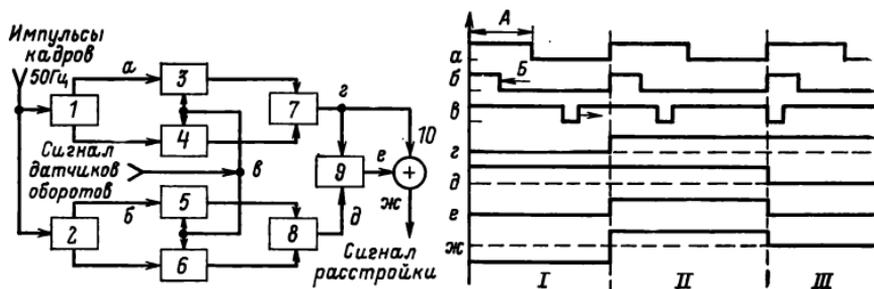


Рис. 3-18. Функциональная схема релейного фазового дискриминатора.

1, 2 — одновибраторы с длительностью импульсов А и Б; 3, 4, 5, 6, 9 — схемы совпадений; 7, 8 — триггеры; 10 — сумматор.

торый создает задержку импульсов, поступающих на фазовый дискриминатор 4. Эта задержка управляется сигналом фазовой ошибки дискриминатора 4 через интегрирующую цепь 5 с большой постоянной времени. Наличие этой цепи регулирования позволяет значительно уменьшить статическую ошибку при точном фазировании двигателя. Кроме того, на управляющий вход модулятора для обеспечения режима строчного слежения во время воспроизведения поступает управляющее напряжение с фазового дискриминатора строк [35].

Для повышения быстродействия цепи начальной установки фазы двигателя здесь используется импульсный фазовый дискриминатор 8 с релейной характеристикой, который в зависимости от фазового рассогласования между опорным кадровым импульсом и сигналом датчика оборотов двигателя формирует постоянное напряжение расстройки того или иного знака и делает его равным нулю при фазировании двигателя с заданной точностью. Функциональная схема такого дискриминатора показана на рис. 3-18.

С этой целью интервал между опорными кадровыми импульсами 50 Гц разбивается на две временные зоны А и Б, формируемые одновибраторами 1 и 2. Прямой и инвертируемый выходы каждого одновибратора поступают попарно на соответствующие входы четырех логических схем совпадений, на другие входы которых поступает сформированный сигнал датчика оборотов. Каждая пара схем совпадений — 3, 4 и 5, 6 — работает соответственно на два триггера 7 и 8 с двумя устойчивыми состояниями. В том случае, когда импульс датчика оборотов находится вне зоны А, он проходит на выходы схем совпадений 3 и 4; триггер 7 оказывается установленным в положение 1, а триггер 8 — в положение 0. Сигнал на выходе схемы совпадений 9, работающей от выходных сигналов триггеров 7 и 8, имеет потенциал 0. При суммировании выходных сигналов триггера 7 и схемы совпадений 9 на выходе сумматора 10 образуется сигнал расстройки, который уменьшает частоту вращения двигателя. При нахождении импульса датчика оборотов в зоне А триггер 7 изменяет свой потенциал на 1, благодаря чему схема совпадений 9 открывается и происходит суммирование двух сигналов с потенциалом 1. Знак расстройки изменяется на обратный и скорость двигателя возрастает. Под действием расстройки происходит смещение импульса датчика оборотов в зону Б; триггер 8 перебрасывается и изменяет свой выходной потенциал с 0 на 1. Теперь суммируются потенциалы 1 и 0 и сигнал расстройки на выходе сумматора оказывается равным нулю. В этот момент разрешающий потенциал с триггера 8 включает цепь точного фазирования и двигатель оказывается охваченным глубокой обратной связью по фазе сигнала 6250 Гц, при этом сигнал датчика оборотов будет размещен в зоне Б.

Таким образом, окончательное точное фазирование двигателя производится по высокочастотным сигналам 6250 Гц и положение диска оказывается жестко сфазировано с опорным сигналом 6250 Гц. Так как этот сигнал формируется триггерным делителем частоты, являющимся счетчиком импульсов с установкой на нуль кадровым импульсом 50 Гц, то с выхода делителя через логические схемы оказывается возможным снять любую последовательность импульсов с дискретным сдвигом, равным длительности симметричных входных импульсов, т. е. 16 мкс. Выбор нужной импульсной последователь-

ности, а также точная, в пределах 16 мкс, подстройка фазы двигателя производится изменением величины временной задержки опорного сигнала в фазовом модуляторе только при настройке аппарата в заводских условиях. Такая настройка системы позволяет отказаться от точной установки и фазирования высокочастотного тахогенератора на валу двигателя головок.

Сравнительно большая длина волны записываемого управляющего сигнала ($\lambda=4$ мм) в одноголовочных видеомагнитофонах позволяет разместить рядом, по ходу ленты, две головки записи и воспроизведения управляю-

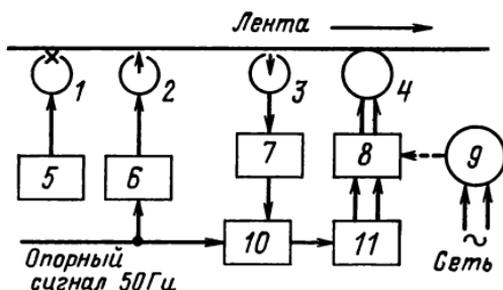


Рис. 3-19. Структурная схема САР-СЛ со сквозным каналом по управляющему сигналу.

1, 2, 3 — магнитные головки стирания, записи и воспроизведения управляющего сигнала; 4 — ведущий вал; 5 — генератор стирания; 6, 7 — усилители записи и воспроизведения; 8 — электромагнитная муфта; 9 — синхронный двигатель; 10 — фазовый дискриминатор; 11 — усилитель мощности.

щего сигнала и получить сквозной канал по сигналу управления. В этом случае система САР-СЛ может всегда работать как при воспроизведении, так и при записи от воспроизводимых с ленты сигналов. Это позволяет осуществить автоматическое регулирование скорости ленты не только при воспроизведении, но и при записи программы и, что самое главное, избежать переключений управляющего сигнала в цепи обратной связи САР-СЛ во время электронного монтажа при переходе от режима воспроизведения в режим записи. На рис. 3-19 приведена структурная схема САР-СЛ со сквозным каналом управления.

Во время воспроизведения телевизионной программы записанный ранее управляющий сигнал воспроизводится с дорожки канала управления воспроизводящей головкой 3 и после усилителя воспроизведения 7 поступает на вход обратной связи фазового дискриминатора

10 системы. На другой вход фазового дискриминатора поступает опорный сигнал — кадровые импульсы 50 Гц. Если в качестве фазового дискриминатора используется триггер с двумя устойчивыми состояниями, то на его выходе формируется последовательность импульсов, длительность которых пропорциональна текущей разности фаз между опорным и контрольным, воспроизводимым с ленты, управляющими сигналами. Эти импульсы усиливаются усилителем мощности 11 и питают обмотку электромагнитной муфты 8, установленной на ведущем валу 4 лентопротяжного механизма. Ведущий вал приводится во вращение через ременный привод от синхронного двигателя 9, питаемого сетью переменного тока. Когда ток в муфте отсутствует, частота вращения вала, а следовательно, и скорость ленты должна быть больше номинальной на 2—3%. При скважности импульсов на выходе триггера (фазового дискриминатора), равной двум, скорость ленты должна быть равна или близка к ее номинальному значению. Тогда вследствие изменения длительности импульсов триггера в муфте создается тормозной момент, который изменяет коэффициент передачи от двигателя к валу, и производится регулирование скорости движения ленты. Таким образом, при воспроизведении система работает в режиме ФАПЧ и имеет коэффициент регулирования K . Для перехода в режим записи достаточно включить генератор стирания 5 и усилитель записи 6 канала управления. Так как головки записи и воспроизведения разнесены между собой на постоянное, заданное расчетом расстояние, кратное длине волны λ контрольного сигнала, то в воспроизводимом контрольном сигнале нет ощутимого фазового сдвига при смене сигнала во время включения стирания и изменений в скорости практически не происходит. Однако в системе регулирования в этот момент меняется структура и закон регулирования. Из системы ФАПЧ воспроизводимого контрольного сигнала она преобразуется в статическую систему регулирования по скорости движения ленты и величина остаточной ошибки регулирования может быть определена из выражения

$$\Delta v_t = \frac{\Delta v}{1 + KT_s} = \frac{\Delta v}{1 + K \frac{n}{f_k}} = \frac{\Delta v}{1 + K_s}, \quad (3-15)$$

где Δv_t — отклонение текущей скорости ленты при регулировании от ее расчетной (номинальной) величины v_0 ; Δv — отклонение текущей скорости ленты от номинальной скорости без регулирования; T_z — время задержки между моментом воспроизведения и моментом записи при v_0 ; n — целое число длин волн λ опорного управляющего сигнала частотой f_k , которое укладывается на расстоянии S_0 между головками при v_0 ; K — коэффициент регулирования системы в режиме воспроизведения; $K_z = Kn/f_k$ — коэффициент регулирования системы во время записи.

Таким образом начальная ошибка скорости Δv из-за регулирующего действия системы во время записи уменьшается на величину $(1 + Kn/f_k)$. Так как значение коэффициента регулирования при воспроизведении определяется условиями работы системы в режиме ФАПЧ воспроизводимого сигнала, то увеличение коэффициента регулирования K_z и, следовательно, улучшение стабильности скорости при записи может быть получено только путем увеличения числа n . Однако здесь существуют определенные ограничения. Число n должно быть целым числом не только для записываемого основного опорного сигнала частотой 50 Гц, но и для второго опорного сигнала — монтажных импульсов частотой 12,5 Гц, который также записывается в канале управления. Таким образом число n должно быть кратно четырем. Кроме того, относительная нестабильность скорости ρ_n ленты в лентопротяжном механизме без регулирования и возможное изменение скорости ленты при записи ρ_z , вызванные процессом регулирования, должны быть связаны с числом n следующим условием:

$$\rho_n < \rho_z < \frac{1}{n}. \quad (3-16)$$

Если это условие не выполняется, то скорость ленты при записи не будет однозначно равна расчетной величине, а может принимать несколько значений, отличающихся от v_0 на величину $\pm v_0/n$. Обычно в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах нет особой необходимости в большом коэффициенте регулирования при записи, да и коэффициент регулирования при воспроизведении не может быть получен больше 5—10 Гц. В этом случае условие (3-16) выполняется при n , равном 4 или 8. Таким образом, система регулирования со сквозным каналом по управляющему сигналу имеет преимущество перед обычной САР-СЛ прежде всего в режиме электронного монтажа видеофонограмм: переключение режимов производится точно, благодаря чему переход от режима воспроизведения в режим записи не вызывает резких изменений в скорости ленты.

3-8. Режим внешней синхронизации

Системы автоматического регулирования видеомагнитофона при работе в режиме внешней синхронизации позволяют сфазировать воспроизводимый с ленты телевизионный сигнал по кадровым и строчным импульсам

с опорным синхросигналом с точностью в пределах десятых долей микросекунд. Необходимым условием осуществления этого режима является синхронная запись, т. е. соблюдение синхронности частоты вращения головок видеозаписи и частоты синхросигналов записываемого телевизионного изображения. Запись программы, сделанная с нарушением этого условия, не может быть воспроизведена синхронно с частотой опорного сигнала. Режим синхронной записи является основным режимом работы видеомагнитофона. В видеомагнитофонах обычно предусматривается также несинхронный режим записи. Так, например, в видеомагнитофоне КАДР-3 имеется такой режим работы систем регулирования, когда опорные импульсы $2f_{стр}$ поступают в систему от автономного кварцевого генератора. В этом случае в САР-СД отключается цепь начальной установки фазы двигателя головок, а в САР-СЛ не работает цепь установки ленты по монтажным импульсам. Этот режим используется, как правило, только для настроечных и ремонтных работ.

Системы автоматического регулирования видеомагнитофона в режиме внешней синхронизации имеют переменную структуру, в которой на начальной стадии работы функционируют одни цепи регулирования, а затем при достижении определенной степени синхронизации включаются дополнительные цепи регулирования, повышающие ранее полученную точность. В этом наиболее сложном режиме основные системы регулирования видеомагнитофона САР-СЛ и САР-СД тесно связаны между собой, имеют общие цепи регулирования и образуют единую систему управления скоростью ленты и частотой вращения головок видеозаписи. Структурная схема такой обобщенной системы управления видеомагнитофона КАДР-3 в режиме внешней синхронизации показана на рис. 3-20. Опорным высокочастотным сигналом САР-СД является сигнал ИДСП с частотой двойных строк $2f_{стр}$. Этот сигнал после преобразования, выполненного в соответствии с формулой (3-8), снижается до частоты 500 Гц и поступает на привод ПД-1 двигателя головок СД. В цепи питания двигателя последовательно включены: умножитель частоты на два У2, логические схемы И и ИЛИ и три делителя частоты на пять Д5, между которыми включены два фазовых модулятора ФМ-1 и ФМ-2. На выходы схем И и ИЛИ с блока управления фазой БУФ поступают дополнительные им-

пульсы, которые, сдвигая фазу питания двигателя СД, производят ее начальную установку (см. § 3-3). В основную цепь демпфирования входят фазовый модулятор ФМ-1, включенный в цепь питания двигателя СД, и фазовый дискриминатор ФД-1, работающий от опорных сигналов с первого делителя частоты на пять и контрольных сигналов частотой 12,5 кГц от высокочастотного тахогенератора ВТГ. Для повышения точности

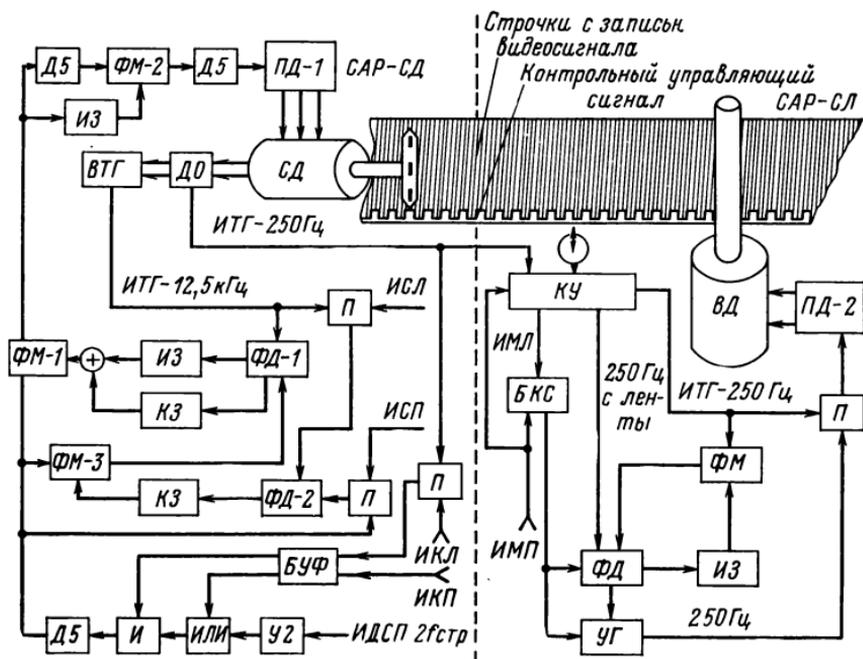


Рис. 3-20. Структурная схема основных САР видеоманитфона КАДР-3.

регулирования включается вторая цепь демпфирования: сигнал ошибки с фазового дискриминатора ФД-2 поступает на фазовый модулятор ФМ-3, включенный в цепь опорного сигнала основной цепи демпфирования. Эта дополнительная цепь регулирования включается автоматически после начального фазирования двигателя головок. Кроме того, для уменьшения статической ошибки выходной сигнал ФМ-1 через интегрирующее звено ИЗ поступает на вход фазового модулятора ФМ-2 [42].

Таким образом в САР-СД работают три цепи регулирования по высокочастотному сигналу 12,5 кГц, что обеспечивает высокий коэффициент регулирования по

статике (более 1000) и фактически исключает остаточную статическую ошибку по постоянному току. Устойчивость системы регулирования обеспечивается включением корректирующих звеньев в цепях формирования сигнала ошибки. Все это позволяет иметь высокую точность регулирования и получить остаточную ошибку не хуже, чем $\pm 0,1 \div 0,2$ мкс.

В режиме синхронной записи опорный сигнал ИДСП и кадровые импульсы *ИКП* выделяются из записываемого видеосигнала или из синфазных с ним других опорных синхросигналов, например ССП. САР-СД производит начальную установку фазы вращения двигателя и поддерживает ее с высокой точностью. Сигнал датчика оборотов ИТГ-250 поступает на канал управления КУ САР-СД и записывается на дорожке контрольного сигнала.

Во время воспроизведения программы в режиме внешней синхронизации САР-СД работает от опорных сигналов, выделенных из ССП, и осуществляет регулирование частоты и фазы вращения двигателя головок так же, как в режиме записи. САР-СД в первый момент работает в режиме кадровой синхронизации и производит установку ленты по опорным монтажным *ИМП* и воспроизводимым с ленты *ИМЛ* импульсам. Затем включается основная цепь регулирования по управляющим сигналам 250 Гц (см. § 3-5). С началом воспроизведения записанного видеосигнала, после того как вакуумная направляющая приходит в контакт с лентой, меняется режим работы цепи установки фазы: на ее вход вместо сигнала датчика оборотов 250 Гц поступает сигнал кадровых импульсов *ИКЛ*, выделенный из воспроизводимого видеосигнала. Если воспроизводимая запись является стандартной, выполненной в соответствии с принятыми рекомендациями [16], и в видеомagneтoфoне соблюдаются условия взаимозаменяемости (см. § 9-3), то импульсы датчика оборотов практически совпадают с кадровыми импульсами, выделенными из воспроизводимого видеосигнала. Поэтому изменение фазы вращения двигателя головок не происходит: воспроизводимый видеосигнал оказывается сфазированным по кадровым и строчным импульсам с опорным синхросигналом, от которого работает САР-СД. После этого включается цепь строчного слежения, для чего производится замена управляющих сигналов во второй цепи

демпфирования. Вместо управляющих сигналов частотой 12,5 кГц на ФД-2 поступают строчные импульсы: опорные ИСП, выделенные из ССП, и контрольные ИСЛ, выделенные из воспроизводимого с ленты видеосигнала. В этом режиме строчной синхронизации точность фазирования воспроизводимой программы повышается. Если воспроизводится нестандартная запись, сделанная к тому же на другом видеомагнитофоне, то вызванная этим, например, неправильная установка ленты по монтажным импульсам или неправильная установка датчиков оборотов на валу двигателя головок приводят к нарушению синхронности воспроизводимой программы. Тогда начинает функционировать цепь начальной установки фазы вращения двигателя головок, которая, как уже было сказано, в этом режиме работает от кадровых импульсов, выделенных из воспроизводимого видеосигнала. Дополнительные импульсы взаимодействуют с опорным сигналом и вызывают изменение частоты (фазы) питания двигателя головок и, следовательно, частоты (фазы) сигнала датчика оборотов. Так как этот сигнал является опорным сигналом САР-СЛ, то происходит изменение и средней скорости движения ленты. Эти изменения скорости малы, поэтому САР-СЛ удерживает вращающиеся головки на строчках записи и условия воспроизведения ЧМ-сигнала не нарушаются. Видеомагнитофон воспроизводит записанную программу, но ее временной масштаб несколько изменяется. Фазовое рассогласование между воспроизводимыми и опорными кадровыми импульсами уменьшается, и при достижении величины ± 10 мкс включается цепь строчного слежения. Фазирование воспроизводимого видеосигнала в этом режиме кадровой синхронизации происходит с небольшой скоростью, а время синхронизации зависит от величины начального рассогласования и может быть достаточно большим, в пределах нескольких десятков секунд. При этом частота воспроизводимых строчных импульсов очень мала, в пределах десятых долей процента, отличается от их номинальной величины и нарушений строчной синхронизации в телевизионных приемниках, как правило, не происходит. Однако такой режим работы видеомагнитофона является нежелательным и может рассматриваться как аварийный. Поэтому в телевизионном вещании требуется строгое выполнение требований, обеспечиваю-

щих режим стандартной записи и соблюдение условий взаимозаменяемости, при которых синхронизация воспроизводимого телевизионного изображения происходит только по монтажным импульсам в системе автоматического регулирования скорости ленты.

Точность и стабильность работы систем регулирования видеомагнитофона во многом определяются условиями формирования опорных и контрольных, воспроизводимых с ленты управляющих сигналов. Наличие в опорном сигнале ИДСП частотой $2f_{стр}$ значительной фазовой модуляции, особенно с частотой кадровых врезок, может служить причиной повышенной нестабильности мгновенной частоты вращения двигателя головок и неудовлетворительной работы системы строчного слежения. Если опорные сигналы выделяются из записываемого видеосигнала, то возможные выпадения сигнала или значительные изменения его уровня, даже кратковременные, приводят к нарушению режима синхронной записи. Поэтому наиболее предпочтительным режимом работы видеомагнитофона является такой режим синхронизации, при котором опорные импульсы ИДСП для САР-СД выделяются из стабильных по частоте и уровню сигналов ССП. В том случае, когда видеомагнитофон работает на запись или воспроизведение цветных телевизионных программ, сигналы синхронизации должны содержать элементы, определяющие порядок чередования цветов. В качестве таких сигналов можно использовать специальные синхросигналы, а также полный видеосигнал ГЦП (генератор цветных полос) или полный цветной сигнал черного поля (СЧП) системы СЕКАМ. В этом случае в качестве монтажных импульсов для САР-СЛ используются не кадровые импульсы частотой 25 Гц, а импульсы с частотой следования в 2 раза меньше, т. е. 12,5 Гц, повторяющиеся через каждые четыре поля.

3-9. Система регулирования вакуумной направляющей

В видеомагнитофоне с четырьмя вращающимися головками существует специфический вид временных искажений, которые не устраняются системой строчного слежения. Эти искажения вызваны неправильным взаимным положением диска головок и вакуумной направляющей во время записи и воспроизведения (см. гл. 5). Они могут быть устранены только точной регулировкой положения вакуумной направляющей. Установка вакуумной направляющей в горизонтальном положении производится специальным электро-

механическим приводом, управление которым может быть ручным или автоматическим.

На рис. 3-21 приведена структурная схема системы автоматического регулирования положения вакуумной направляющей САР-ПН. Стандартный прижим ленты для записи устанавливается во время воспроизведения специальной испытательной ленты. Запись на этой ленте осуществляется при стандартной величине вдавливания головок в ленту. Геометрические искажения в воспроизводимом изображении, вызванные разницей величины вдавливания

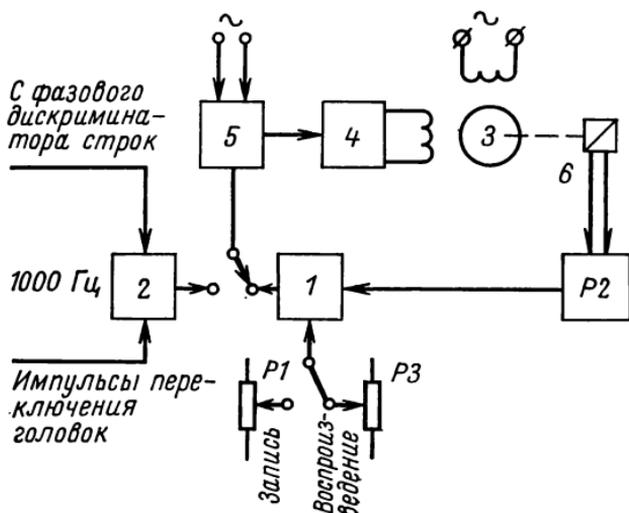


Рис. 3-21. Структурная схема системы регулирования вакуумной направляющей.

1 — измерительный элемент; 2 — датчик положения направляющей; 3 — реверсивный двигатель; 4 — усилитель мощности; 5 — преобразователь; 6 — редуктор; P1, P2, P3 — потенциометрические регуляторы напряжения.

во время записи и воспроизведения, устраняются путем изменения постоянного напряжения, которое поступает с регулятора P1 на вход измерительного элемента. Изменение этого напряжения вызывает разбаланс измерительного элемента, и на его выходе образуется сигнал ошибки в виде управляющего напряжения постоянного тока. Сигнал ошибки поступает на преобразователь, питаемый сетью переменного тока частотой 50 Гц. Амплитудное значение выходного сигнала преобразователя является функцией абсолютного значения управляющего напряжения, а фаза выходного сигнала определяется полярностью этого напряжения. Поэтому при изменении знака управляющего напряжения фаза переменного напряжения, поступающего на усилитель мощности, меняется на 180°.

Усилитель мощности питает фазовую обмотку реверсивного двигателя переменного тока. Вторая обмотка двигателя подключена непосредственно к сети переменного тока 50 Гц. Изменение фазы переменного напряжения, питающего фазовую обмотку двигателя, реверсирует его, а уменьшение амплитуды фазового напряжения до величины, близкой к нулевому значению, вызывает остановку двигателя. Двигатель связан с вакуумной направляющей через кулачковый механизм и редуктор с большим передаточным

отношением ($i=40-50$). Выходной вал редуктора жестко связан с осью потенциометра, благодаря чему при перемещении направляющей выходное напряжение, снимаемое с регулятора $P2$, изменяется. Напряжение постоянного тока с этого регулятора поступает на измерительный элемент (балансный мост) и устраняет разбаланс мостовой схемы. Поэтому управляющее напряжение уменьшается, и когда оно становится близким к нулю, двигатель останавливается, фиксируя новое положение направляющей. Если в этом положении искажения воспроизводимого изображения устранены, то ручная регулировка прекращается, если — нет, то выбирается новое положение ручного регулятора, обеспечивающее правильную установку направляющей. После установки стандартного прижима по измерительной ленте положение регулятора $P1$ фиксируется. Ручная установка камеры во время воспроизведения производится другим регулятором $P3$ так же, как это было описано выше.

В режиме автоматической регулировки на вход преобразователя вместо измерительного элемента подключается датчик положения направляющей. На один вход датчика поступает сигнал ошибки с фазового дискриминатора строк системы обработки видеосигнала, а на другой — импульсы частоты переключения головок 1000 Гц с блока электронного переключателя. Выходное напряжение фазового дискриминатора строк содержит составляющие с частотой 1000 Гц, вызванные неправильным положением вакуумной направляющей. Этот сигнал имеет вид пилообразных импульсов, наклон и амплитуда которых зависят от положения направляющей. Помимо пилообразных сигналов с частотой 1000 Гц, управляющее напряжение дискриминатора строк имеет и низкочастотные составляющие вызванные изменением мгновенной угловой скорости двигателя головок. Однако эти составляющие вследствие дифференцирующего действия входных цепей датчика положения направляющей не проходят на выход блока. Датчик выполняет роль ключевого фазового компаратора, и на его выходе образуется управляющее напряжение постоянного тока. Величина и полярность этого напряжения являются функцией положения вакуумной направляющей. С перемещением направляющей уменьшается амплитуда пилообразного сигнала ошибки и падает напряжение управляющего сигнала на выходе датчика. Когда управляющее напряжение приближается к нулевому значению, двигатель останавливается, фиксируя тем самым новое положение направляющей, при котором в воспроизводимом сигнале фазовая модуляция, вызванная неправильной установкой направляющей, оказывается весьма небольшой величиной — не более 0,05 мкс.

Система автоматического регулирования положения вакуумной направляющей является параметрической электромеханической следящей системой. Режимы работы системы различаются только измерительным элементом: в одном случае — это измерительный балансный мост, а в другом — датчик ошибки направляющей. Как при ручном, так и при автоматическом управлении система имеет один и тот же закон регулирования, при котором нет явно выраженной статической ошибки. Поэтому эту систему практически можно считать астатической системой регулирования первого порядка.

Точность работы системы определяется точностью работы исполнительного элемента, который состоит из реверсивного двигателя с редуктором и кулачковым механизмом. Последний служит для преобразования вращательного движения оси редуктора двигателя в поступательное движение направляющей. Наличие механических

люфтов в передаточных элементах и сухого трения в подшипниках двигателя делает характеристику исполнительного элемента нелинейной. Она имеет зону нечувствительности, когда управляющее напряжение близко к нулю и частота вращения двигателя и его мощность оказываются малы. Величина этой зоны может быть малой и зависит в основном от передаточного числа редуктора и коэффициента усиления в цепи обратной связи. Увеличение редукции уменьшает зону нечувствительности, но снижает быстродействие системы. Однако условия работы системы регулирования направляющей допускают сравнительно низкое быстродействие. Необходимая точность регулирования обеспечивается при среднем времени обработки ошибки в пределах 1—2 с.

Дальнейшая коррекция остаточных временных искажений, еще имеющих в воспроизводимом телевизионном сигнале, осуществляется при обработке и формировании выходного сигнала видеомангофона чисто электронными способами (см. гл. 5).

3-10. Система автоматического регулирования привода катушек

Необходимым условием правильной эксплуатации ленты является стабилизация ее натяжения в тракте лентопротяжного механизма. Наиболее простой способ поддержания постоянным натяжения ленты — применение для вращения катушек асинхронных двигателей переменного тока с мягкой характеристикой. Однако решение этой задачи только рациональной конструкцией боковых двигателей, особенно когда в лентопротяжном механизме используются катушки с большим объемом ленты, часто оказывается невыполнимым. В то же самое время, особенно в видеомангофонах с одной вращающейся головкой, где изменение натяжения ленты приводит к значительным изменениям временного масштаба воспроизводимого телевизионного сигнала, требования к стабильности натяжения ленты очень высокие. Поэтому многие видеомангофоны оборудуются специальными системами автоматического регулирования, которые путем воздействия на привод катушек стабилизируют натяжение ленты или управляют им в тракте лентопротяжного механизма.

В видеомангофоне КАДР-3 применяется система автоматического регулирования привода катушек САР-ПК, которая путем изменения питающего напряжения на боковых двигателях изменяет их рабочий момент и тем самым регулирует натяжение ленты. Структурная схема такой системы регулирования приведена на рис. 3-22. Изменение питающего напряжения привода катушек производится в зависимости от радиуса рулона

ленты на катушке. Датчиком радиуса рулона ленты являются натяжные рычаги лентопротяжного механизма, размещенные со стороны приемного и подающего узлов. Ось натяжного рычага жестко связана с ротором сельсина, выходное напряжение которого пропорционально углу поворота ротора. Питание сельсина производится переменным током частотой 50 Гц, поэтому для получения управляющего напряжения постоянного тока выходная обмотка сельсина нагружена на выпрямитель.

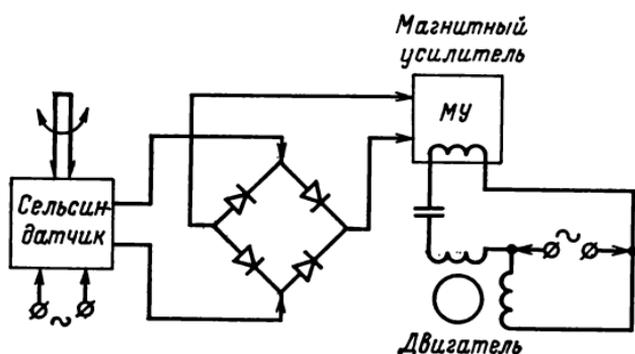


Рис. 3-22. Структурная схема системы регулирования натяжения ленты.

Натяжной рычаг закреплен свободно и играет роль поводка: он легко ведется лентой, угол его поворота и, следовательно, управляющее напряжение на выходе выпрямителя пропорциональны радиусу рулона ленты. Это напряжение подается на управляющий вход магнитного усилителя, включенного по схеме дросселя с насыщением в цепь питания бокового двигателя. В режиме рабочего хода система натяжения ленты управляет работой обоих боковых двигателей, в режиме ускоренной перемотки управляется только двигатель подающей катушки. В такой системе регулирования натяжение ленты измеряется косвенно и нет цепи обратной связи. Поэтому точность работы системы не может быть высокой и во многом зависит от ее настройки.

В одноголовочных видеоманитофонах наряду с такой простейшей системой используются более сложные, когда для управления приводом катушек вводится система регулирования с обратной связью, работающая от опорных и воспроизводимых с ленты строчных импульсов. Эта система регулирования функционирует во время воспроизведения и управляет натяжением ленты, что

позволяет уменьшить временные погрешности в воспроизводимом сигнале.

Кардинальное решение этой проблемы было получено применением в тракте лентопротяжного механизма в приёмном и подающем узлах вакуумных буферных устройств [43]. Магнитная лента располагается в буферном устройстве в форме петли, натяжение которой создается из-за разности давлений воздуха над петлей ленты и под ней. Вдоль буферного устройства по ходу ленты располагается фотодатчик, состоящий из нескольких, параллельно включенных фотодиодов и одного общего или нескольких отдельных источников света.

При работе лентопротяжного механизма петля ленты перекрывает свет от источника к соответствующим фотодиодам, что изменяет их суммарный ток, который оказывается пропорциональным количеству засвеченных фотодиодов. Выходной сигнал фотодатчика является управляющим сигналом системы, структурная схема которой приведена на рис. 3-23. Сигнал с фотодатчика поступает на формирователь, где усиливается и преобразуется так, что, когда петля ленты находится в середине буферного устройства и закрывает половину всех фотодиодов, на обоих выходах формирователя управляющее напряжение равно нулю. Если длина петли ленты в колодце уменьшается и она сдвигается от середины колодца, число работающих датчиков увеличивается и управляющее напряжение на одном из выходов, например *A*, формирователя возрастает. При этом напряжение на другом выходе *B* не изменяется и остается равным нулю. Когда длина петли ленты увеличивается и она, сдвигаясь от середины буферного устройства,

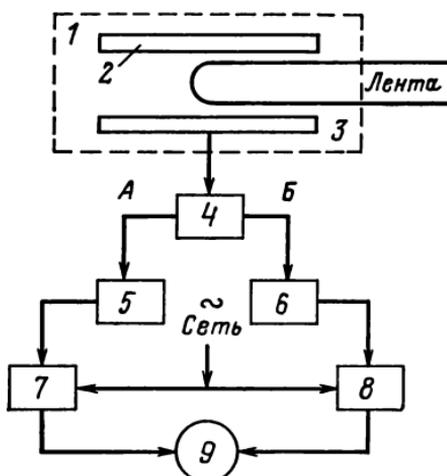


Рис. 3-23. Структурная схема САР-ПК с буферными устройствами.

1 — буферное устройство; 2 — источник света; 3 — фотодиоды; 4 — формирователь; 5, 6 — преобразователи; 7, 8 — тиристорные усилители; 9 — боковой двигатель постоянного тока.

уменьшает число работающих датчиков, на выходе *Б* формирователя появляется управляющее напряжение, а на выходе *А* оно становится равным нулю. Таким образом, управляющее напряжение с формирователя поступает на последующие элементы схемы по двум отдельным каналам. Каждый канал состоит из преобразователя и тиристорного усилителя, работающего на соответствующую обмотку реверсивного двигателя с последовательным возбуждением, на валу которого закрепляется катушка с магнитной лентой: один канал

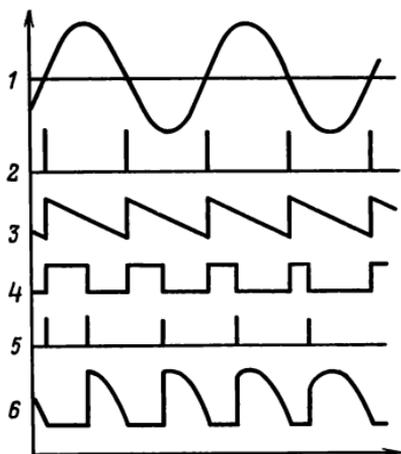


Рис. 3-24. Временные диаграммы формирования напряжения питания бокового двигателя.

1 — входной сетевой сигнал; 2 — сетевые пусковые импульсы частотой 100 Гц; 3, 4 — пилообразный и выходной сигналы широтно-импульсного модулятора; 5 — пусковые импульсы на входе тиристорного усилителя; 6 — напряжение питания бокового двигателя.

обеспечивает вращение двигателя в прямом, а другой — в обратном направлении. Так как управляющий сигнал одновременно в оба канала никогда не поступает, то ток в двигателе протекает по одной из двух его статорных обмоток, вызывая вращение катушки в ту или другую сторону. Включенный в каждом канале формирователь управляющего напряжения представляет собой широтно-импульсный модулятор, входными сигналами которого являются пусковые импульсы с частотой следования, равной удвоенной частоте питающей сети, и связанные с фазой сети определенным временным соотношением. Временные диаграммы формирования напряжения питания двигателя приведены на рис. 3-24. Задний фронт широтно-модулированного импульса используется для зажигания тиристорных усилителей для питания статорных обмоток бокового двигателя. При изменении угла поджига тиристорных усилителей, который зависит от положения петли ленты в буферном устройстве, изменяется среднее выпрямленное напряжение и, следовательно, ток, рабочий момент и скорость бокового двигателя. Двигатель вращает

катушку с лентой в таком направлении и с такой скоростью, чтобы длина петли ленты не увеличивалась больше или не уменьшалась меньше определенной величины.

В рассмотренной системе осуществляется статический закон регулирования по положению петли ленты или ее длины в буферном устройстве. При движении ленты, которое во всех режимах работы лентопротяжного механизма, в том числе и при ускоренных ее перемотках, осуществляется ведущим двигателем (лента находится в сцеплении с ведущим валом), одно буферное устройство заполняется лентой, при этом из другого она выбирается. Чем выше скорость движения ленты, тем с большей скоростью должны вращаться как приемная, так и подающая катушки. С увеличением скорости движения ленты напряжение питания привода катушек должно возрастать. Поэтому длина петли ленты в одном буферном устройстве со стороны приемной катушки увеличивается, а в другом со стороны подающей — уменьшается. Чем больше скорость движения ленты, тем больше будет изменение длины петли ленты по сравнению с ее средним значением, которое имеет место при остановке ленты. Крутизна системы регулирования выбирается таким образом, чтобы при максимальной скорости перемотки смещение петли ленты в буферных устройствах оставалось в пределах рабочей зоны фотодатчиков. Для улучшения динамических свойств системы в каналах формирования управляющих сигналов устанавливаются корректирующие элементы. Регулировка скорости перемотки производится путем изменения напряжения питания двигателя постоянного тока, осуществляющего привод ведущего вала с лентой. Одновременно с регулировкой скорости ведущего двигателя на управляющие входы широтных модуляторов подается дополнительное управляющее напряжение, которое складывается с управляющим сигналом фотодатчика. Это уменьшает остаточную статическую ошибку в системе регулирования и расширяет допустимые пределы изменения скорости перемотки, что позволяет получить максимальную скорость перемотки в 20—25 раз больше номинальной скорости ленты в режиме рабочего хода.

Длина петли ленты зависит в основном от конструктивных параметров используемых боковых и ведущего двигателей и требований к времени синхронизации вос-

производимой программы. Так как инерционность ведущего узла, как правило, значительно меньше, чем инерционность привода катушек, особенно с большим объемом ленты, то во время пуска (останова) количество ленты в буферных устройствах быстро изменяется. Поэтому буферный запас ленты должен быть больше, чем возможные изменения длины ее петли во время стартстопного режима. От этого фактически зависит необходимая протяженность рабочей зоны фотодатчика и, следовательно, конструктивная длина буферных устройств. В имеющихся конструкциях видеомагнитофонов их размеры не вызывают значительного увеличения габаритов лентопротяжного механизма.

Для обеспечения бесперебойной работы системы регулирования буферные устройства оснащаются дополнительными элементами — цепями блокировки и сигнализации. В частности, в начале и конце буферного устройства размещаются дополнительные фотодатчики, вырабатывающие определенные команды. Они позволяют производить заправку ленты, ограничивают скорость перемотки при выходе петли ленты из рабочей зоны и останавливают механизм при обрыве ленты.

Введение буферных устройств в кинематическую схему лентопротяжного механизма значительно повышает его быстродействие и обеспечивает малое время синхронизации видеомагнитофона. Наличие постоянного по величине вакуума делает постоянным натяжение ленты в тракте лентопротяжного механизма в любом режиме работы. Сами буферные устройства по отношению к ленте являются накопителями, что облегчает работу лентопротяжного механизма в стартстопном режиме. Создавая динамическую изоляцию от боковых двигателей, буферный запас ленты предохраняет ее от больших ударных нагрузок во время пуска и остановки. Это уменьшает износ ленты и увеличивает срок ее службы и надежность всего видеомагнитофона. Конечно, буферные устройства усложняют и удорожают конструкцию всего видеомагнитофона, однако такое усложнение окупается теми преимуществами, которые они приносят. Почти все последние модели стационарных видеомагнитофонов третьего поколения, работающие на широкой ленте 50,8 мм, используют в тракте лентопротяжного механизма буферные устройства.

Автоматическое снижение скорости перемотки ленты и ее остановка, когда катушка подающего узла почти полностью освободи-

лась от ленты, создают эксплуатационные удобства и облегчают дистанционное управление видеомagnитофоном. Лентопротяжный механизм, снабженный устройством для осуществления этой операции, позволяет без перезарядки ленты переходить в любой другой режим работы после очередной перемотки или рабочего хода, когда лента на приемной катушке почти вся израсходована. Принцип работы устройства основан на сравнении угловых скоростей (частоты) вращения ведущего вала и катушки подающего (приемного) узла. Так как линейная скорость ленты $v_{л}$ определяется скоростью ведущего вала, то его частота вращения $\omega_{в.в}$ и диаметр $D_{в.в}$ оказываются связанными с частотой вращения $\omega_{п.к}$ и диаметром $D_{п.к}$ рулона подающей катушки простым соотношением

$$v_{л} = \pi D_{в.в} \omega_{в.в} = \pi D_{п.к} \omega_{п.к}$$

или

$$\frac{\omega_{в.в}}{\omega_{п.к}} = \frac{D_{п.к}}{D_{в.в}} \quad (3-17)$$

Отсюда следует, что к концу рулона ленты, когда его диаметр уменьшается, частота вращения подающей катушки возрастает, и соотношение частот вращения ведущего вала и подающей катушки также уменьшается. Катушки с лентой имеют стандартный начальный диаметр, равный $114 \pm 0,5$ мм, что позволяет, с учетом остав-

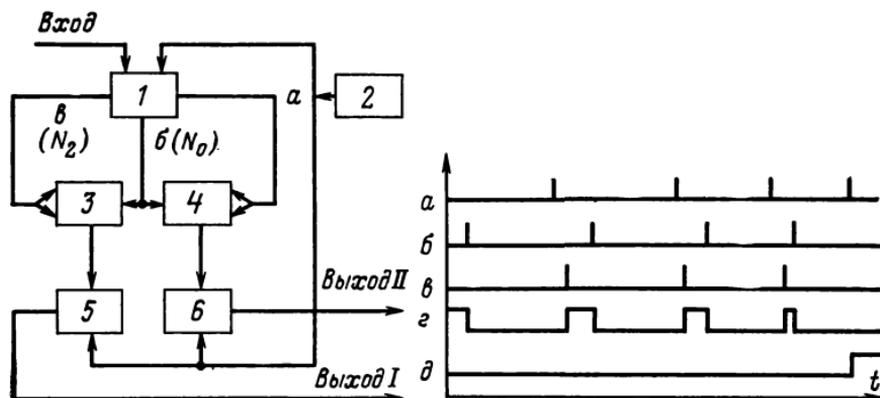


Рис. 3-25. Функциональная схема устройства автоматического торможения ленты.

1 — счетчик импульсов; 2 — датчик оборотов бокового узла; 3—6 — триггеры.

шегося отрезка ленты в катушке, определить такое соотношение их частот вращения $\omega_{в.в}/\omega_{п.к}$, при котором описываемое устройство должно сформировать команды на торможение ленты или ее полный останов. Частота вращения катушек определяется через частоту датчика оборотов, который устанавливается на каждом боковом узле, а частота вращения ведущего вала определяется через частоту $\omega_{в.т}$ связанного с ним высокочастотного тахогенератора.

Функциональная схема, поясняющая принцип работы устройства автоматического торможения ленты, приведена на рис. 3-25. Счетчик 1 устанавливается на 0 импульсами а датчика оборотов 2 по-

дающего узла, а на его вход поступают импульсы частотой $\omega_{в.т}$ высокочастотного тахогенератора ведущего двигателя. Со счетчика последовательно выводятся три числа: N_0 , N_1 и N_2 , первое из них является вспомогательным и служит для установки на 0 триггера 6, который по счетному входу работает от импульсов v , соответствующих числу N_2 . Поэтому, когда на подающей катушке ленты еще много и период вращения подающего узла больше, чем время заполнения счетчика до числа N_2 , он формирует положительные импульсы z (длительностью $N_2 - N_0$), которые устанавливают выходной триггер 6 в нулевое состояние. С уменьшением ленты в рулоне уменьшается период вращения катушки и, когда его значение оказывается меньше, чем время заполнения счетчика до числа N_2 , триггер 5 остается в состоянии нуля, а триггер 6 перебрасывается импульсами a датчика оборотов в состояние 1. Это соответствует команде на торможение ленты, которое производится путем уменьшения напряжения питания ведущего двигателя постоянного тока.

Аналогичным образом, только от импульсов, соответствующих числу N_1 , работают триггеры 3 и 5. Теперь триггер 5 формирует команду на остановку ленты, которая производится за 5—6 м до ее выхода из катушки. Поэтому после такой остановки новой заправки ленты не требуется. Определение чисел N_1 и N_2 , с которых формируются команды, производится по формуле

$$N_{1(2)} = \frac{\omega_{в.т}}{\omega_{п.к}} \approx \frac{\pi D_{п.к} \omega_{в.т}}{v_{л0}} \left(1 + \frac{2dl_1(2)}{D_{п.к} \lambda} \right). \quad (3-18)$$

Здесь $\omega_{в.т}$ — частота импульсов высокочастотного тахогенератора ведущего двигателя при номинальной скорости ленты $v_{л0}$; d — толщина магнитной ленты, а l — ее длина на катушке в момент торможения или остановки.

Для числа N_0 должно сохраняться условие $N_0 < N_1 < N_2$, а для объема счетчика $v_{сч} > N_2$.

Глава четвертая

КАНАЛ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

4-1. Общие сведения

Для записи сигнала телевизионного изображения на магнитную ленту, как уже было показано, необходимо преобразование записываемого сигнала. Это необходимо для того, чтобы согласовать параметры сигнала изображения с характеристиками канала магнитной записи-воспроизведения. Основными при этом являются требования невосприимчивости к паразитной амплитудной модуляции и сравнительно небольшой ширины полосы, занимаемой преобразованным сигналом. Наиболее пригодным в таком случае преобразованием является частотная модуляция, использование которой позволяет

сократить относительную ширину полосы сигнала путем значительного увеличения нижней граничной частоты и устранить влияние паразитных амплитудных изменений сигнала с помощью ограничителя.

Частотная модуляция используется практически во всех случаях записи широкополосных сигналов — в устройствах точной магнитной записи и в видеоманитофонах вещательных и бытового назначения. Развитие и совершенствование аппаратуры магнитной видеозаписи, особенно магнитных головок и ленты, неизбежно сказалось также и на основных параметрах и характеристиках системы частотной модуляции видеоманитонов, таких как несущая частота, девиация, характеристика предискажений и т. д. В первых видеоманитофонах они выбирались скорее интуитивно, в связи с чем и параметры выходного сигнала были весьма посредственными. Так, например, недостаточно широкая полоса пропускания магнитной записи приводила к необходимости использовать так называемую «запись с одной боковой полосой». В этом случае область девиации, т. е. пределы изменения мгновенной частоты ЧМ-сигнала, располагалась вблизи верхней граничной частоты полосы пропускания. При этом верхние боковые компоненты, соответствующие верхним модулирующим частотам, не передавались. Это приводило к возникновению нелинейных искажений и ухудшению частотной характеристики, а также к уменьшению отношения сигнал/шум. Улучшение аппаратуры профессиональной магнитной видеозаписи позволило перейти к «двухполосной записи», при которой передаются обе боковые полосы ЧМ-сигнала, но верхняя модулирующая частота, определяющая разрешающую способность изображения, ограничивалась 3,5—4 МГц. В то же время в системе черно-белого телевидения со стандартом разложения 625 строк/50 полей верхняя граничная частота составляет 5,5—6 МГц. Для расширения полосы частот предлагались различные способы, в том числе использование ленты шириной 70 мм вместо уже применявшейся ленты шириной 50,8 мм. Это позволяло несколько повысить относительную скорость записи-воспроизведения и тем самым увеличить верхнюю граничную частоту пропускания канала магнитной записи. Дальнейшее развитие и совершенствование магнитной ленты и головок, а также теоретические исследования основных при-

чин возникновения различных искажений показали возможность высококачественной записи сигналов не только черно-белого, но и цветного телевидения без увеличения ширины ленты. Бурное развитие цветного телевидения в середине 60-х годов во многом связано с успехами, достигнутыми в технике магнитной видеозаписи — практически единственном средстве записи цветных программ. Отличительной особенностью сигнала цветного телевидения является наличие сигнала цветности на поднесущей частоте достаточно большой амплитуды, расположенной вблизи верхней граничной частоты сигнала изображения. Потребовалось как дальнейшее развитие самих видеомагнитофонов, так и углубление теоретических исследований особенностей записи цветных сигналов, кодированных по различным системам. Примером таких исследований было изучение причин возникновения комбинационных помех в ЧМ-канале в случае ограничения его полосы, влияния передаточных характеристик канала на величину отношения сигнал/шум на выходе частотного демодулятора, влияния характеристик демодулятора на искажения полезного сигнала и т. д. Все это позволило обоснованно выбирать параметры ЧМ-канала видеомагнитофона (несущая частота, девиация частоты, предискажения), а также использовать в структурной схеме новые элементы, такие как апертурные корректоры частотных характеристик и корректор с линейно-падающей характеристикой.

Одновременно с аппаратурой магнитной видеозаписи для телевизионного вещания совершенствовались видеомагнитофоны для замкнутых телевизионных систем профессионального и бытового назначения. В таких устройствах, наряду с улучшением их качественных показателей, существенное значение имело упрощение и удешевление стоимости как самих видеомагнитофонов, так и расходов на их эксплуатацию. Допустимое в этих случаях снижение качественных показателей позволило с успехом использовать такие приемы, как запись с одной боковой полосой частот, перенос сигнала цветности на поднесущей в область более низких частот с некоторым ограничением спектров сигналов яркости и цветности. Это, в свою очередь, позволило улучшить отношение сигнал/шум даже при существенном уменьшении скорости перемещения головок относительно ленты и уменьшении расхода ленты на единицу времени записи.

Некоторые изменения были внесены в схемные решения, в частности в демодуляторы таких видеомагнитофонов. Несмотря на это, построение структурной схемы канала изображения видеомагнитофонов различного назначения примерно одинаково.

4-2. Структурная схема канала сигнала изображения

Канал сигнала изображения видеомagneитофона представляет собой комплекс устройств, служащих для преобразования исходного видеосигнала в сигнал, подлежащий записи на магнитную ленту, устройств для записи и воспроизведения этого сигнала и устройств для обратного преобразования воспроизводимого с магнитной ленты сигнала в сигнал изображения. Кроме того, в него входят устройства обработки импульсной части сигнала, коррекции временных искажений и компенсации выпадений воспроизводимого с магнитной ленты сигнала. Назначение и принцип действия последних устройств подробно рассматриваются в последующих разделах, а в этом разделе рассмотрено построение канала изображения видеомagneитофона с четырьмя вращающимися головками как наиболее полного по своим функциям устройства магнитной видеозаписи (рис. 4-1).

Входной видеосигнал подается на усилитель-распределитель 1 и после него на регулятор уровня 2, необходимый для правильной установки девиации частоты в модуляторе, на систему контроля видеомagneитофона (для проверки качества и уровня сигнала) и на систему автоматического регулирования электродвигателя головок, где он после соответствующего преобразования используется в качестве опорного сигнала при записи. Кроме того, этот сигнал подается также на блок автоматической подстройки частоты модулятора 5. После установки уровня девиации сигнал поступает на схему введения предискажений 3, обеспечивающую подъем частотной характеристики в области верхних частот видеосигнала и подавление компонент сигнала с частотами выше 7 МГц. Подъем высокочастотных составляющих видеосигнала увеличивает девиацию на этих частотах, что улучшает отношение сигнал/шум на выходе видеомagneитофона. Ослабление компонент сигнала выше 7 МГц устраняет нежелательные биения между ними и несущей частотой частотно-модулированного сигнала. После этого сигнал поступает на модулятор 4, где он преобразуется в частотно-модулированный сигнал. Кроме того, здесь осуществляется фиксация уровня гашения видеосигнала и стабилизация частоты при передаче уровня гашения с помощью блока АПЧ 5, сравнивающего частоту модулятора с частотой опорного кварцевого генератора 7. Для формирования импульсов фикса-

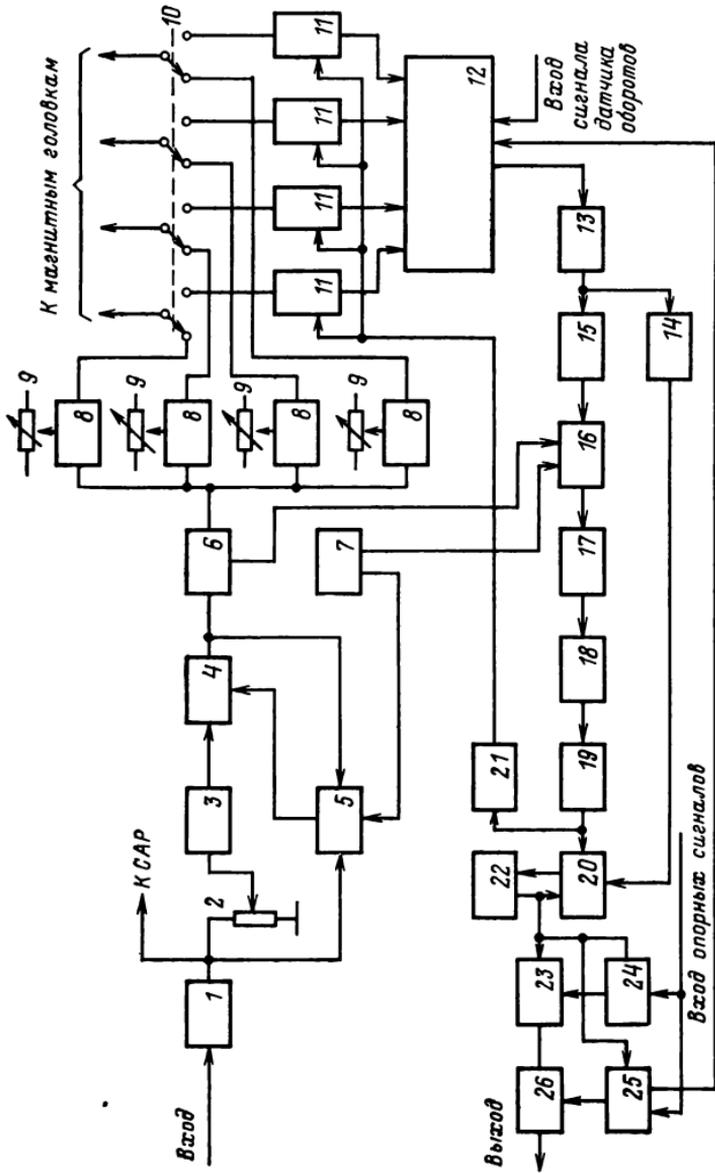


Рис. 4-1. Структурная схема канала изображения видеоманитрона.

1 — усилитель-распределитель; 2 — регулятор уровня; 3 — схема введения предраскажений; 4 — модулятор; 5 — блок автоматической подстройки частоты; 6 — коммутатор записи; 7 — генератор опорных частот уровня белого и черного; 8 — усилитель записи; 9 — регулятор тока записи; 10 — переключатель головок; 11 — усилители воспроизведения; 12 — электронный переключатель; 13 — корректор амплитудно-частотных искажений; 14 — датчик выпадений сигнала; 15 — фильтр с линейно-падающей характеристикой; 16 — переключатель записи-воспроизведения и калибровки девиации; 17 — ограничитель; 18 — демодулятор; 19 — схема коррекции предраскажений; 20 — ключевая схема конденсатора выпадений; 21 — блок автоматической регулировки частотных характеристик; 22 — линия задержки на строку; 23 — корректор временных искажений; 24 — формирующее устройство; 25 — система обработки.

ции уровня и подстройки частоты используется входной видеосигнал, поступающий с усилителя-распределителя 1. После модулятора сигнал изображения в виде модулированного по частоте сигнала (ЧМ-сигнал) подается на ключевую схему коммутатора записи 6, служащую для включения тока записи в головки в строго определенные моменты времени, что необходимо при электронном монтаже программ. Кроме того, со второго выхода этого блока сигнал в режиме записи поступает на демодулятор для контроля работы системы преобразования сигнала. Сигнал с выхода коммутатора записи подается на усилители записи 8, каждый из которых питает ток записи соответствующую магнитную головку через переключатель головок 10. Ток записи в каждой головке регулируется отдельно регулятором 9.

При воспроизведении сигналы, поочередно воспроизводимые магнитными головками, через индивидуальные усилители воспроизведения 11 подаются на электронный переключатель 12, где сигналы головок комбинируются в один непрерывный сигнал. Электронный переключатель управляется сигналом датчика оборотов двигателя головок и сигналом синхронизации строчной частоты, вырабатываемым системой обработки воспроизводимого сигнала 26. Благодаря некоторым различиям в частотных характеристиках и чувствительности головок сигналы отдельных каналов как на входе переключателя, так и далее, на выходе канала изображения, могут несколько различаться. На изображении это проявляется в виде отличия частей изображения, соответствующих той или иной головке, по яркости, насыщенности или цветовому тону. Для устранения таких искажений используется автоматическая регулировка уровня воспроизводимого сигнала и автоматическая регулировка частотных характеристик каналов каждой головки. Уровень цветовой поднесущей на выходе демодулятора детектируется в блоке АРЧХ 21 и используется для управления коррекцией усилителей воспроизведения 11. После электронного переключателя сигнал поступает на корректор 13, где корректируются линейные искажения сигнала, возникающие в процессе записи-воспроизведения, а затем на фильтр с линейно-падающей характеристикой 15, улучшающей отношение сигнал/шум на выходе видеомагнитофона. Затем этот сигнал поступает на вход переключателя запись-воспроизведение 16, позволяюще-

го в зависимости от режима работы видеомангитфона использовать часть схемы канала воспроизведения либо для контроля записываемого ЧМ-сигнала, либо непосредственно для воспроизведения записанного на ленте сигнала. Этот же переключатель в процессе записи формирует на выходе демодулятора опорный импульс белого, уровень которого определяется частотой кварцевого генератора 7, вырабатывающего сигнал с частотой белого. Для того чтобы этот калибровочный импульс располагался в момент передачи кадрового гасящего импульса, переключение синхронизируется кадровым синхроимпульсом. Далее сигнал подается на амплитудный ограничитель 17 и на демодулятор 18, где ЧМ-сигнал преобразуется в видеосигнал, очищается от остатков несущей и поступает на схему коррекции предскажений 19, ослабляющую верхние частоты видеосигнала. Это позволяет несколько снизить уровень высокочастотных составляющих шума и улучшить отношение сигнал/шум. Для того чтобы сохранить неизменным соотношение составляющих сигнала изображения, характер и величина коррекции должны точно соответствовать предскажениям, введенным при записи схемой 3. Ключевая схема 20 выполняет роль компенсатора выпадений воспроизводимого сигнала и управляется детектором выпадений 14. Выпадения сигнала возникают из-за различных дефектов ленты, ее загрязнения и т. д. и приводят к появлению помех на изображении, иногда весьма заметных, а также к нарушению работы селекторов синхросигнала. Детектор выпадений формирует импульс переключения коммутатора 20 в случае, когда уровень воспроизводимого с ленты сигнала падает ниже определенного уровня. При этом на второй вход ключа подается сигнал предшествующей строки, задержанный линией задержки 22 на 64 мкс для монохромного сигнала или на 128 мкс для цветного сигнала, кодированного по системе СЕКАМ или ПАЛ. Кроме того, сигнал предшествующей строки используется также для подавления помехи переключения головок.

Воспроизводимый с магнитной ленты сигнал, кроме шумов, содержит значительное количество импульсных помех, вызванных как выпадениями сигнала, так и работой различных коммутаторов в канале воспроизведения. Из-за неравномерности скорости перемещения головок относительно ленты этот сигнал оказывается так-

же промодулированным по частоте. При этом изменяется частота следования строчных синхронизирующих импульсов, а в цветном сигнале — частота цветовой поднесущей, что проявляется на изображении как геометрические искажения и для некоторых систем цветного телевидения — как искажения цветового тона и насыщенности цвета. Для устранения таких искажений выходной сигнал поступает на корректор временных искажений 23 с системой управления 24 и далее на систему обработки сигнала 26, где производится замена (регенерация) гасящих и синхронизирующих импульсов, формируемых в устройстве 25, а также регулировка уровня выходного сигнала.

Как уже ранее указывалось, структурные схемы канала изображения видеомагнитофонов различных типов примерно одинаковы, и отличие состоит только в числе усилителей записи и воспроизведения (по числу головок). Кроме того, некоторые отличия могут быть связаны с назначением данного видеомагнитофона — телевизионное вещание, промышленное телевидение или бытовая видеозапись.

4-3. Система частотной модуляции

Одним из основных элементов канала сигнала изображения видеомагнитофона является система преобразования сигнала изображения, т. е. система частотной модуляции. Параметры этой системы, в свою очередь, определяются характеристиками канала магнитной записи-воспроизведения.

Как известно [44], частотная модуляция характеризуется воздействием модулирующего колебания на модулируемую частоту, или частоту несущей. При этом мгновенная круговая частота модулированного колебания изменяется в некоторых пределах относительно своего немодулированного значения в такт с изменением модулирующего напряжения:

$$\omega = \omega_0 + \omega_d \cos \Omega t, \quad (4-1)$$

где ω_0 — несущая частота; ω_d — амплитуда отклонения частоты или девиация; Ω — модулирующая частота; $\cos \Omega t$ — модулирующее колебание.

Отличительной особенностью частотной модуляции является пропорциональность девиации ω_d амплитуде 10^*

модулирующего сигнала и независимость ее от частоты этого сигнала.

Колебание с частотой, изменяющейся по закону (4-1), может быть записано в виде

$$u(t) = U_0 \cos \int_0^t [\omega_0 + \omega_d \cos(\Omega t + \theta)] dt + \varphi,$$

или после преобразования

$$u(t) = u_0 \cos \left[\omega_0 t + \frac{\omega_d}{\Omega} \sin(\Omega t + \theta) + \varphi \right], \quad (4-2)$$

где θ и φ — начальные фазы модулирующего и несущего колебаний.

Отношение величины девиации частоты ω_d к частоте модуляции Ω является максимальным отклонением фазы колебания $u(t)$ и называется индексом модуляции

$$B = \frac{\omega_d}{\Omega}. \quad (4-3)$$

Соотношения параметров $\omega_0 = 2\pi f_0$, $\Omega = 2\pi F$ и $\omega_d = 2\pi f_d$ характеризуют систему частотной модуляции и определяют ее свойства.

Описанный выше закон изменения частоты (4-1) соответствует случаю модуляции простым синусоидальным сигналом. Опуская для сокращения начальные фазы колебаний и используя соотношения, известные из теории функций Бесселя, выражение (4-2) можно привести к следующему виду:

$$\begin{aligned} u(t) = & U_0 \{ J_0(B) \cos \omega_0 t + \\ & + J_1(B) [\cos(\omega_0 + \Omega)t - \cos(\omega_0 - \Omega)t] + \\ & + J_2(B) [\cos(\omega_0 + 2\Omega)t + \cos(\omega_0 - 2\Omega)t] + \\ & + J_3(B) [\cos(\omega_0 + 3\Omega)t - \cos(\omega_0 - 3\Omega)t] + \dots \}, \quad (4-4) \end{aligned}$$

где $J_n(B)$ — функция Бесселя первого рода n -го порядка от аргумента B , а n стремится к бесконечности.

Из этого выражения видно, что частотно-модулированное колебание с несущей частотой ω_0 , модулированное синусоидальным колебанием с частотой Ω , представляет собой сумму бесконечно большого числа компонент с частотами $(\omega_0 \pm n\Omega)$ и несущего колебания с частотой ω_0 . Амплитуды этих колебаний равны соответственно $U_0 J_n(B)$ и $U_0 J_0(B)$. Это означает, что полоса

частот, в которой располагаются компоненты частотно-модулированного сигнала, теоретически бесконечна. Однако амплитуды колебаний, расположенных по обе стороны несущей и называемых боковыми компонентами, быстро уменьшаются по мере удаления от несущей. Скорость спадания их амплитуд зависит от величины индекса модуляции B или, другими словами, от соотношения девиации частоты ω_d и модулирующей частоты Ω . Таким образом, ширина полосы частот частотно-модулированного колебания, или его спектр, теоретически бесконечный, на практике определяется достаточно точно. При небольших значениях B амплитуды боковых компонент высших порядков весьма малы по сравнению с компонентами первого порядка. Так, при $B=0,1$ имеем $J_0=0,99750156$; $J_1=0,04993753$; $J_2=0,00124896$; $J_3=0,00002082$. Для практических целей можно считать при этом, что спектр частотно-модулированного сигнала состоит только из несущего колебания и двух боковых компонент и ширина его равна 2Ω . При уменьшении модулирующей частоты индекс модуляции увеличивается и число боковых компонент со значительными амплитудами возрастает, но так как интервал между ними сокращается, то ширина полосы стремится к $2\omega_d$. Такое определение ширины полосы производится на основании энергетических соображений; при этом предполагается, что компоненты с амплитудами менее $1-2\%$ несут так мало энергии, что их исключение не вызывает значительного ослабления или искажения сигнала. Тем не менее в некоторых случаях приходится считаться с возникающими при этом искажениями.

При несинусоидальной форме модулирующего сигнала, каким является сигнал изображения, спектр частотно-модулированного сигнала получается более сложным. Некоторые составляющие спектра взаимодействуют друг с другом, что нарушает симметрию спектра; наличие в видеосигнале гасящих и синхронизирующих импульсов определяет строчную структуру спектра. Точное определение всех компонент спектра для реального сигнала изображения связано с большими трудностями. Для практических же целей достаточно определить максимально возможную ширину спектра, например, при передаче сигнала, содержащего высокочастотное колебание с частотой, близкой к верхней границе полосы используемого телевизионного стандарта. Например,

для стандарта 625 строк/50 полей в секунду и $F_{\text{в}} = 6$ МГц, используемого в СССР, ширина спектра частотно-модулированного сигнала может быть определена из следующих соотношений:

$$f_{\text{гр}} = (f_0 \pm f_{\text{д}}) \pm F_{\text{в}},$$

где $f_{\text{гр}}$ — граничные частоты спектра; в нашем случае для $f_0 = 8,5$ МГц и $f_{\text{д}} = 0,75$ МГц, соответственно равные $f_{\text{гр.н}} = 1,75$ МГц и $f_{\text{гр.в}} = 15,25$ МГц.

Частотная модуляция широко используется в радиовещании и для передачи сигнала звукового сопровождения в телевидении. В этих системах приняты соотношения основных параметров модуляции: $f_0 \gg f_{\text{д}} \gg F_{\text{в}}$.

В этом случае любой сигнал, даже широкополосный, после модуляции превращается в узкополосный. «Узкополосность» при этом означает, что спектр сигнала заключен в полосе, которая мала по сравнению с центральной, или средней, частотой f_0 . При магнитной видеозаписи (из-за невозможности записи достаточно высокой несущей) прежде всего не может быть выполнено условие $f_0 \gg F_{\text{в}}$ и как следствие не может быть выполнено условие $f_{\text{д}} \gg F_{\text{в}}$. Именно это и определяет основное отличие системы частотной модуляции, применяемой в магнитной видеозаписи, — использование низкой несущей частоты, сравнительно мало отличающейся от верхней модулирующей частоты. Это, в свою очередь, определяет дополнительные требования к каналу передачи частотно-модулированного сигнала с низкой несущей, связанные с возникновением в этой системе помех. Такие помехи и искажения характерны для любой системы частотной модуляции, однако в обычно используемых системах они малы и не рассматривались. В системах с низкой несущей с помехами такого рода нельзя не считаться. Особенно большое значение они приобретают при передаче через систему частотной модуляции сигнала цветного телевидения, для которого характерно наличие составляющих значительной амплитуды на частотах, близких к верхней границе полосы видеосигнала (сигнал цветности на поднесущей). Возникновение помех в выходном сигнале демодулятора проявляется на изображении в виде мешающего узора, называемого обычно муаром.

Рассмотрим более подробно причины, вызывающие появление на выходе видеоманитофона паразитных сиг-

налов, обусловленных системой частотной модуляции с низкой несущей.

Отраженные боковые частоты. Этим термином обозначаются боковые составляющие, возникающие в процессе модуляции, частота которых

$$\omega_n = \omega_0 - n\Omega < 0, \quad (4-5)$$

где ω_n — нижняя боковая компонента n -го порядка. Как указывалось выше, спектр частотно-модулированного колебания бесконечно велик и в нем всегда имеются составляющие с частотами, соответствующими выражению (4-5). Это означает, что всегда имеются боковые частоты, простирающиеся до нулевой частоты и переходящие за нее. Наличие таких «отрицательных» частот приводит к появлению помех на выходе демодулятора, частота которых равна:

$$\Omega_n = \omega_0 - |\omega_0 - n\Omega|, \quad (4-6)$$

т. е. определяется разностью несущей частоты и абсолютной величины частоты «отрицательной» боковой. Другими словами, компонента с «отрицательной» частотой «зеркально отражается» от нуля. Уровень помехи, возникающей на выходе демодулятора, в каждом отдельном случае определяется амплитудой отраженной боковой, величина и порядок которой зависят от параметров модуляции. Для качественной оценки уровня помех предложен способ, основанный на анализе частотного спектра, возникающего в этом случае [45]. Так как все боковые составляющие малы по сравнению с несущей частотой, что обычно соответствует практическим данным, то отклонение частоты, вызываемое каждой из них, может рассматриваться отдельно, а общее отклонение определяется их суммой. При этом девиация несущего колебания, соответствующая каждой из боковых частот, определяется соотношением их амплитуд и амплитуды несущей. Таким образом, девиация частоты, обусловленная первыми боковыми компонентами, определяет уровень полезного сигнала на выходе демодулятора, а девиация, создаваемая отраженной компонентой при ее взаимодействии с несущей, определяет уровень мешающего сигнала. Соотношение сигнал/помеха при

Отсюда можно найти из следующего выражения:

$$\psi = 20 \lg \frac{\omega_{д.с}}{\omega_{д.п}} = 20 \lg \frac{B_c \Omega_c}{B_n \Omega_n} \approx 20 \lg \left(\frac{2J_1}{J_n} \frac{\Omega_c}{\Omega_n} \right), \quad (4-7)$$

где $\omega_{д.с}$, B_c и Ω_c — соответственно девиация, индекс модуляции и частота полезного сигнала; $\omega_{д.п}$, B_n — девиация и индекс модуляции сигнала помехи, а Ω_n — частота помехи в соответствии с формулой (4-6). Для оценки уровня помех рассчитаем их величину в случае передачи видеосигнала, содержащего цветовую поднесущую

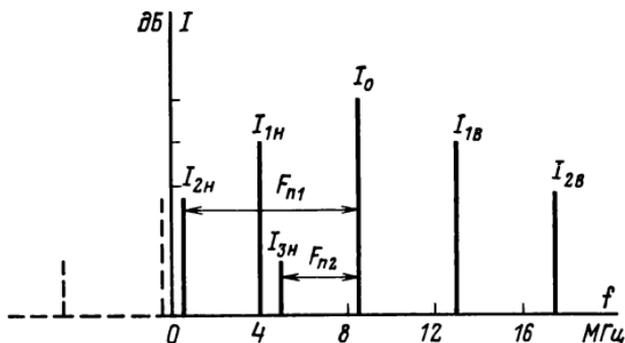


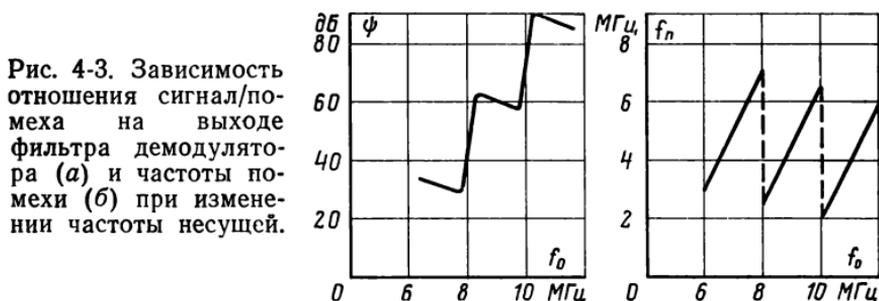
Рис. 4-2. Спектр ЧМ-сигнала при $f_0=8,5$ МГц, $F_c=4,5$ МГц и $B=0,2$.

с частотой около 4,5 МГц. Для несущей частоты 8,5 МГц и при индексе модуляции $B=0,2$ (что примерно соответствует реальным данным) спектр частотно-модулированного сигнала имеет вид, показанный на рис. 4-2. Численные значения соответствующих компонент этого спектра равны:

$$\begin{aligned} J_0 &= 0,9900; & f_0 &= 8,5 \text{ МГц}; \\ J_1 &= 0,0995; & f_1 &= 4,0; 13,0 \text{ МГц}; \\ J_2 &= 0,0050; & f_2 &= 0,5; 17,5 \text{ МГц}; \\ J_3 &= 0,0002; & f_3 &= 0,5; 22,0 \text{ МГц}. \end{aligned}$$

В этом случае отраженными боковыми являются вторая, третья и т. д. нижние боковые компоненты, частота которых равна 0,5 и 5 МГц. Соответственно частота помех на выходе демодулятора будет равна 8 и 3,5 МГц. Определяя из выражения (4-7) уровень этих помех, получаем 27 и 62 дБ. Поскольку на выходе демодулятора включен фильтр нижних частот для подавления остатков несущей частоты с полосой пропускания около

6 МГц, то помеха с частотой 8 МГц будет также подавлена фильтром и результирующее отношение сигнал/помеха на выходе фильтра демодулятора определяется третьей отраженной боковой и составляет 65 дБ. При некотором увеличении частоты несущей частота помехи, вызываемой второй отраженной боковой, будет увеличиваться, а отношение сигнал/помеха будет уменьшаться из-за влияния множителя Ω_c/Ω_{Π} в выражении (4-7). Затем при определенном значении несущей частоты эта помеха выйдет из полосы пропускания фильтра демодулятора. В этом случае наиболее мощной мешающей частотой будет четвертая боковая, уровень которой еще меньше и, следовательно, отношение сигнал/помеха



увеличится. График изменения этого отношения приведен на рис. 4-3. Перегибы кривой соответствуют значениям, для которых частота наибольшего сигнала помехи равна граничной частоте пропускания фильтра нижних частот демодулятора. Аналогичное изменение отношения сигнала к помехе будет также иметь место при соответствующем изменении частоты модулирующего сигнала. Следует подчеркнуть, что помехи такого рода являются принципиально неустранимыми, и даже если каким-либо образом подавить мешающие компоненты (например, в гетеродинном модуляторе путем ограничения спектра частотно-модулированного колебания), то это приведет к появлению амплитудной модуляции сигнала и при последующем ограничении его по амплитуде мешающие компоненты вновь возникнут с той же интенсивностью.

Невозможность полного разделения модулирующего и модулируемого сигналов определяется тем, что для системы частотной модуляции с низкой несущей характерно перекрытие спектров этих сигналов. Это исклю-

чает непосредственную фильтрацию сигналов и требует какого-либо предварительного преобразования. Таким преобразованием является перенос спектра частотно-модулированного сигнала вниз по частоте при модуляции и вверх — при демодуляции. Тем самым удается разнести спектры этих сигналов в модуляторе и демодуляторе и использовать фильтры для их разделения. В соответствии с этим в практике магнитной видеозаписи нашли применение модуляторы, работающие на высокой несущей частоте, которая затем понижается до требуемого значения. Это так называемые модуляторы с гетеродинированием или делением частоты. Для демодуляции сигнала по ряду причин используются в основном де-

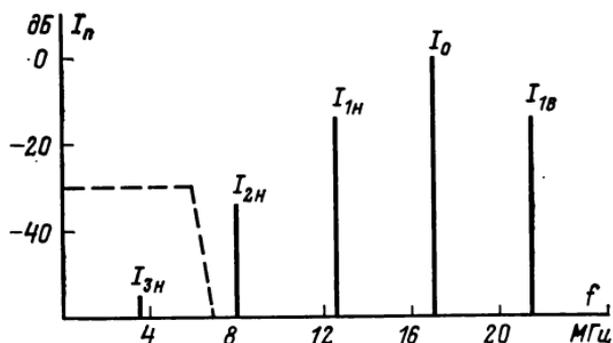


Рис. 4-4. Спектр сигнала на выходе демодулятора с удвоением частоты.

модуляторы интегрирующего типа с удвоением частоты. В § 4-4 приводится анализ такого демодулятора, показывающий, что его выходной сигнал содержит полезный сигнал и четные гармоники несущей с соответствующими спектрами. Выделение полезного сигнала производится фильтром нижних частот, полоса пропускания которого выбирается в соответствии с используемым телевизионным стандартом. При этом часть боковых составляющих гармоник несущей попадает в полосу пропускания фильтра и вызывает появление помех на выходе. Рассмотрим это на примере сигнала, спектр которого был приведен на рис. 4-2. После ограничения и удвоения частоты спектр сигнала будет содержать лишь четные гармоники, из которых вторая является наиболее значительной. На рис. 4-4 изображен спектр такого сигнала, а пунктиром показана полоса пропускания фильтра. Из этого рисунка видно, что некоторые боковые

компоненты удвоенной несущей располагаются в полосе пропускания фильтра и проходят на выход, создавая помеху определенной частоты. Можно показать [45], что соотношение сигнал/помеха при этом определяется выражением

$$\psi = 20 \lg \left(\frac{B}{J_n(mB)} \frac{\Omega_c}{\Omega_n} \right), \quad (4-8)$$

где m — номер гармоники несущей ($m=2, 4, 6 \dots$), n — номер мешающей боковой компоненты; J_n — амплитуда этой компоненты.

Частота помехи при этом

$$\Omega_n = m\omega_0 - n\Omega_c \leq \Omega_B.$$

Для взятого примера частота помехи от третьей боковой компоненты второй гармоники несущей и отношение сигнал/помеха на выходе фильтра соответственно составляют 3,5 МГц и 46 дБ. При повышении частоты несущей уровень помехи будет несколько повышаться из-за увеличения ее частоты, а затем он резко упадет, когда частота этой помехи станет больше граничной частоты фильтра. Уровень помехи будет определяться боковой компонентой следующего, четвертого порядка. При этом зависимость отношения сигнала к помехе также будет иметь ступенчатый вид, как и на рис. 4-3, однако в этом случае абсолютная величина помехи значительно больше, поскольку индекс модуляции, а следовательно, и амплитуда бокового колебания второй гармоники несущей возрастает в 2 раза.

Обычно параметры модуляции и верхнюю границу полосы пропускания фильтра выбирают так, чтобы получить заданный уровень помех; при этом их величина определяется боковым колебанием того или иного порядка и отношение сигнал/помеха находится в пределах соответствующей ступеньки графика рис. 4-3. Так, например, при несущей частоте 8,5 МГц и модулирующей частоте 4,5 МГц и при полосе пропускания фильтра 6 МГц наибольшей мешающей компонентой будет третья боковая. Поскольку в пределах каждой ступеньки или, как иногда ее называют, «полки» уровень помехи несколько изменяется, то необходимо выбирать возможно меньшее значение несущей частоты (в пределах данной полки).

При использовании гетеродинного демодулятора или демодулятора с умножением частоты (в 4 раза и более)

можно значительно повысить значение несущей частоты на входе фильтра; при этом в полосу его пропускания будут попадать боковые колебания более высоких порядков, уровень которых весьма незначителен, и помехи в этом случае практически не возникают. Однако такие демодуляторы значительно сложнее и широкого распространения не нашли.

Амплитудные искажения, возникающие в канале передачи частотно-модулированного сигнала из-за нелинейности амплитудных характеристик его элементов, также приводят к возникновению помех на выходе системы частотной модуляции. Появление помех в первую очередь связано с образованием дополнительных гармонических составляющих спектра и невозможностью их полной передачи до входа демодулятора из-за ограниченности полосы пропускания канала. Рассмотрим это явление на примере цепи, имеющей нелинейную амплитудную характеристику, определяемую выражением

$$u_{\text{вых}} = au_{\text{вх}} + bu_{\text{вх}}^2 + cu_{\text{вх}}^3.$$

При подаче на такую цепь входного сигнала $u_{\text{вх}} = \sin \omega t$ сигнал на выходе будет иметь вид:

$$u_{\text{вых}} = a \sin \omega t + \frac{b}{2} - \frac{b}{2} \cos 2\omega t + \\ + \frac{3c}{4} \sin \omega t - \frac{c}{4} \sin 3\omega t.$$

Обычно постоянная составляющая через весь тракт не передается и сигнал на входе демодулятора приобретает вид:

$$u_{\text{вх.д}} = \left(a + \frac{3c}{4} \right) \sin \omega t - \frac{b}{2} \cos 2\omega t - \\ - \frac{c}{4} \sin 3\omega t.$$

В этом выражении, в отличие от исходного сигнала, точки перехода выходного напряжения через нуль будут иметь иное распределение во времени, поскольку при $\omega t = 0$ $u_{\text{вх.д}} \neq 0$. При частотной модуляции полезная информация, содержащаяся в частотно-модулированном колебании, определяется точками перехода через нуль. Если в канале передачи возникают искажения, изменяющие распределение нулевых пересечений, то это приводит к искажению полезного сигнала. Возникновение второй гармоники сигнала и устранение связанной

с этим постоянной составляющей, т. е. так называемые «четные искажения», в демодуляторе с удвоением частоты вызовут появление на входе фильтра первой гармоники несущей. Ее боковые компоненты первого порядка с наибольшим уровнем не смогут быть отфильтрованы от полезного сигнала. Поэтому к каналу передачи частотно-модулированного колебания с низкой несущей предъявляются требования обеспечения симметрии передаточной характеристики с тем, чтобы свести к минимуму четные гармоники. Это особенно относится к ограничителю, который неизбежно обогащает спектр частотно-модулированного сигнала.

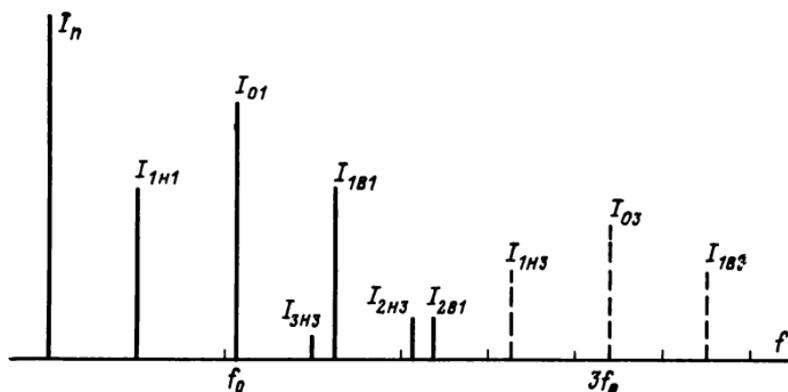


Рис. 4-5. Спектр ЧМ-сигнала, содержащий остатки частично подавленной третьей гармоники.

Ограниченность полосы пропускания канала сверху приводит к частичному подавлению спектров высших гармоник несущей, за исключением некоторых нижних боковых компонент, находящихся в полосе пропускания канала. При этом они, взаимодействуя с первой гармоникой несущей, вызывают появление помех на выходе демодулятора. Рассмотрим влияние, например, третьей гармоники несущей частотно-модулированного колебания при ограничении полосы пропускания. Если предположить, что полоса пропускания канала соответствует удвоенной несущей частоте, то это приводит к подавлению всех компонент третьей гармоники, за исключением нескольких нижних боковых составляющих. Для приводимого выше примера с $f_0=8,5$ МГц, $F_c=4,5$ МГц и $B=0,2$ получим спектр, изображенный на рис. 4-5, где пунктиром показаны компоненты третьей гармоники, по-

давленные при прохождении сигнала через канал передачи. Третья, нижняя, боковая компонента, располагающаяся на частоте 12 МГц, вызовет на выходе демодулятора помеху с частотой 3,5 МГц, уровень которой определяется увеличенным втрое индексом модуляции. Наличие в канале передачи частотно-модулированного сигнала нелинейных элементов, таких как ограничитель и магнитная лента, приводит к принципиальной неустранимости таких искажений. Возникающие в процессе записи нелинейные искажения связаны с кривой намагничивания ленты, симметричной относительно нуля и имеющей достаточно плоский участок насыщения. При этом лента может рассматриваться как своеобразный ограничитель. Воспроизводимый сигнал в этом случае имеет вид:

$$u(t) = \frac{4}{\pi} \left(a \sin \omega t + \frac{b}{3} \sin 3\omega t + \frac{c}{5} \sin 5\omega t + \dots \right),$$

где a , b и c — коэффициенты, зависящие от глубины ограничения. Если принять $a=b=c=\dots=1$ (т. е. идеальный ограничитель), то отношение сигнала к помехе из-за третьей боковой компоненты третьей гармоники несущей составит 35,5 дБ.

Нелинейные искажения в канале передачи могут привести к возникновению помех, связанных с амплитудным детектированием сигнала. Благодаря амплитудно-частотным искажениям, возникающим в процессе записи-воспроизведения, сигнал, воспроизводимый магнитными головками, имеет значительную амплитудную модуляцию с частотой модулирующего сигнала. Если такой сигнал поступает на усилитель с нелинейной передаточной характеристикой, то в его выходном сигнале появляется колебание с частотой сигнала, что, в свою очередь, приводит к появлению помех на выходе демодулятора, как это было показано в предыдущем разделе. Обычно неравномерность амплитудно-частотной характеристики на входе канала воспроизведения достигает 10—15 дБ. В связи с этим допустимый уровень нелинейных искажений в усилителях воспроизведения должен быть весьма мал (0,5% и ниже).

4-4. Звенья канала сигнала изображения

Модулятор. Основным назначением этого звена является преобразование сигнала изображения в частотно-

модулированный сигнал. Особенности частотной модуляции, отмеченные выше, определяют требования к модулятору видеоманитофона: большая величина девиации частоты несущей, линейность модуляционной характеристики, исключение прямого прохождения модулирующего сигнала в канал частотно-модулированного сигнала, небольшая величина паразитной амплитудной модуляции и симметрия выходного сигнала модулятора (отсутствие четных гармоник).

В видеоманитофонах используются различные способы построения модуляторов, которые можно подразделить на две основные группы: гетеродинные и прямые.

Гетеродинный модулятор, или модулятор с переносом спектра, представляет собой управляемый генератор, работающий на высокой частоте (50—100 МГц), которая затем с помощью второго генератора, или гетеродина, понижается до требуемой величины. Прямые модуляторы представляют собой управляемые генераторы, чаще всего мультивибраторы, работающие непосредственно на той же частоте, которая и записывается на ленту. Кроме того, иногда используются модуляторы смешанного типа.

Основной характеристикой модулятора является зависимость частоты выходного сигнала от амплитуды модулирующего сигнала, или модуляционная характеристика (рис. 4-6). Для неискаженной передачи сигнала изображения через канал записи-воспроизведения видеоманитофона модуляционная характеристика модулятора должна быть достаточно линейной с тем, чтобы нелинейные искажения сигнала не превышали 1—2%. Кроме того, величина амплитуды выходного напряжения моду-

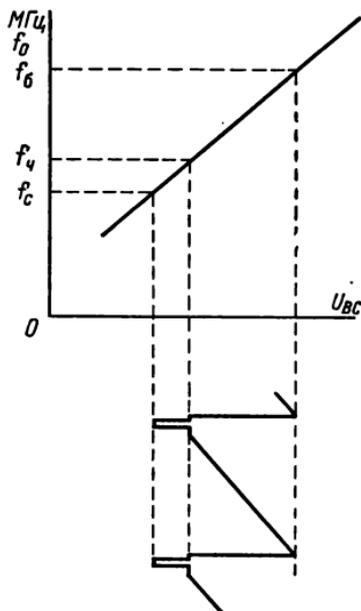


Рис. 4-6. Модуляционная характеристика модулятора. $f_ч$ — несущая частота, соответствующая уровню черного сигнала изображения; $f_б$ — несущая частота, соответствующая уровню белого сигнала изображения; f_c — несущая частота, соответствующая вершинам синхронимпульсов.

лятора не должна изменяться при изменении его частоты, так как это приводит к возникновению паразитной амплитудной модуляции с частотой модулирующего сигнала. Нелинейность в канале передачи частотно-модулированного сигнала или в самом модуляторе приводит к детектированию амплитудной модуляции и возникновению в спектре частотно-модулированного сигнала составляющих модулирующего колебания (прямое прохождение). Частоты, соответствующие опорным уровням видеосигнала (уровни черного, белого и вершин синхроимпульсов), должны выдерживаться с высокой точностью. Особенно это важно в случае электронного монтажа программ, когда из-за различия частоты уровня черного в месте стыка двух отдельно записанных сюжетов на выходе демодулятора кроме собственно видеосигнала будет выделяться скачок напряжения, пропорциональный разности частот. В соответствии с рекомендацией МЭК [16] установлены следующие значения опорных частот для записываемого на ленту сигнала (для стандарта 625 строк/50 полей):

$f_0=7,8\pm 0,05$ МГц (частота уровня черного);

$f_6=9,3\pm 0,05$ МГц (частота уровня белого);

$f_c=7,16\pm 0,05$ МГц (частота уровня вершины синхроимпульсов).

Частота, соответствующая уровню черного сигнала изображения, выдерживается с необходимой точностью системой автоматической подстройки частоты и схемой фиксации уровня черного, вводимыми в схему модулятора. Для этого применяются широко известные в телевизионной технике способы восстановления постоянной составляющей видеосигнала схемой с управляемой фиксацией. Для стабилизации частоты модулятора используется обычно сравнение его частоты при передаче уровня черного (т. е. при передаче гасящих импульсов) с частотой эталонного генератора, стабилизированного кварцем.

С учетом этих дополнительных особенностей модуляторов рассмотрим структурную схему наиболее часто используемых в видеомагнитофонах модуляторов (рис. 4-7). Входной видеосигнал A подается на усилитель I , на выходе которого образуются два одинаковых сигнала, подаваемых через конденсаторы на две управляемые мостовые схемы 4 фиксации уровня, определяю-

щие уровень постоянной составляющей сигнала при передаче уровня черного (в моменты передачи гасящих импульсов). Этот уровень задает постоянное смещение на управляемых диодах (варикапах) 4, емкость которых

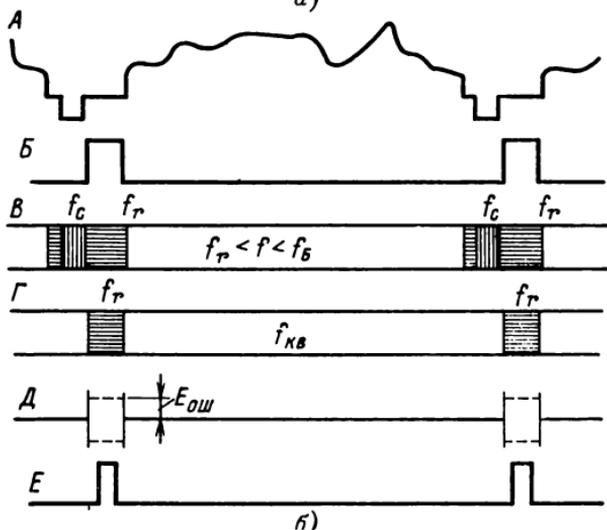
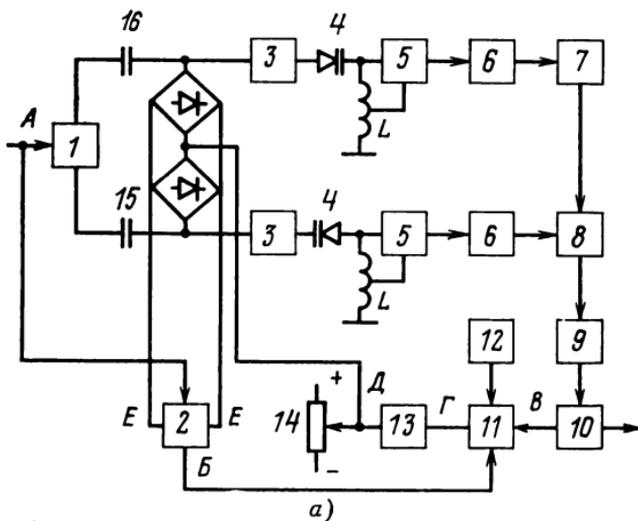


Рис. 4-7. Структурная схема двойного гетеродинного модулятора (а) и диаграммы сигналов (б), поясняющие принцип его работы.

1 — входной усилитель; 2 — селектор синхроимпульсов и формирователь импульсов фиксации и ключевых импульсов; 3 — фильтр нижних частот; 4 — управляемые варикапы; 5 — генератор; 6 — ограничитель; 7 — полосовый фильтр; 8 — смеситель; 9 — фильтр нижних частот; 10 — выходной усилитель; 11 — ключевая схема; 12 — генератор частоты уровня черного; 13 — ограничитель и демодулятор; 14 — регулятор установки частоты; 15, 16 — конденсатор схемы фиксации; А — входной сигнал; Б — ключевые импульсы; В — ЧМ-сигнал; Г — сигнал на выходе ключевой схемы; Д — сигнал ошибки; Е — импульс фиксации.

зависит от напряжения на их обкладках. Эта емкость входит в колебательный контур LC автогенераторов 5 и определяет генерируемую ими частоту. Для исключения влияния высокочастотного напряжения на контуре генератора на работу схемы фиксации между ними включены развязывающие фильтры. Благодаря обратному включению варикапов при изменении видеосигнала емкость одного из них увеличивается, а другого уменьшается. Соответственно изменяются и частоты сигналов обоих генераторов. Так как изменение напряжения на варикапах несколько влияет на их активное сопротивление, шунтирующее контур генератора, это приводит к изменению амплитуды выходного напряжения в зависимости от частоты (т. е. от амплитуды модулирующего сигнала). Для устранения паразитной амплитудной модуляции используются ограничители 6 и, кроме того, рабочая частота генераторов выбирается высокой с тем, чтобы получить достаточно большое изменение частоты при относительно небольшом изменении емкости варикапов (до 100 МГц и более). Поскольку зависимость изменения емкости варикапа от приложенного напряжения нелинейна, это также позволяет уменьшить нелинейность модуляционной характеристики генератора. Двойная противофазная модуляция двух генераторов позволяет скомпенсировать нелинейные искажения, возникающие в каждом из генераторов. Для устранения высших гармоник сигнала на выходе одного из ограничителей сигнал подается на полосовой фильтр 7, на выходе которого выделяется первая гармоника частотно-модулированного сигнала. Этот сигнал подается на вход смесителя 8, на который также поступает сигнал от второго генератора, играющего роль гетеродина. На выходе смесителя с помощью фильтра нижних частот 9 выделяется сигнал разностной частоты обоих генераторов B , который поступает на выходной усилитель 10 и далее на вход усилителя записи. Благодаря тому, что входные сигналы смесителя модулированы в противофазе, девиация частоты сигнала на его выходе равна сумме девиаций входных сигналов, что также позволяет уменьшить диапазон изменения емкости варикапов и тем самым снизить нелинейные искажения. Для стабилизации частоты выходного сигнала используется кварцевый эталонный генератор 12, частота которого сравнивается с частотой выходного сигнала при переда-

че уровня черного. Для этого на ключевую схему 11 подаются сигналы с выхода модулятора и с кварцевого генератора. С помощью ключевых импульсов B , соответствующих по времени задней площадке строчных гасящих импульсов, вырабатываемых селектором-формирователем 2, на выходе ключевой схемы 11 формируется комбинированный сигнал Γ , состоящий из напряжения, вырабатываемого генератором 12 и модулятором при передаче через него уровня черного. Этот сигнал подается на ограничитель и демодулятор 13, на выходе которого образуется сигнал ошибки D . Сигнал ошибки представляет собой импульсы строчной частоты, амплитуда и полярность которых соответствуют расстройке модулятора. Вместе с постоянным напряжением, снимаемым с движка потенциометра 14, определяющим начальную установку частоты генераторов, сигнал ошибки подается в схему привязки. Диодные мосты отпираются импульсами фиксации E , формируемыми схемой 2. При этом напряжение на конденсаторах фиксации 5, а следовательно, и на варикапах 4 изменяется пропорционально сигналу ошибки, соответствующим образом изменяя частоту обоих генераторов. Тогда частота выходного сигнала поддерживается на заданном уровне. Использование в модуляторе высокочастотных генераторов позволяет исключить прямое прохождение модулирующего сигнала на выход и, следовательно, избежать связанных с этим искажений. Однако, как уже подчеркивалось, необходимо обеспечить достаточно малую величину паразитной амплитудной модуляции на входе смесителя, так как это может вызвать помехи такого же типа.

Упрощенная схема прямого модулятора, более простого по устройству, изображена на рис. 4-8. В этом модуляторе используется мультивибратор с управляемым смещением, величина которого определяет собственную частоту генератора. Мультивибратор выполнен на транзисторах T_2, T_7 со связью через эмиттерные повторители T_3, T_6 , повышающие скорость разряда времязадающих конденсаторов C_1 и C_2 . Заряд этих конденсаторов происходит через генераторы тока на транзисторах T_4, T_5 , улучшающие линейность модуляционной характеристики. Величина тока определяется потенциалом на их базах и напряжением питания. Регулируя параметры эмиттерных цепей, можно управлять собст-

венной частотой мультивибратора (резистор R_1) и изменять ее при подаче в цепь эмиттеров модулирующего сигнала. Прямое прохождение модулирующего сигнала на выход модулятора исключено балансным съемом сигнала с обоих плеч мультивибратора с использованием дифференциального усилителя на транзисторах T_8, T_9 . Сам мультивибратор тщательно балансируется с помощью резисторов R_2 (симметрия выходного сигнала) и R_3 (баланс видеосигнала). В качестве управляемого генератора часто применяется мультивибратор на туннельном диоде. Поскольку в обеих схемах трудно обес-

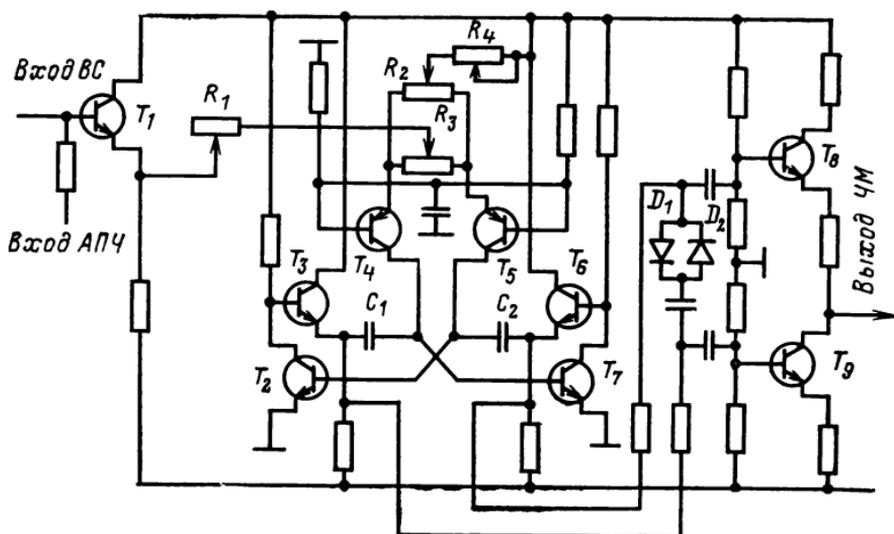


Рис. 4-8. Упрощенная схема прямого модулятора на мультивибраторе.

печатить хорошую симметрию, то для получения малого прохождения модулирующего сигнала на выход и для подавления амплитудной модуляции и четных гармоник в выходном сигнале используют модулятор на мультивибраторе, работающий на удвоенной частоте, с последующим делением частоты с помощью триггера. Применяемые в таких схемах системы привязки и стабилизации частоты, соответствующей уровню черного, аналогичны описанной ранее.

Ограничитель и демодулятор. Как уже указывалось в предыдущих разделах, в системах частотной модуляции с низкой несущей частотой необходимо для уменьшения уровня помех обеспечить симметричное ограни-

чение сигнала или же непосредственно перед ограничением сигнала перенести его спектр вверх по частоте. В последнем случае высшие гармоники сигнала располагаются практически без перекрытия и не вызывают появления помех на выходе демодулятора. Однако уже в сигнале, воспроизводимом с магнитной ленты, содержатся нечетные гармоники, которые с учетом ограниченности полосы пропускания системы записи-воспроизведения приводят к появлению помех независимо от типа демодулятора. Из-за сложности построения и настройки демодуляторов с переносом спектра они не нашли широкого применения в аппаратуре магнитной видеозаписи. Наибольшее распространение получили демодуляторы типа счетчика импульсов [45] с удвоением частоты. Структурная схема такого демодулятора приведена на рис. 4-9, где также показаны диаграммы напряжений в различных точках схемы и статическая демодуляционная характеристика. Воспроизводимый сигнал подается на фазоинвертор 1, с выходов которого противофазные сигналы поступают на многокаскадный ограничитель 2, выполненный по симметричной двухтактной схеме. Выходные сигналы ограничителя подаются на схему формирования 3, где формируются импульсы длительностью τ , совпадающие во времени с моментами перехода входного сигнала через нуль. В удвоителе 4 эти импульсы преобразуются в однополярные с удвоением частоты их следования. Постоянная составляющая импульсной последовательности удвоенной частоты пропорциональна частоте входного сигнала и представляет собой модулирующий сигнал. Выделение этого сигнала производится с помощью фильтра нижних частот 5, полоса пропускания которого соответствует верхней граничной частоте модулирующего сигнала (F_B). Спектр сигнала на входе фильтра содержит только четные гармоники входного сигнала (вторая, четвертая и т. д.), что облегчает разделение частотно-модулированного и модулирующего сигналов.

При появлении на выходе ограничителя четных гармоник входного сигнала на выходе схемы формирования, а следовательно, и на входе фильтра демодулятора возникают первая, третья и т. д. гармоники частотно-модулированного сигнала. Ясно, что в этом случае в полосу пропускания фильтра попадут нижние боковые компоненты первой гармоники сигнала, уровень которых до-

статочно велик и которые без ослабления попадут на выход демодулятора. Для уменьшения этого явления к ограничителю и удвоителю частоты демодулятора предъявляются жесткие требования в отношении их симметрии. Выходное напряжение ограничителя симметри-

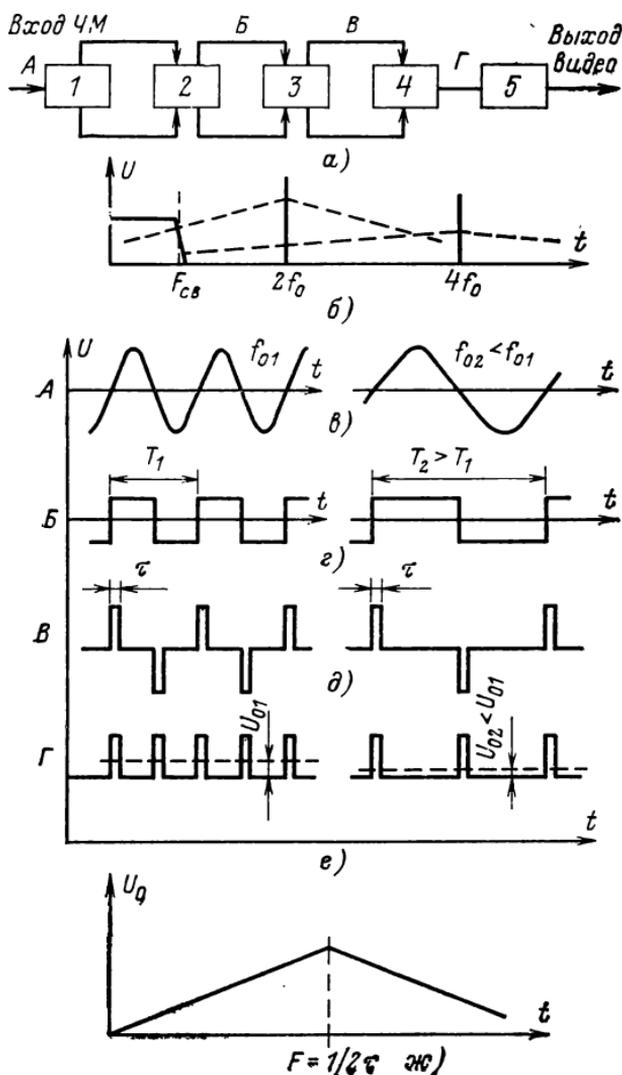


Рис. 4-9. Структурная схема демодулятора типа счетчика импульсов с удвоением частоты (а), спектр сигнала на входе фильтра демодулятора (б), форма сигналов в различных точках схемы (в—г) и статическая демодуляционная характеристика $U_0 = \varphi(f)$ (ж).

1 — фазоинвертор; 2 — ограничитель; 3 — схема формирования импульсов; 4 — удвоитель частоты; 5 — фильтр нижних частот.

руется применением двухтактной схемы. На рис. 4-10 приведена упрощенная принципиальная схема ячейки такого ограничителя, роль симметрирующего элемента в которой играет резистор R_{CB} , определяющий коэффициент передачи сигнала. Если переменные токи сигнала

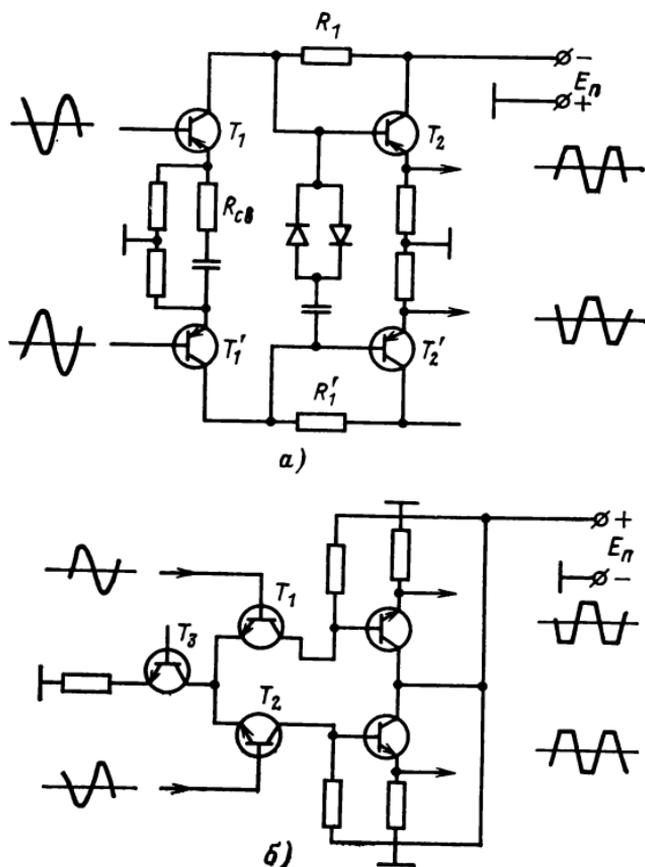


Рис. 4-10. Каскад двухтактного симметричного ограничителя с диодами (а) и на основе дифференциального усилителя (б).

транзисторов T_1 и T_2 не равны между собой, то на этом резисторе выделяется напряжение обратной связи, являющейся отрицательной для транзистора с большим током, и положительной — для транзистора с меньшим током сигнала. Это позволяет уравнять токи обоих транзисторов при их разбросе и обеспечить равные и противофазные напряжения на коллекторах транзисторов при одинаковых сопротивлениях нагрузки. Непосредственно ограничение в этой схеме производится дву-

мя включенными навстречу диодами, дифференциальное сопротивление которых падает с увеличением сигнала. Несколько таких ограничителей, включенных последовательно, позволяют получить глубину ограничения, достаточную для подавления амплитудных изменений входного сигнала и формирования на выходе импульсного сигнала с малыми и не зависящими от уровня входного сигнала фронтами. Достижения микроэлектроники в создании аналоговых интегральных микросхем и, в частности, высокочастотных дифференциальных усилителей с весьма малым разбросом параметров позволяет построить симметричный ограничитель по схеме рис. 4-10,б. Глубина ограничения в этой схеме несколько лучше вследствие использования транзистора T_3 , являющегося генератором тока для пары транзисторов T_1 и T_2 . При увеличении тока в одном из них ток другого становится равным нулю, и наоборот, обеспечивая резкую отсечку сигнала на выходах схемы. Для формирования импульсов из выходных сигналов ограничителя используются схемы формирования на короткозамкнутых линиях задержки или ждущий мультивибратор на туннельном диоде. В первой из этих схем импульс длительностью τ на входе линии задержки формируется при сложении прямой и отраженной волны от замкнутого конца согласованной на входе линии задержки с $t_3=0,5\tau$, а во второй — благодаря разряду емкости моностабильного мультивибратора на туннельном диоде, длительность которого равна требуемой длительности импульса. Для запуска мультивибратора используется дифференцированный сигнал ограничителя.

Независимо от способа формирования однополярных импульсов с длительностью τ , изображенных на рис. 4-9,е, являющихся входным сигналом для фильтра нижних частот демодулятора, спектр такого сигнала во всех случаях имеет одинаковый вид, изображенный на рис. 4-9,б. Рассмотрим спектр такого сигнала для формирователя на линии задержки [45].

Полагая, что сигнал на входе идеального ограничителя имеет вид (рис. 4-9,в):

$$e(t) = \sin(\omega_0 t + B \sin \Omega t),$$

можно считать, что выходное напряжение будет иметь вид прямоугольных симметричных импульсов (рис. 4-9,з),

описываемых выражением:

$$e(t) = \frac{4}{\pi} \left(\sin \Phi + \frac{1}{3} \sin 3\Phi + \frac{1}{5} \sin 5\Phi + \dots \right), \quad (4-9)$$

где $\Phi = \omega_0 t + B \sin \Omega t$.

Сигнал на входе короткозамкнутой линии задержки будет определяться разностью двух компонент — прямой (4-9) и отраженной; последняя компонента имеет вид:

$$e'(t) = \frac{4}{\pi} \left(\sin \Phi' + \frac{1}{3} \sin 3\Phi' + \frac{1}{5} \sin 5\Phi' + \dots \right), \quad (4-10)$$

где $\Phi' = [\omega_0(t - \tau) + B \sin \Omega(t - \tau)]$; τ — время задержки сигнала, равное удвоенной задержке линии t_3 .

Разность этих двух сигналов (рис. 4-9, б) с помощью балансного кольцевого детектора преобразуется в последовательность положительных импульсов длительностью τ , описываемую выражением

$$e_{\text{вых}} = \frac{1}{2} - \frac{8}{\pi^2} \sum \frac{\sin n\Phi \sin n\Phi'}{mn},$$

где n и m — положительные нечетные числа.

Заменяя произведение синусов, получаем:

$$e_{\text{вых}} = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \sum \frac{\cos(n\Phi - m\Phi') - \cos(n\Phi + m\Phi')}{mn}. \quad (4-11)$$

Это выражение описывает сигнал на выходе детектора (рис. 4-9, в). Так как n и m являются нечетными, то их сумма и разность всегда будут четными. Это означает, что сигнал на входе фильтра представляет собой сумму четных гармоник несущей частоты и постоянную составляющую, которая определяется при $n=m$ из выражения

$$C_0 = \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos n(\Phi - \Phi')}{n^2}.$$

Преобразуем это выражение:

$$C_1 = \frac{1}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos n(\Phi - \Phi')}{n^2} \right).$$

Выражение в скобках для аргумента, изменяющегося в пределах от 0 до π для нечетных n , равно са-

тому аргументу и представляет собой функцию, график которой приведен на рис. 4-9,жс:

$$\frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos nx}{n^2} = x.$$

Следовательно,

$$C_0 = \frac{1}{\pi} (\Phi - \Phi'),$$

или, подставляя значения Φ и Φ' , получаем:

$$C_0 = \frac{1}{\pi} \left[2\omega_0 t + 2B \sin \frac{\Omega \tau}{2} \cos \Omega (t - \tau) \right].$$

В этом выражении

$$u_c(t) = \frac{2B}{\pi} \sin \frac{\Omega \tau}{2} \cos \Omega (t - \tau) \quad (4-12)$$

представляет собой полезный сигнал с амплитудой

$$U_c = \frac{2B}{\pi} \sin \frac{\Omega \tau}{2} \approx \frac{2B}{\pi} \frac{\Omega \tau}{2} = \frac{\omega_d \tau}{\pi}. \quad (4-13)$$

Таким образом, полезный выходной сигнал демодулятора интегрирующего типа пропорционален девиации частоты ω_d и длительности импульса τ .

Вторая гармоника несущей определяется при $m = n + 2$ из выражения

$$\begin{aligned} C_2 &= \frac{4}{\pi^2} \left\{ \cos (\Phi + \Phi') - \right. \\ &- \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos [n\Phi' - (n+2)\Phi] + \cos [n\Phi - (n+2)\Phi']}{n(n+2)} \left. \right\} = \\ &= \frac{4}{\pi^2} \left[\cos (\Phi + \Phi') - \right. \\ &- 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos (\Phi + \Phi') \cos (n+1)(\Phi - \Phi')}{n(n+2)} \left. \right] = \\ &= \frac{4}{\pi^2} \cos (\Phi + \Phi') \left[1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos (n+1)(\Phi - \Phi')}{n(n+2)} \right]. \end{aligned}$$

Вводя обозначение $n = 2q - 1$ и преобразуя, получаем:

$$C_2 = \frac{2}{\pi} \cos(\Phi + \Phi') \times \\ \times \left[\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \sum_{q=1}^{\infty} \frac{\cos 2q(\Phi - \Phi')}{4q^2 - 1} \right].$$

Выражение в скобках при изменении аргумента от нуля до π равно:

$$\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \sum_{q=1}^{\infty} \frac{\cos 2qx}{(2q+1)(2q-1)} = \sin x.$$

Таким образом,

$$C_2 = \frac{2}{\pi} \cos(\Phi + \Phi') \sin(\Phi - \Phi') = \\ = \frac{1}{\pi} (\sin 2\Phi - \sin 2\Phi'). \quad (4-14)$$

Поскольку разность двух синусоид также является синусоидой, то это выражение описывает частотно-модулированное колебание с частотой 2ω и индексом модуляции $2B$. Аналогичным образом можно определить выражения для высших гармоник несущей с частотами 4ω , 6ω и т. д. Так как эти колебания значительно удалены по частоте от спектра сигнала изображения, вызываемые ими помехи будут значительно меньше, чем от колебания с частотой 2ω . Амплитуды боковых компонент этого колебания равны:

$$\frac{2}{\pi} J_k(2B) \sin \Omega_{\pi} \frac{\tau}{2}, \quad (4-15)$$

где Ω_{π} — частота помехи, равная $2\omega_0 \pm k\Omega$; k — номер боковой составляющей.

При этом отношение сигнала к помехе будет определяться выражением

$$\psi = 20 \lg \frac{B \sin \Omega \frac{\tau}{2}}{J_k(2B) \sin \Omega_{\pi} \frac{\tau}{2}}, \quad (4-16)$$

что при малых τ преобразуется в выражение (4-8).

Длительность импульса τ , или величина задержки, равная $\tau/2$, определяет амплитуду выходного сигнала,

поскольку при малых τ она пропорциональна длительности импульса. Однако увеличение длительности импульса связано с искажением амплитудно-частотной характеристики демодулятора. Преобразуя выражение (4-13), получаем:

$$U_c = \frac{\omega_n \tau}{\pi} \frac{\sin \Omega \frac{\tau}{2}}{\Omega \frac{\tau}{2}}.$$

В этом выражении множитель $\sin \frac{\Omega \tau}{2} / \frac{\Omega \tau}{2}$ отражает

влияние частоты сигнала на его амплитуду. На рис. 4-11 приведены частотные характеристики демодулятора, рассчитанные для нескольких значений длительности импульса τ . Задаваясь допустимым значением спада характеристики, можно определить требуемую при этом длительность импульса. Появление спада на верхних частотах сигнала может быть объяснено с помощью теоремы Котельникова, по которой непрерывная функция или в нашем случае модулирующий сигнал частоты Ω может быть полностью передана последовательностью своих отдельных значений в моменты времени, отстоящие друг от друга на $\pi/\Omega_{\text{макс}}$ с., если эта функция не

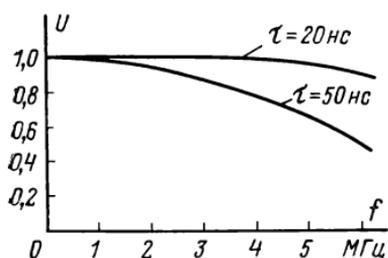


Рис. 4-11. Частотные характеристики демодулятора при различных длительностях импульсов на входе фильтра.

содержит частот выше $\Omega_{\text{макс}}$. При этом длительность выборок должна быть такова, чтобы спектральная плотность импульса выборки была постоянной в пределах полосы частот от нуля до $\Omega_{\text{макс}}$. Несоблюдение этого условия приводит к спаду частотной характеристики на верхних частотах модулирующего сигнала.

Канал записи. Частотно-модулированный сигнал на

магнитную ленту записывается магнитной головкой, питаемой от усилителя записи током, необходимым для намагничивания ленты. При этом требуется сохранить амплитудные и фазовые соотношения исходного частотно-модулированного сигнала и тем самым не внести искажений в модулирующий сигнал. Ток записи, отдаваемый усилителем записи в головку, зависит от кон-

кретного типа головки и ленты и должен быть достаточным для намагничивания ленты до насыщения. В качестве оконечного каскада усилителя записи используют схемы двух типов: генератор тока и генератор напряжения, различающиеся величиной выходного сопротивления (рис. 4-12). Для схемы генератора тока $R_i \gg Z_H$ ток в нагрузке не зависит от частоты. Однако на резонансной частоте, определяемой индуктивностью головки и паразитной емкостью, характеристика тока в цепи

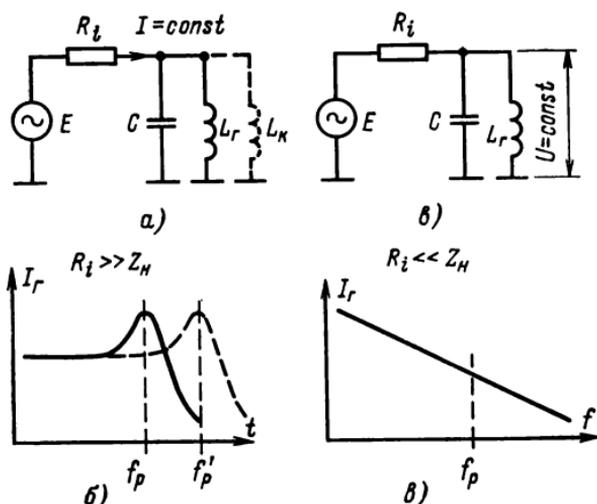


Рис. 4-12. Эквивалентные схемы и частотные характеристики тока в головке для генератора тока (а, б) и генератора напряжения (в, г).

головки имеет резонансный характер. Это приводит к возникновению амплитудных и фазовых искажений тока записи, а следовательно, и намагниченности ленты. За резонансной частотой ток в головке уменьшается вследствие увеличения тока в емкости. При использовании такой схемы необходимо стремиться к тому, чтобы резонанс располагался вне рабочей полосы частот, и соответствующим образом выбирать индуктивность головки. Поскольку уменьшение L_r связано с уменьшением отдачи головки при воспроизведении, иногда для увеличения резонансной частоты используют корректирующую индуктивность L_K , включаемую параллельно головке. При этом для сохранения заданного тока в головке необходимо использовать более мощный усилитель. Для схемы генератора напряжения ($R_i \ll Z_H$) напряжение на головке не зависит от частоты. Так как резонансный

контур, образованный индуктивностью головки и паразитной емкостью, сильно шунтируется малым выходным сопротивлением усилителя, характеристика тока в головке не имеет резонанса. Для компенсации уменьшения тока в головке из-за увеличения ее индуктивного сопротивления с ростом частоты в предварительных каскадах усилителя записи используют корректор, коэффициент передачи которого увеличивается с ростом частоты; при этом результирующий коэффициент передачи тока в головку не зависит от частоты. Как и к любым другим звеньям передачи частотно-модулированного сигнала, к усилителю записи предъявляются требования минимальных амплитудных и амплитудно-фазочастотных искажений сигнала, приводящих к возникновению искажений выходного видеосигнала или появлению паразитных комбинационных помех.

В § 4-3 было показано, что магнитную ленту (при записи с насыщением) можно рассматривать как ограничитель. При этом безразлично, подается ли в головку синусоидальный или импульсный сигнал, важно лишь отсутствие четных гармоник. Это позволяет реализовать ключевую импульсную схему на транзисторах, имеющую

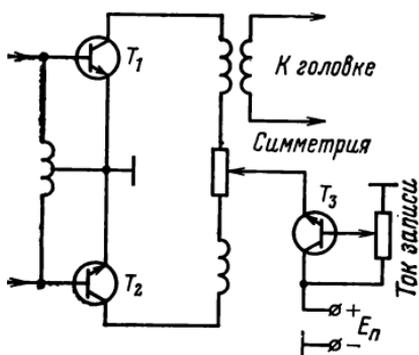


Рис. 4-13. Упрощенная схема оконечного каскада импульсного усилителя записи.

по сравнению с ранее описанными линейными усилителями более высокие энергетические параметры. Пример такой схемы приведен на рис. 4-13. Как правило, усилители выполняются по двухтактной схеме, обеспечивающей лучшую симметрию сигнала. Ток записи в головке регулируется изменением напряжения питания выходной ступени.

Канал воспроизведения. Усилители воспроизведения видеомагнитофона выполняют две основные функции:

усиление сигнала, воспроизводимого магнитными головками, и коррекцию амплитудно-частотных искажений, возникающих в процессе записи и воспроизведения (см. § 4-5). Так как уровень полезного сигнала, воспроизводимого головкой, сравнительно невелик, то к входным

каскадам усилителя воспроизведения предъявляются требования малого уровня собственных шумов. В качестве усилительного элемента во входном каскаде используют малозумящие лампы или транзисторы, включаемые по каскодной схеме (рис. 4-14,а). Так как входное сопротивление такой схемы сравнительно велико, то из-за влияния паразитной входной емкости на частоте резонанса индуктивности головки и емкости возникают значительные амплитудно- и фазочастотные искажения (рис. 4-14,б). Для компенсации таких искажений в последующих каскадах усилителя воспроизведения используют схему коррекции с обратной характеристикой. Поскольку магнитные головки изнашиваются, то в процессе эксплуатации и при смене головок необходимо подстраивать корректирующие элементы с тем, чтобы устранить влияние изменения и разброса электрических параметров головок. Изменение несущей частоты модулирован-

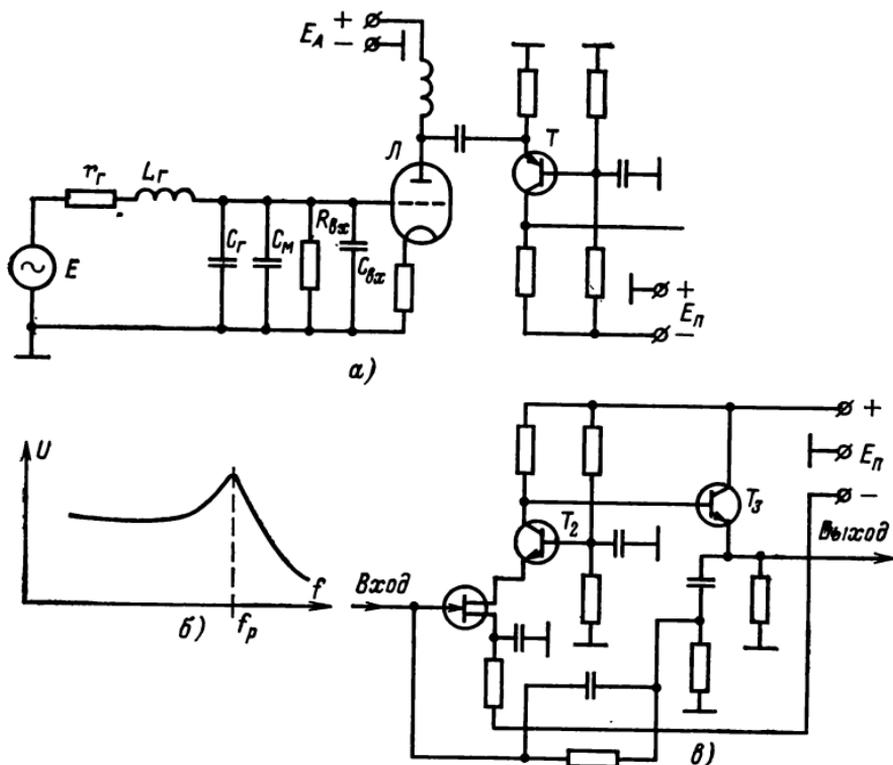


Рис. 4-14. Схема усилителя воспроизведения с высоким входным сопротивлением (а) и частотная характеристика его входной цепи (б) и схема с низким входным сопротивлением (в).

ного колебания под влиянием низкочастотных изменений сигнала яркости изображения при наличии резонанса в передаточной характеристике усилителя воспроизведения приводит к возникновению дифференциальных искажений усиления и фазы в сигнале изображения. Степень влияния таких искажений, особенно для систем цветного телевидения с фазовой модуляцией, очень велика, и поэтому настройка компенсатора резонанса должна производиться весьма тщательно. Для упрощения эксплуатации применяют схемы с низким входным сопротивлением, создаваемым с помощью отрицательной обратной связи. Это позволяет подавить резонанс головки и устранить связанные с этим искажения. Для снижения уровня шумов усилителя в них также используют составные каскадные схемы, часто с полевым транзистором на входе (рис. 4-14, в).

Коррекция частотных искажений канала записи-воспроизведения связана с некоторыми особенностями этих искажений. Как было показано ранее, возникающие в канале магнитной записи потери являются «волновыми» потерями и связаны с длиной волны записанного на ленте сигнала, а не с его частотой. Основным при этом является то, что в канале практически отсутствуют фазочастотные искажения, что и определяет требования к корректирующим элементам. Эти элементы должны обладать линейной фазовой характеристикой при заданной зависимости коэффициента передачи от частоты. Такими корректорами являются широко применяемые в телевидении апертурные корректоры.

Упрощенная схема такого корректора приведена на рис. 4-15, а. Линия задержки, подключенная на выход эмиттерного повторителя через согласующий резистор R_0 , разомкнута на выходе и имеет задержку τ . При этом напряжение на ее выходе, подключенном к одному из входов дифференциального усилителя, не изменяется при изменении частоты входного сигнала. Отраженный от выхода сигнал через время 2τ возвращается на вход линии и поглощается в согласующем сопротивлении. При этом на входе линии действуют два сигнала — входной и выходной, которые суммируются. На частотах, для которых $2\tau = k\pi$, сигнал становится равным нулю, а при $2\tau = k2\pi$ — удваивается по амплитуде; между этими точками амплитуда сигнала меняется по косинусоидальному закону (рис. 4-15, б). Этот суммарный сигнал

через регулятор уровня подается на второй вход дифференциального усилителя и вычитается из выходного сигнала линии. На выходе дифференциального усилителя образуется сигнал, частотная характеристика которого имеет подъем в области верхних частот и спад в области нижних частот. Величина подъема и спада зависит от установки регулятора уровня, т. е. от амплитуды косинусоидального сигнала. Соответствующим под-

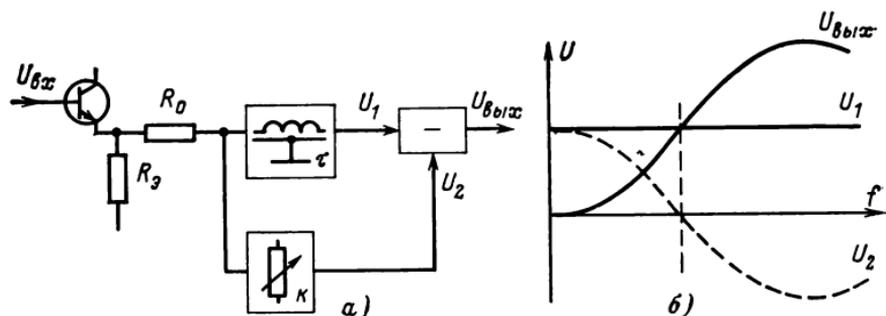


Рис. 4-15. Структурная схема корректора амплитудно-частотных характеристик канала записи-воспроизведения (а) и зависимости амплитуды сигнала от частоты на входах вычитающего устройства и на выходе корректора (б).

бором времени задержки линии τ и коэффициента передачи регулятора уровня можно получить необходимую для коррекции потерь частотную характеристику корректора, которая определяется выражением

$$K(\omega) = (1 - 2k \cos \omega\tau) e^{-l\omega\tau}, \quad (4-17)$$

где τ — время задержки линии; K — коэффициент передачи канала косинусоидального сигнала.

Поскольку для точной коррекции потерь во всем диапазоне частот модулированного сигнала одного корректора обычно недостаточно, используют два последовательно включенных корректора, один из которых включен в общий канал после коммутатора головок, а другой — в канал каждой головки. При этом путем отдельной регулировки корректоров в каждом канале можно устранить влияние разброса характеристик головок.

Неравномерность амплитудно-частотных характеристик канала передачи частотно-модулированного сигнала вызывает искажения насыщенности и оттенков цветных изображений и неравномерность четкости по полю.

Для видеомagneтофонов с несколькими вращающимися головками такие искажения могут еще более подчеркиваться из-за различия характеристик отдельных головок, поскольку насыщенность или цветовой тон двух соседних элементов изображения сравниваются зрителем непосредственно. Использование апертурных корректоров позволяет осуществить автоматическую регулировку частотных характеристик всех каналов, обеспечивающую идентичность цвета или его насыщенности

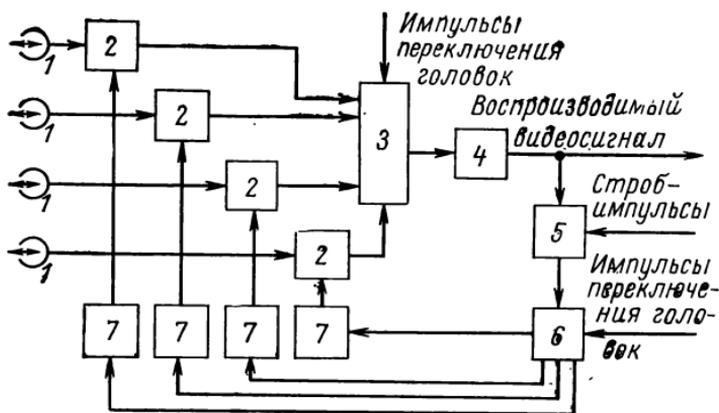


Рис. 4-16. Структурная схема системы автоматической коррекции частотных характеристик канала воспроизведения.

1 — головка видеозаписи; 2 — усилитель воспроизведения с регулируемой частотной характеристикой; 3 — электронный переключатель четырех каналов; 4 — ограничитель и демодулятор; 5 — детектор поднесущей; 6 — электронный коммутатор; 7 — запоминающие ячейки.

по всем каналам головок [46]. Структурная схема такого устройства приведена на рис. 4-16. Воспроизводимый видеосигнал с выхода демодулятора 4 поступает на детектор сигнала цветности 5, в котором с помощью стробирующих импульсов выделяется огибающая немодулированных колебаний цветовой поднесущей, расположенных на задних площадках строчных гасящих импульсов. Выходное напряжение детектора с малой постоянной времени заряда оказывается при этом пропорциональным уровню цветовой поднесущей воспроизводимого сигнала. Постоянная составляющая этого напряжения определяется средним уровнем поднесущей, а переменная — разбросом характеристик отдельных головок. С помощью электронного коммутатора 6, управляемого импульсами переключения головок, выходное напряжение подается на запоминающие ячейки 7, в каж-

дой из которых формируется сигнал, пропорциональный отклонению частотной характеристики данного канала от номинальной. Сигнал, поступающий на регулятор уровня канала с косинусоидальной частотной характеристикой соответствующего усилителя 2, вызывает соответствующее изменение его частотной характеристики. При исключении постоянной составляющей из управляющего сигнала корректоры выравнивают характеристики всех головок, а при сохранении постоянной составляющей — поддерживают заданный уровень цветовой поднесущей. При воспроизведении черно-белых программ такой автоматический корректор может использоваться только при введении в сигнал изображения высокочастотного сигнала, имитирующего сигнал цветности.

Использование нескольких вращающихся головок, попеременно воспроизводящих сигнал с магнитной ленты, приводит к тому, что для получения непрерывного сигнала необходимо поочередное подключение усилителей головок ко входу ограничителя. Просто объединить все головки в один канал нельзя, так как при этом уровень сигнала в каждый момент определяется одной из головок, а уровень помех — всеми каналами, что приводит к значительному ухудшению отношения сигнала к помехе. Упрощенная структурная схема переключателя, обеспечивающего поочередное подключение каналов головок ко входу следующего блока телевизионного тракта видеомагнитофона с четырьмя головками, приведена на рис. 4-17,а. Каждая головка воспроизводит сигнал с магнитной ленты по времени чуть больше длительности четверти оборота диска с головками, что обеспечивает перекрытие сигналов смежных головок. Переходный процесс, возникающий во время переключения, приводит к периодическому появлению помехи в виде черной или белой точки на экране. Так как частота переключения головок составляет 1000 Гц, а частота строчной развертки равна 15 625 Гц, то вследствие некратности этих частот помехи переключения (около 40 за кадр) хаотически перемещаются по экрану. Уменьшение времени переключения хотя и ведет к снижению заметности помех, но не является рациональным. Поэтому устранение заметности помех переключения достигается путем синхронизации момента переключения головок с гасящим импульсом. При использовании компенсатора

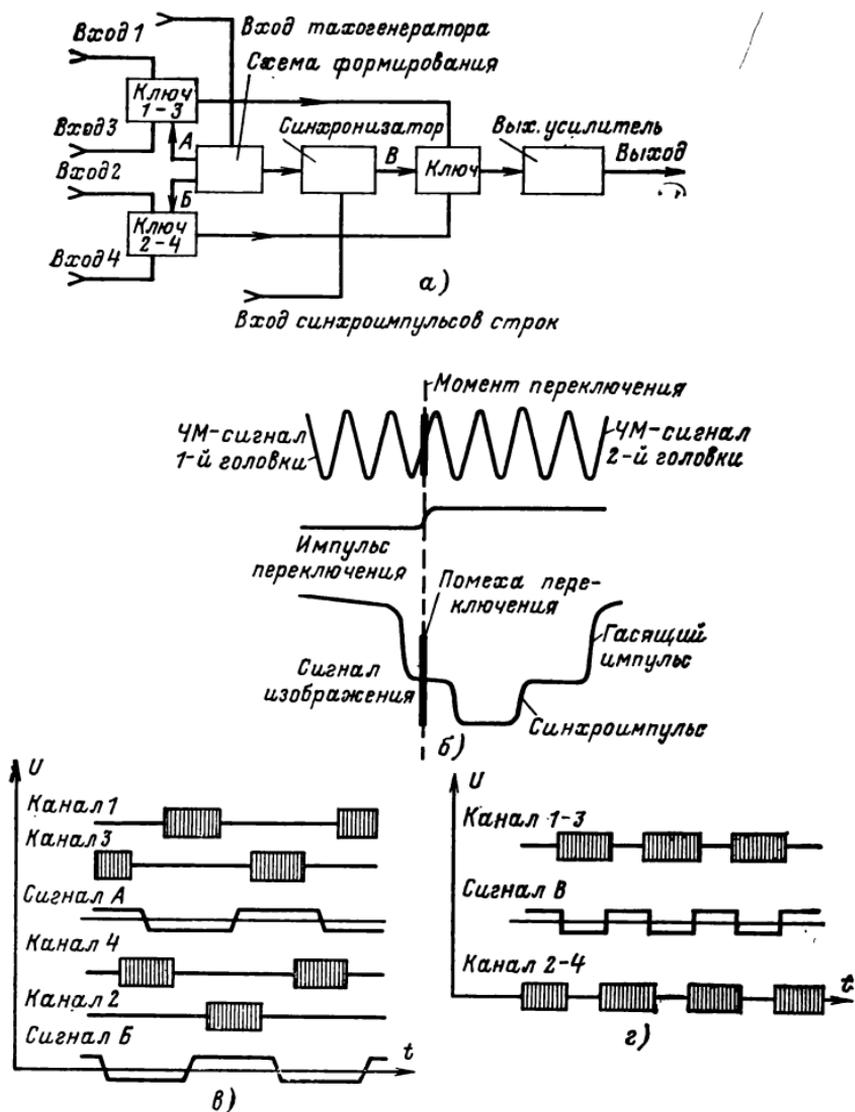
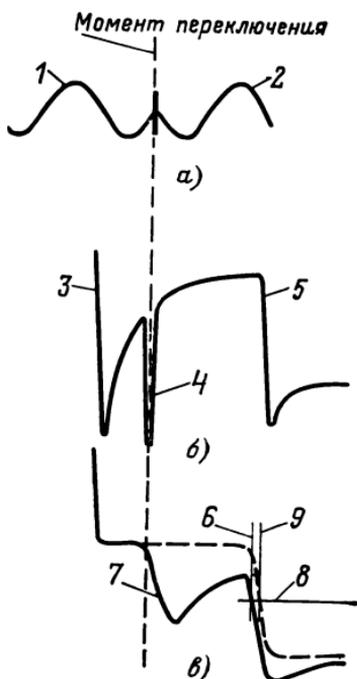


Рис. 4-17. Структурная схема переключателя каналов головок (а) и диаграммы сигналов, поясняющие его работу (б—г).

временных искажений переключение должно совпадать во времени с моментом передачи через канал переднего фронта гасящего строчного импульса и иметь длительность не более 0,1—0,25 мкс (рис. 4-17,б). Так как в воспроизводимом видеосигнале производится замена гасящих импульсов, то помеха переключения вообще

Рис. 4-18. Образование ошибки выделения синхроимпульса из-за влияния затягивания помехи переключения в цепи коррекции предскажений.

а — форма ЧМ-сигнала на выходе электронного переключателя во время перехода от первой 1 ко второй 2 головке; *б* — форма видеосигнала на входе цепи коррекции предскажений: передний фронт гасящего 3 и синхронизирующего 5 импульсов с выбросом 4 переключения; *в* — форма гасящего импульса 6 без помехи переключения и синхронизирующего импульса 7 с помехой переключения; 8 — уровень и 9 — ошибка выделения синхроимпульса при наличии помехи.



исключается. Импульсы переключения головок формируются из сигнала тахогенератора, датчик которого (магнитный или фотоэлектрический) жестко связан с диском головок. С помощью импульсов строчной частоты, вырабатываемых системой обработки, фронты импульсов переключения синхронизируются с гасящими строчными импульсами. Так как сначала производится объединение каналов 1—3 и 2—4, для управления ключевыми схемами этих каналов формируется импульс переключения, длительность фронтов нарастания которых может быть довольно большой, а сами фронты несинхронны со строчными гасящими импульсами (рис. 4-17, в). Объединенные сигналы головок 1—3 и 2—4 подаются на основной ключевой каскад, для управления которым формируется импульс переключения с малой длительностью фронтов, синхронный со строчным гасящим импульсом (рис. 4-17, г). Изображенный на рис. 4-17, б процесс переключения каналов головок соответствует несколько идеализированному случаю, когда частотно-модулированные сигналы на выходах обоих каналов полностью совпадают по фазе. Образующаяся в момент переключения помеха определяется при этом только переходными процессами в коммутирующих элементах. На практике такого совпадения фаз сигналов двух соседних каналов головок нет из-за колебания ленты, неточного расположения головок по окружности диска при записи и воспроизведении и т. д. Это приводит к появлению в момент перехода от одной головки к другой скачка фазы случайной величины и направления

(рис. 4-18,а). Даже при использовании идеального коммутирующего элемента это вызывает появление на выходе демодулятора скачка напряжения, определяемого разностью фаз сигналов в момент переключения (рис. 4-18,б) и достигающего значительной величины. Как указывалось в § 4-2, на выходе демодулятора включена цепь коррекции предскажений, вводимая для уменьшения уровня шумов и восстановления исходной формы сигнала (рис. 4-18,в). Проходя через такую цепь, помеха переключения затягивается и увеличивается по длительности на значительную величину, вызывая смещение фронта следующего за ней синхронизирующего импульса. Это, в свою очередь, приводит из-за конечной длительности фронта к появлению ошибки выделения строчного синхроимпульса в селекторе системы компенсации временных искажений и к ложному срабатыванию этой системы, проявляющемуся в виде смещения строки, следующей за моментом переключения. Особенно большие смещения возникают при квадратурных ошибках расположения головок на диске или неправильной установке вакуумной направляющей, при которых происходит оближение помехи переключения и фронта синхроимпульса следующей строки. Для исключения влияния помехи переключения на работу системы компенсации временных искажений непосредственно перед коррекцией предскажений видеосигнала помехи переключения подавляются. Подавление осуществляется либо в схеме фиксации уровня, либо в компенсаторе выпадений с использованием сигнала предыдущей строки, не содержащей помехи переключения (см. § 5-7).

Относительно высокий уровень шумов в воспроизводимом с ленты сигнале, как уже упоминалось выше, требует принятия специальных мер по их подавлению. Такими мерами являются введение предскажений в записываемый сигнал изображения с последующей их коррекцией при воспроизведении. Для этого непосредственно перед модулятором сигнал изображения пропускают через корректирующий элемент (рис. 4-19,а), поднимающий верхние частоты сигнала. При воспроизведении сигнал пропускают через цепь с обратной характеристикой, восстанавливающей первоначальное соотношение низкочастотных и высокочастотных составляющих сигнала (рис. 4-19,б). Эта цепь благодаря значительному спаду коэффициента передачи в области

частот выше 1—2 МГц снижает также уровень шумов на этих частотах, улучшая таким образом результирующее отношение сигнал/шум примерно на величину коррекции, т. е. около 8 дБ. Для получения неискаженной формы сигнала на выходе видеомагнитофона необходимо, чтобы амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики этих цепей точно дополняли друг друга, поэтому их характеристики и параметры (постоянные времени) строго нормированы.

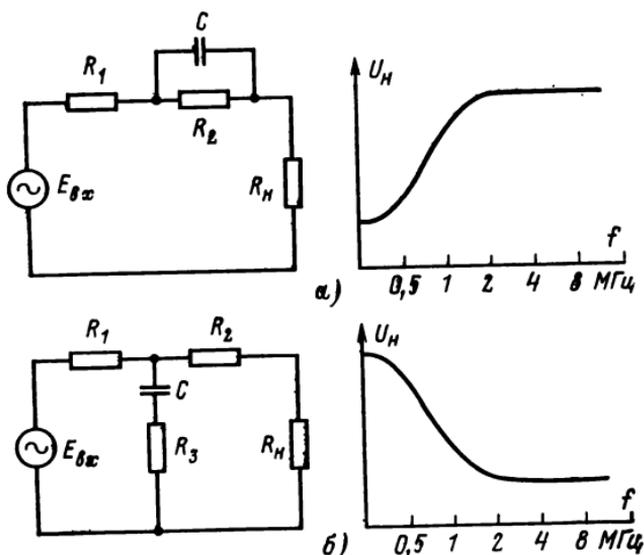


Рис. 4-19. Цепочки предсказаний (а) и коррекции (б) сигнала изображения и их частотные характеристики.

Возникающие в канале записи-воспроизведения волновые потери приводят к необходимости их коррекции, как уже указывалось выше, с помощью специальных корректоров апертурного типа. Это, в свою очередь, приводит к необходимости увеличения коэффициента передачи канала воспроизведения в области верхней боковой полосы частотно-модулированного сигнала и как следствие к значительному увеличению амплитуд составляющих шума в этой области. Поэтому желательно использовать в канале воспроизведения обрабатывающий фильтр, уменьшающий уровень шумов в области верхней боковой полосы сигнала. Таким фильтром может являться цепь с линейно-фазовой и линейно-падающей частотной характеристикой [45]. Такая корректи-

рующая цепь, изменяя форму частотно-модулированного сигнала, не вносит искажений в модулирующий сигнал.

Предположим, что характеристика цепи коррекции (рис. 4-20, а) задана в виде

$$K(\omega) = a - b\omega.$$

Если на ее входе действует сигнал

$$e_{\text{вх}} = \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t),$$

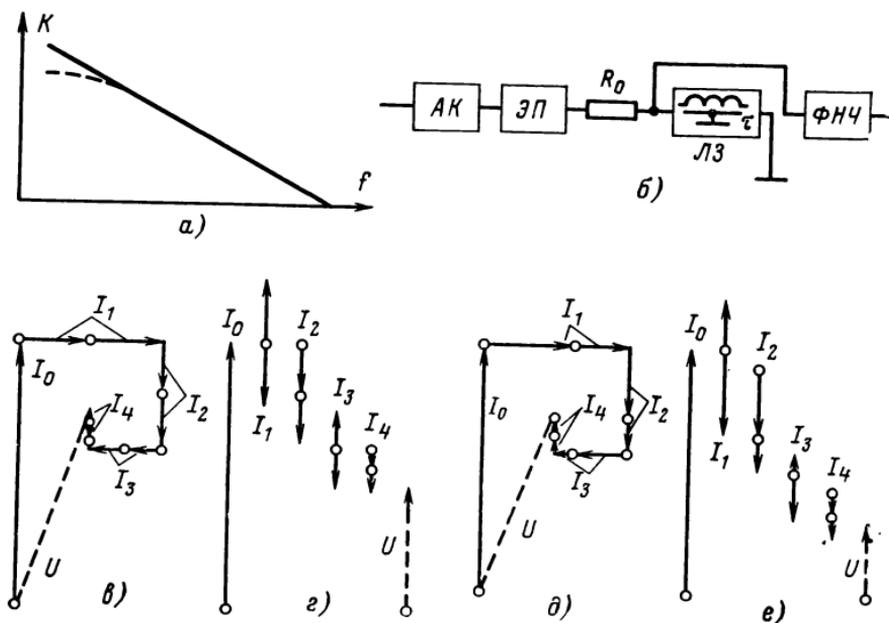


Рис. 4-20. Частотная характеристика (а), структурная схема (б) и векторные диаграммы сигналов для пиковой и нулевой девиации на входе (в, г) и выходе (д, е) корректора с линейно-падающей характеристикой.

АК — амплитудный корректор нижних частот; ЭП — согласующий эмиттерный повторитель; ЛЗ — линия задержки, замкнутая на выходе; ФНЧ — фильтр нижних частот.

то выходной сигнал будет иметь вид:

$$e_{\text{вых}} = K(\omega) e_{\text{вх}} = [a - b\omega] \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t).$$

Так как частотно-модулированное колебание является суммой бесконечного числа частот, то можно за-

ПИСАТЬ:

$$\begin{aligned}
 e_{\text{вых}} &= (a - b\omega) \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(B) \cos(\omega_0 + n\Omega)t = \\
 &= a \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(B) \cos(\omega_0 + n\Omega)t - \\
 &- b\omega \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(B) \cos(\omega_0 + n\Omega)t = a \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) - \\
 &- b \sum_{n=-\infty}^{\infty} (\omega_0 + n\Omega) J_n(B) \cos(\omega_0 + n\Omega)t.
 \end{aligned}$$

В этом выражении член под знаком суммы представляет собой производную от выражения $J_n(B) \sin(\omega_0 + n\Omega)t$, или

$$\begin{aligned}
 e_{\text{вых}} &= a \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) - \\
 &- b \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{d}{dt} [J_n(B) \sin(\omega_0 t + n\Omega)t] = \\
 &= a \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) - b \frac{d}{dt} \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(B) \sin(\omega_0 + n\Omega)t = \\
 &= a \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) - b \frac{d}{dt} \sin(\omega_0 t + B \sin \Omega t) = \\
 &= a \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) - b(\omega_0 + B\Omega \cos \Omega t) \times \\
 &\quad \times \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) = \\
 &= a \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) - b(\omega_0 + \omega_d \cos \Omega t) \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t) = \\
 &= [a - b(\omega_0 + \omega_d \cos \Omega t)] \cos(\omega_0 t + B \sin \Omega t).
 \end{aligned}$$

Таким образом, выходной сигнал отличается от входного на коэффициент

$$[a - b(\omega_0 + \omega_d \cos \Omega t)]. \quad (4-18)$$

Очевидно, если при всех возможных значениях ω этот коэффициент не будет равен нулю, то значения t , при которых выходное колебание равно нулю (т. е. распределение нулевых пересечений), не изменится. Необходимо определить условия, при которых этот коэффициент не равен нулю в диапазоне возможных изменений

частот. При этом случай, когда $b=0$ (плоская частотная характеристика), можно не рассматривать. Решая неравенство

$$[a - b(\omega_0 \pm \omega_d \cos \Omega t)] \neq 0$$

для $b \neq 0$ и произвольного a , можно показать, что неравенство удовлетворяется, если коэффициент передачи цепи (4-17) равен нулю на частоте, лежащей вне диапазона девиации, т. е.

$$\omega' \geq \omega_0 \pm \omega_d,$$

где $\omega' = a/b$.

Таким образом, в этом случае закон модуляции сигнала не будет искажен. Это можно также показать с помощью векторной диаграммы рис. 4-20.

Отметим, что при прохождении частотно-модулированного сигнала через цепь с такой характеристикой возникает паразитная амплитудная модуляция с частотой сигнала, которая подавляется в ограничителе.

В зависимости от реального спектрального распределения шумов на входе цепи с линейно-падающей частотной характеристикой выигрыш по отношению сигнал/шум на выходе демодулятора может достигать 8—12 дБ и более. Поскольку такая цепь не должна вносить фазовых искажений, она также строится на линии задержки (рис. 4-20, б), включенной на входе через согласующий резистор и замкнутой на конце. При этом на входе линии формируется сигнал, частотная характеристика которого изменяется по косинусоидальному закону; с помощью амплитудного корректора происходит некоторое выравнивание нелинейности частотной характеристики в области нижних частот, а с помощью фазокорректированного фильтра нижних частот производится ограничение полосы пропускания выше верхней границы спектра частотно-модулированного сигнала. Благодаря линейности амплитудно-частотной характеристики такого корректора в канале передачи сигнала не возникает дифференциальных искажений амплитуды и фазы воспроизводимого сигнала цветности из-за низкочастотных изменений яркостного сигнала, приводящих к смещению несущей частоты, поскольку при этом не происходит изменения соотношения между несущей и боковыми колебаниями.

4-5. Частотные характеристики канала записи-воспроизведения

Частотные свойства систем прямой магнитной записи характеризуются обычно зависимостью уровня воспроизводимого сигнала от тока записи и частоты записываемого сигнала. Такие амплитудные характеристики (рис. 4-21) измеряются посредством записи и воспроизведения одного гармонического сигнала, частота и уро-

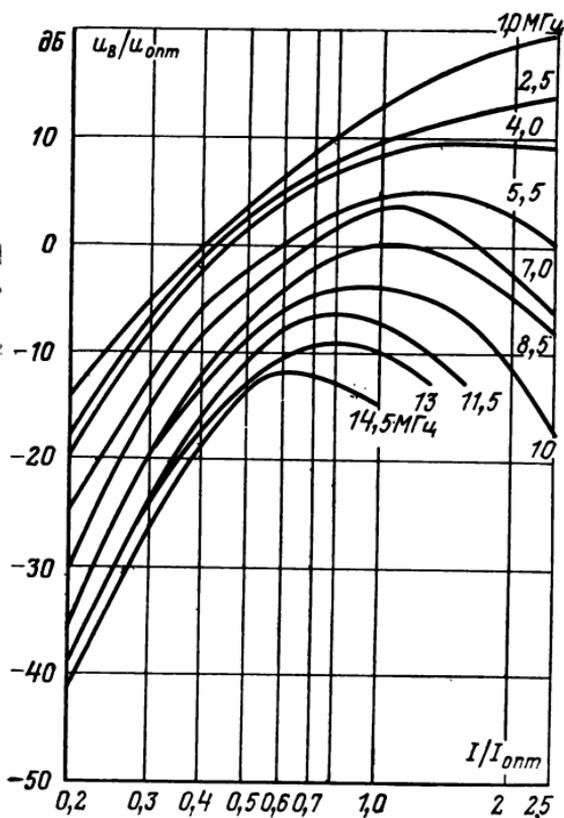


Рис. 4-21. Амплитудные характеристики канала записи-воспроизведения.

вень которого изменяются в необходимых пределах. На приведенных характеристиках за 0 дБ принят максимальный уровень воспроизводимого сигнала с частотой 8,5 МГц, который достигается при оптимальном токе записи $I_{0пт}$.

Однако для оценки частотных искажений, возникающих при записи и воспроизведении ЧМ-сигнала, рассмотренные амплитудные характеристики малопригодны. Действительно, как следует из этих кривых, амплитудно-частотная характеристика канала записи-воспроизведения существенно изменяется при изменениях уровня записываемых сигналов. На практике при записи и воспроизведении ЧМ-сигналов этого не наблюдается. Частотная характеристика канала остается постоянной при значительных изменениях уровня боковых полос.

Предлагалось [47] измерять амплитудные и амплитудно-частотные характеристики канала записи-воспроизведения с помощью колебаний двух частот. Пер-

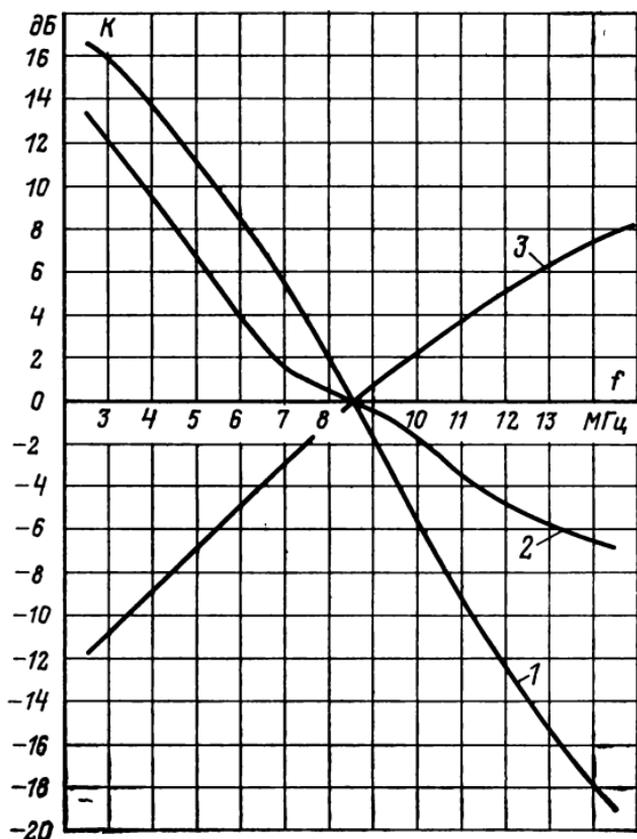


Рис. 4-22. Амплитудно-частотные характеристики канала записи-воспроизведения, измеренные при подаче на вход канала двух колебаний (1), ЧМ-сигнала (2) и характеристика частотного корректора (3).

вое из них с частотой, например, 8,5 МГц записывается оптимальным током и имитирует несущую частоту ЧМ-сигнала. Частота и уровень второго сигнала, имитирующего боковое колебание, изменяются в необходимых пределах. Амплитудные характеристики, измеренные с помощью двух колебаний, оказались линейными в широком диапазоне токов записи и, что весьма существенно, параллельными друг другу (в логарифмическом масштабе). Последнее обстоятельство означает, что волновые потери, сопровождающие процесс записи, постоянны и мало зависят от уровня колебания, имитирующего боковую полосу. В этом случае можно однозначно определить амплитудно-частотную характеристику канала записи-воспроизведения (рис. 4-22, кривая 1).

Полученная зависимость достаточно точно характеризует волновые потери, возникающие при записи сигналов, основная энергия которых сосредоточена в области несущей частоты. Однако при записи и воспроизведении реального ЧМ-сигнала амплитудно-частотная характеристика оказывается несколько иной. Отличия наблюдаются в основном на частотах выше несущей и объясняются тем, что при ограничении ЧМ-сигнала в процессе записи энергия нижней боковой перераспределяется и увеличивает уровень верхней боковой воспроизводимого сигнала. Амплитудные характеристики, измеренные с помощью ЧМ-сигнала, показаны на рис. 4-23, а соответствующая им амплитудно-частотная характеристика — на рис. 4-22 (кривая 2). Частотная характеристика, измеренная по боковым частотам не первого, а более высокого порядка, например второго или третьего, оказывается достаточно близкой к приведенной кривой.

Волновые потери канала записи-воспроизведения корректируются при воспроизведении. Частотная характеристика корректора должна быть обратной характеристике канала, показанной на рис. 4-22 (кривая 2). Волновые потери не сопровождаются фазовыми искажениями. Сдвиг фазы сигнала при записи на минус 90° [48] компенсируется обратным сдвигом, возникающим за счет дифференцирования магнитного потока при воспроизведении. Поэтому для коррекции используются устройства, имеющие линейную фазочастотную характеристику (см. § 4-5). Частотная характеристика, показанная на рис. 4-22, может быть скорректирована с помощью одно-

го корректора, ненормированный коэффициент передачи которого имеет вид:

$$K(\omega) = (1 - 0,97 \cos \omega t_3) e^{-j\omega t_3} \quad (4-19)$$

где $t_3 = 10^{-8}$ с.

Однако на практике часто более удобно использовать два корректора (см. § 4-5). Интересно определить предельные значения уровней боковых полос спектра записываемого ЧМ-сигнала, при которых амплитудно-частотная характеристика канала записи-воспроизведения еще не изменяется сколько-нибудь существенно. Эти пределы определяются двумя факторами: во-первых, границами линейности амплитудных характеристик (рис. 4-23). Из

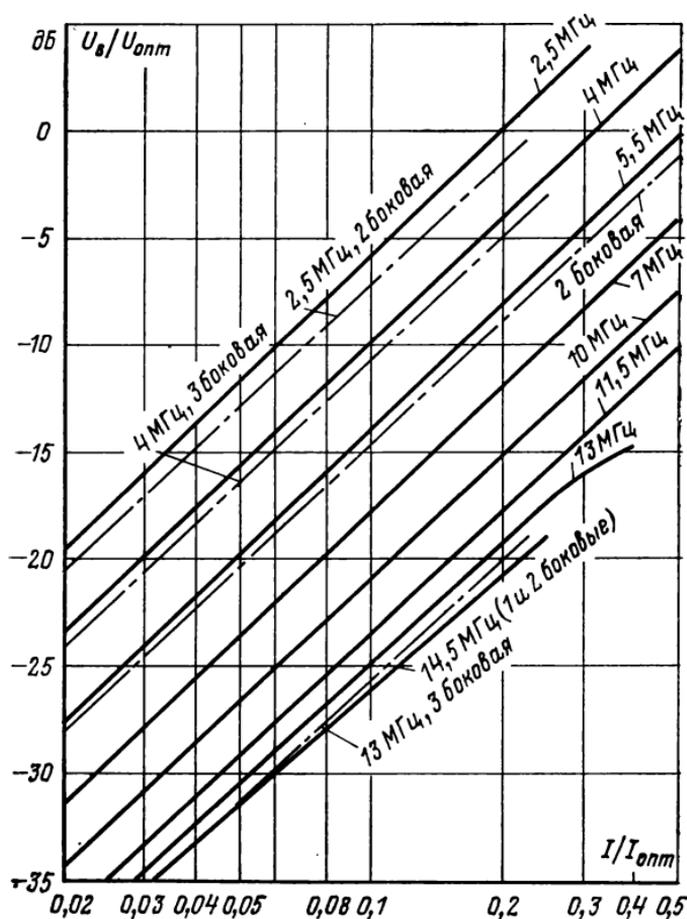


Рис. 4-23. Амплитудные характеристики канала записи-воспроизведения, измеренные с помощью ЧМ-сигнала.

приведенных зависимостей видно, что нелинейность появляется прежде всего на верхних боковых частотах 13—15 МГц при их уровне около 0,3 уровня колебания несущей частоты. Во-вторых, при увеличении уровня боковых полос начинает изменяться коэффициент передачи канала записи-воспроизведения на несущей частоте. Это обстоятельство иллюстрируется рис. 4-24, из которого видно, что наибольшее влияние здесь оказывают боковые частоты, далеко отстоящие от несущей частоты. Однако

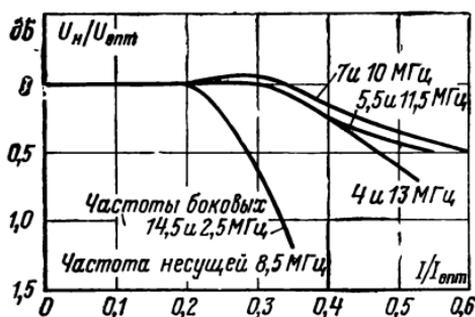


Рис. 4-24. Коэффициент передачи на несущей частоте в зависимости от уровня боковых частот.

и с этой точки зрения возможно увеличить уровень в области верхней и нижней границ спектра ЧМ-сигнала до 0,2—0,3 уровня несущей. Это означает, что при записи сигналов СЕКАМ существует возможность увеличения коэффициента видеискажений приблизительно в 2 раза, что приводит к снижению уровня шума в области сигнала цветности. Однако используемая в настоящее время величина предискажений (8 дБ) стандартизирована, согласована с сигналами различных систем цветного телевидения и ее изменение нежелательно, так как приведет к нарушению взаимозаменяемости различных записей.

4-6. Помехозащищенность канала записи-воспроизведения

В аппаратуре видеозаписи действуют два вида флуктуационных помех. Первый из них аддитивен по отношению к полезному сигналу и складывается из шума усилителя воспроизведения и головки, а также шума размагниченного носителя. Второй вид помех мультипликативен по отношению к записываемому и воспроизводимому

ЧМ-сигналу и вызывается паразитной амплитудной модуляцией ЧМ-сигнала при записи и воспроизведении. Модуляция возникает в основном за счет изменения контакта между головкой и магнитной лентой в режимах записи и воспроизведения.

Спектральное распределение помех на выходе канала воспроизведения показано на рис. 4-25. Это распределение измеряется анализатором спектра или селективным вольтметром на выходе электронного переключателя видеомагнитофона. Все элементы коррекции канала воспроизведения, за исключением цепей компенсации резонанса входной цепи усилителя воспроизведения, при измерениях выключаются. По оси ординат на рис. 4-25 отложено среднее квадратичное значение шума, действующего в полосе 1 Гц, отнесенное к уровню воспроизводимого колебания несущей частоты.

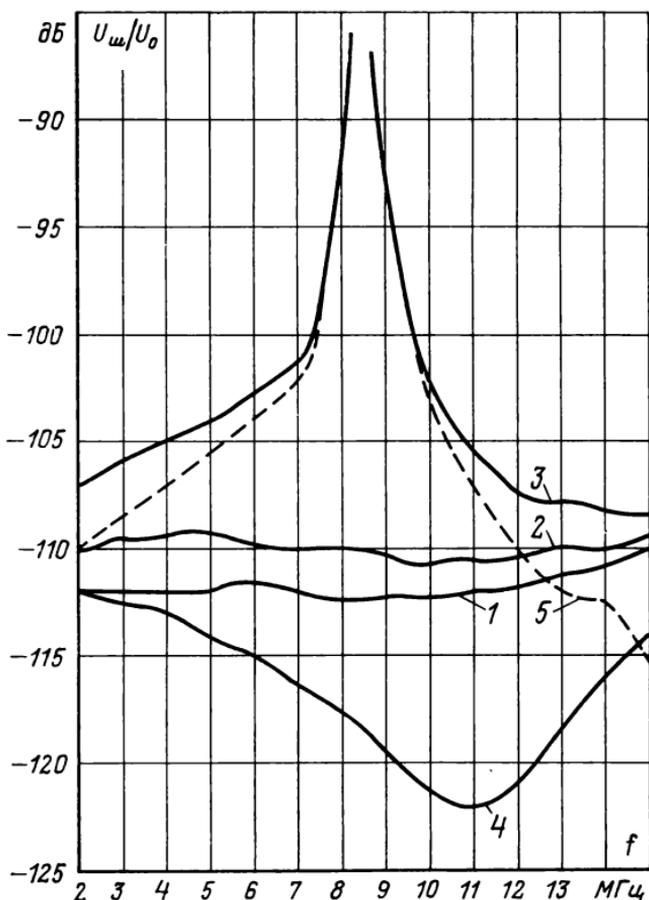


Рис. 4-25. Спектральное распределение помех на выходе канала воспроизведения.

1 — шум усилителя воспроизведения и головки; 2 — шум при воспроизведении размагнитченного носителя; 3 — помехи при воспроизведении немодулированной несущей с частотой 8,5 МГц; 4 — шум усилителя воспроизведения с закороченным входом; 5 — мультипликативная помеха.

Рассмотрим сначала влияние аддитивных помех канала воспроизведения. На рис. 4-26 показана функциональная схема канала воспроизведения. Амплитудный ограничитель, используемый в видеомагнитофоне, имеет значительную глубину ограничения. Поэтому можно считать, что частотный детектор реагирует на мгновенную частоту колебания, поступающего на его вход. В этом случае для оценки помехозащищенности видеомагнитофона по отношению к аддитивным шумам необходимо определить параметры мгновенной частоты колебания несущей $U_0 \cos \omega_0 t$, суммированного со стационарным нормальным процессом $U_{ш}$, имеющим практически равномерное спектральное распределение в диапазоне воспроизводимых частот.

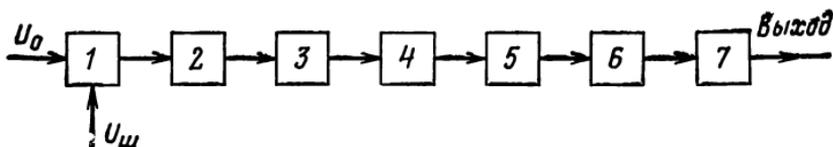


Рис. 4-26. Функциональная схема канала воспроизведения.

1 — головка и усилитель воспроизведения; 2 — корректор канала воспроизведения; 3 — схема с линейно-падающей характеристикой; 4 — амплитудный ограничитель; 5 — частотный детектор; 6 — фильтр нижних частот; 7 — видеокорректор.

В работе [49] показано, что с учетом сделанных замечаний энергетический спектр помехи на выходе частотного детектора имеет вид:

$$F(\omega) = \left(\frac{U_{ш}}{U_0}\right)^2 \omega^2 K^2(\omega + \omega_0), \quad (4-20)$$

где $K(\omega)$ — коэффициент передачи элементов коррекции канала воспроизведения.

При расчете дисперсии помехи на выходе видеомагнитофона необходимо учесть влияние фильтра нижних частот и видеокорректора. Коэффициент передачи последнего является величиной, обратной коэффициенту передачи цепи видеопредыскажений, установленной перед модулятором. Так как основная часть помех на выходе частотного детектора сосредоточена в области частот выше 1 МГц, то коэффициент передачи видеокорректора можно считать постоянной величиной, равной

$$K_{вк} = \frac{1}{K_{пр}}, \quad (4-21)$$

где $K_{пр}$ — коэффициент видеопредыскажений.

Рассчитаем дисперсию помехи на выходе видеомагнитофона с учетом того, что коррекция канала воспроизведения осуществляется одним или несколькими корректорами, коэффициент передачи которых выражается формулой (4-19). Проведем нормирование коэффициента передачи корректора с таким расчетом, чтобы он был равен единице на несущей частоте ω_0 . Тогда

$$K(\omega) = \frac{1 - k \cos \omega t_3}{1 - k^2 \cos \omega_0 t_3}. \quad (4-22)$$

С учетом (4-20), (4-21) и (4-22) получаем выражение для дисперсии помехи на выходе видеомагнитофона

$$\sigma^2 = \frac{1}{2\pi K_{\text{пр}}^2 (1 - k \cos \omega_0 t_3)^{2n}} \times \left(\frac{U_{\text{ш}}}{U_0} \right)^2 \int_{-\Omega_{\text{в}}}^{\Omega_{\text{в}}} \omega^2 [1 - k \cos (\omega + \omega_0) t_3]^{2n} d\omega, \quad (4-23)$$

где $\Omega_{\text{в}}$ — верхняя граничная частота фильтра нижних частот; n — количество корректоров.

В этом выражении предполагается, что крутизна частотного детектора равна единице. Тогда отношение сигнал/шум на выходе равно:

$$D_{\text{вс}} = \frac{\omega_{\text{д}} K_{\text{пр}} (1 - k \cos \omega_0 t_3)^n}{\frac{U_{\text{ш}}}{U_0} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega_{\text{в}}}^{\Omega_{\text{в}}} \omega^2 [1 - k \cos (\omega + \omega_0) t_3]^{2n} d\omega}}, \quad (4-24)$$

где $\omega_{\text{д}}$ — девиация частоты несущей в области нижних модулирующих частот.

Ускорить расчеты можно, пользуясь коэффициентом $d = D_{\text{вс}}/D_{\text{чм}}$, где $D_{\text{чм}} = U_0/U_{\text{ш}}$. Значения d для различных k , n , $\Omega_{\text{в}}$, $\Omega_{\text{в}} t_3$ и $\omega_0/\omega_{\text{в}}$ приведены в [50]. Для профессионального видеомагнитофона, спектр шумов которого показан на рис. 4-25, $D_{\text{чм}} = 3,16 \times 10^5$ (110 дБ) и $D_{\text{вс}} = 36,2$ дБ.

Столь малое отношение сигнал/помеха обусловлено в основном высокочастотными шумами, расположенными в области частот выше несущей, уровень которых в процессе коррекции сильно увеличивается. Для снижения уровня этих шумов и повышения отношения сигнал/шум используется схема с линейно-падающей частотной характеристикой (см. § 4-4). С учетом этой схемы коэффициент передачи корректирующих элементов канала воспроизведения приобретает вид:

$$K(\omega) = \left(\frac{1 - k \cos \omega t_3}{1 - k \cos \omega_0 t_3} \right)^n \frac{\omega_{\text{гп}} - \omega}{\omega_{\text{гп}} - \omega_0},$$

где $\omega_{\text{гп}}$ — частота, на которой коэффициент передачи схемы с линейно-падающей характеристикой обращается в нуль; обычно $\omega_{\text{гп}} = \omega_0 + \Omega_{\text{в}}$.

С учетом этого выражения

$$D_{\text{вс}} = \frac{\Omega_{\text{в}} \omega_{\text{д}} K_{\text{пр}} (1 - k \cos \omega_0 t_3)^n}{\frac{U_{\text{ш}}}{U_0} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega_{\text{в}}}^{\Omega_{\text{в}}} \omega^2 [1 - k \cos (\omega + \omega_0) t_3]^{2n} (\Omega_{\text{в}} - \omega)^2 d\omega}}, \quad (4-25)$$

и при приведенных выше параметрах видеомагнитофона составляет $D_{\text{вс}} = 44,2$ дБ. Таким образом, применение схемы с линейно-падаю-

шей характеристикой повышает отношение сигнал/шум на 8 дБ. Измеренное спектральное распределение шума на выходе видеомангнитофона для данного случая показано на рис. 4-27 (кривая 1). Практически полученное отношение сигнал/шум оказалось несколько ниже расчетного и составило $D_{вс}=43,1$ дБ.

Рассмотрим теперь влияние мультипликативных помех канала записи-воспроизведения. Как уже отмечалось выше, мультипликативная помеха возникает за счет паразитной амплитудной модуля-

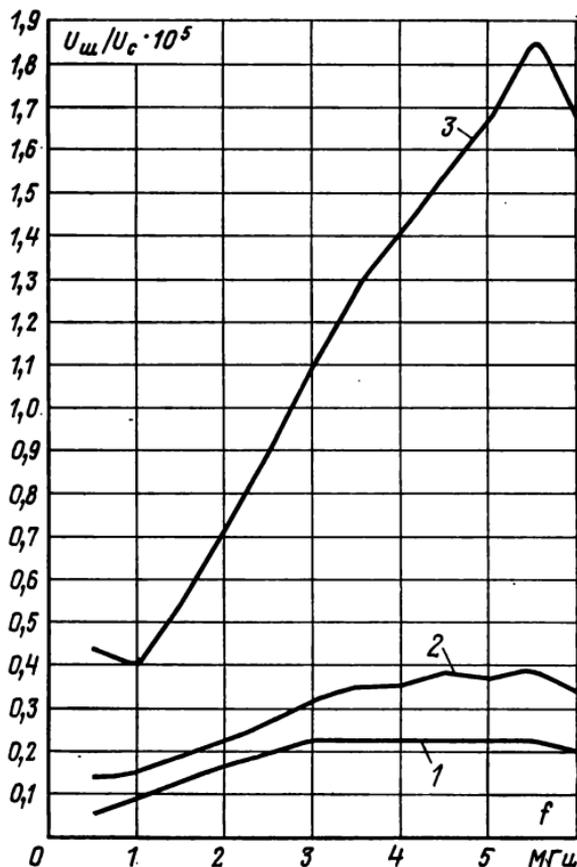


Рис. 4-27. Спектральные распределения шума на выходе видеомангнитофона.

1 — при воздействии только аддитивного шума канала воспроизведения; 2 — при воспроизведении немодулированной несущей; 3 — то же при выключении схемы с линейно-падающей характеристикой.

ции ЧМ-сигнала при записи и воспроизведении. Случайные нарушения контакта между головкой и лентой в процессе записи приводят к тому, что остаточная намагниченность оказывается промодулированной по амплитуде. Кроме того, при флуктуациях расстояния между головкой и лентой изменяется величина и характер волновых потерь записи, что приводит к преобразованию амплитудной модуляции в фазовую и, следовательно, в частотную модуляцию. Таким

образом, остаточная намагниченность оказывается промодулированной не только по амплитуде, но и по частоте, что в дальнейшем создаст помеху на выходе частотного детектора видеоманитофона. При воспроизведении сигнал повторно модулируется по амплитуде и частоте. Наличие в воспроизводимом сигнале паразитной частотной модуляции подтверждается асимметрией спектра мультипликативной помехи, показанного на рис. 4-25 (кривая 5).

Таким образом, природа возникновения и преобразования мультипликативной помехи оказывается достаточно сложной. Это затрудняет анализ подобного вида помех, особенно при условии слабой корреляции модулирующих процессов при записи и воспроизведении. Здесь мы приведем результаты экспериментальной оценки влияния мультипликативной помехи. На рис. 4-27 (кривая 2) показано спектральное распределение шума на выходе видеоманитофона при воспроизведении немодулированного колебания несущей частоты. Отношение сигнал/шум в этом случае составило 40,2 дБ. Таким образом, в данном видеоманитофоне влияние аддитивных и мультипликативных помех оказалось приблизительно одинаковым. Без схемы с линейно-падающей характеристикой отношение сигнал/шум равно 29,5 дБ. Спектральное распределение шума, соответствующее этому случаю, показано на рис. 4-27 (кривая 3).

Для повышения отношения сигнал/шум необходимо увеличить уровень воспроизводимого сигнала и получить значительное превышение над уровнем аддитивных шумов канала воспроизведения. Дальнейшее снижение уровня помех достигается улучшением свойств магнитных лент. В видеоманитофонах последних моделей отношение сигнал/шум достигает 46—49 дБ.

Глава пятая

ОБРАБОТКА ВОСПРОИЗВОДИМЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

5-1. Общие сведения

Воспроизводимый телевизионный сигнал, получаемый на выходе демодулятора видеоманитофона, как правило, не может непосредственно использоваться в телевизионном вещании. Причиной этого являются его искажения в процессе записи-воспроизведения. Сюда следует отнести искажения временного масштаба воспроизводимого сигнала, выпадения, а также импульсные и флуктуационные помехи. Перечисленные искажения устраняются или существенно уменьшаются в канале обработки воспроизводимого сигнала. Функциональная схема такого канала, предназначенного для обработки сигналов черно-белого телевидения или сигналов, кодированных по системе СЕКАМ, приведена на рис. 5-1.

Воспроизводимый видеосигнал с выхода демодулятора поступает на управляемую линию задержки 1, изме-

нением задержки которой корректируются временные искажения. Величина временных ошибок определяется с помощью фазового детектора 14, в котором сравниваются по фазе воспроизводимые строчные импульсы, выделенные селектором 13, и так называемые опорные строчные импульсы. В режиме внутренней синхронизации видеомагнитофона эти импульсы формируются схемой ФАПЧ, имеющей весьма большую постоянную времени автоподстройки.

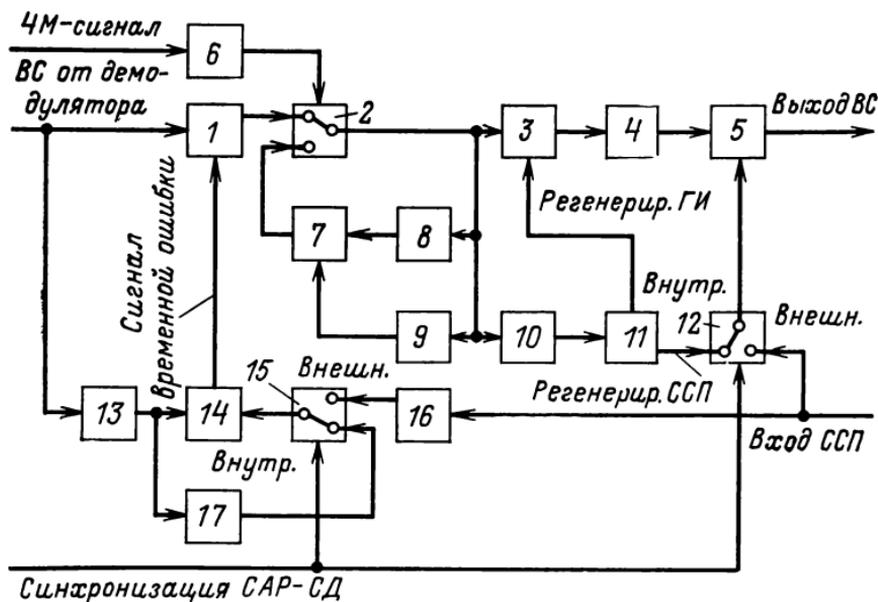


Рис. 5-1. Функциональная схема канала обработки воспроизводимого сигнала.

1 — управляемая линия задержки; 2 — переключатель компенсатора выпадений сигнала; 3 — сумматор гасящих импульсов; 4 — ограничитель уровней белого и черного; 5 — сумматор синхросигнала; 6 — детектор выпадений; 7 — сумматор задержанных сигналов яркости и цветности; 8 — линия задержки на 64 мкс; 9 — линия задержки на 128 мкс; 10 — селектор синхроимпульсов; 11 — блок регенерации гасящих и синхронизирующих импульсов; 12 — переключатель режима синхронизации; 13 — селектор строчных импульсов; 14 — фазовый детектор; 15 — переключатель режима коррекции временных искажений; 16 — формирователь опережающих строчных импульсов; 17 — схема ФАПЧ генератора строчной частоты.

Скорректированный во времени видеосигнал поступает на следующий элемент функциональной схемы — компенсатор выпадений. В отсутствие выпадений сигнал проходит через переключатель 2 на последующие элементы схемы. При выпадении воспроизводимого сигнала переключатель 2 перебрасывается и на его выход посту-

пают сигналы предыдущих строк изображения. Замещающий выпадение сигнал яркости получается из предыдущей строки с помощью линии задержки 8 на время 64 мкс. Иначе формируется замещающий сигнал цветности. Если говорить о сигналах, кодированных по системе СЕКАМ, то ближайшие компоненты цветности, передающие одинаковые цветоразностные сигналы, находятся на расстоянии двух строк. Поэтому замещающий сигнал цветности получается с помощью линии задержки 9 на время двух строк изображения 18 мкс. Сигналы яркости и цветности при суммировании образуют полный замещающий сигнал. Наличие выпадения определяется пороговым амплитудным детектором 6, на вход которого поступает воспроизводимый ЧМ-сигнал.

Описанная схема компенсатора выпадений не является единственно возможной. Варианты ее построения в дальнейшем будут рассмотрены более подробно. Однако эта схема достаточно универсальна и проста и в ней могут использоваться узкополосные ультразвуковые линии задержки как в канале яркости, так и в канале цветности.

Последующие элементы канала обработки предназначены для регенерации импульсной части телевизионного сигнала и исключают влияние импульсных и флуктуационных помех на качество синхронизации воспроизводимого изображения. В сумматоре 3 в видеосигнал замешиваются регенерированные гасящие импульсы. Далее сигнал ограничивается по уровню белого и уровню гасящих импульсов. Последняя операция является весьма существенной, так как предотвращает попадание импульсных и других помех в область регенерированного синхросигнала, который замешивается в видеосигнал в сумматоре 5.

Регенерированные гасящие и синхронизирующие импульсы формируются в блоке 11, который управляется строчными и кадровыми импульсами, выделенными селектором 10 из воспроизводимого видеосигнала.

Как следует из функциональной схемы, коррекция временных искажений и синхронизация воспроизводимого изображения могут осуществляться с использованием внешнего синхросигнала. При этом внешние строчные опорные импульсы для системы коррекции, временных искажений вырабатываются формирователем 16. В этом режиме корректируются все виды временных ошибок и

фаза воспроизводимого видеосигнала оказывается привязанной к фазе внешнего синхросигнала. Вместо регенерированных синхроимпульсов в выходной сигнал могут замешиваться непосредственно внешние синхросигналы. Соответствующая коммутация осуществляется переключателями 12 и 15, имеющими ручное управление. Однако включение режимов внешней коррекции и синхронизации осуществляется только после правильного фазирования двигателя головок относительно внешнего синхросигнала.

Из приведенного описания следует, что переход из режима внутренней синхронизации в режим внешней возможен тогда, когда величина временных ошибок в воспроизводимом сигнале не превышает диапазона изменения задержки управляемой линии. В видеомагнитофонах второго поколения (разработанных до 1970 г.) этот диапазон не превышал, как правило, $\pm 0,6$ мкс. Опыт эксплуатации таких видеомагнитофонов показал, что они не всегда обеспечивают режим внешней синхронизации. Иногда в режиме воспроизведения наблюдаются случайные увеличения временных ошибок, превышающие диапазон их коррекции. Кроме того, время вхождения в синхронизм таких видеомагнитофонов достигает 4—10 с. Поэтому в каналах обработки обязательно предусматривается описанный выше режим внутренней синхронизации. При этом для коррекции временных искажений и синхронизации выходного сигнала используются импульсы от внутренних генераторов с ФАПЧ, которые автоматически подстраиваются под фазу воспроизводимого сигнала даже при весьма значительных временных ошибках. Благодаря этому обеспечивается приемлемое восприятие воспроизводимого изображения.

Дальнейший опыт применения видеомагнитофонов в телевизионном вещании показал, что полное использование технологических возможностей аппаратуры видеозаписи возможно только при обеспечении синхронного режима воспроизведения и существенном снижении времени вхождения видеомагнитофонов в синхронизм. Эта задача была успешно решена расширением диапазона коррекции временных искажений до величин от ± 5 до ± 32 мкс.

Методы построения таких систем коррекции будут рассмотрены в дальнейшем. Сейчас проследим, как изменилась функциональная схема канала обработки ви-

деомагнитофона, предназначенного только для синхронного воспроизведения (рис. 5-2).

Воспроизводимый видеосигнал подается на переключатель компенсатора выпадений яркости 3 и далее на линию задержки 4 с временем задержки 64 мкс. В отличие от ранее упоминавшихся линий задержки, эта включена в канал видеосигнала и поэтому должна обладать широкой полосой пропускания, достаточной для передачи на соответствующей несущей частоте всего

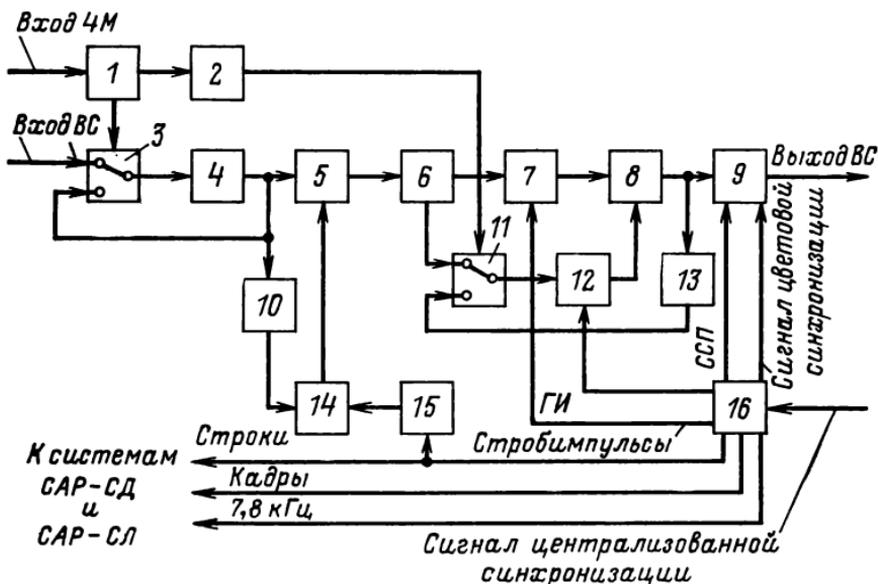


Рис. 5-2. Канал обработки воспроизводимого сигнала видеомагнитофона для синхронного воспроизведения.

1 — детектор выпадений сигнала; 2 — схема задержки; 3 — переключатель компенсатора выпадений сигнала яркости; 4 — линия задержки на 64 мкс; 5 — устройство переменной задержки; 6 — разделитель сигналов яркости и цветности; 7 — сумматор гасящих импульсов и ограничитель уровней белого и черного; 8 — сумматор сигналов яркости и цветности; 9 — сумматор синхросигнала и сигнала цветовой синхронизации; 10 — селектор строчных импульсов; 11 — переключатель компенсатора выпадений сигнала цветности; 12 — схема антисовпадения; 13 — линия задержки на 128 мкс; 14 — фазовый детектор; 15 — формирователь опережающих строчных импульсов; 16 — ведомый синхрогенератор.

спектра видеосигнала. С помощью этой линии видеосигнал задерживается на время одной строки, что позволяет существенно упростить построение двух систем видеомагнитофона. Во-первых, возможно упростить компенсатор дифференциальных, или, как их иногда называют, скоростных, временных искажений, т. е. временных ошибок внутри строки, которые вызывают заметные

искажения сигналов систем ПАЛ и NTSC. В дальнейшем будет показано, что для определения этой составляющей временных искажений необходимо одновременно знать величину временной ошибки в данной и предыдущей строках изображения. При наличии в видеоканале линии задержки на одну строку это не связано с какими-либо сложностями, так как возможно использовать видеосигнал со входа и выхода линии. Во-вторых, возможно упростить компенсатор выпадений сигнала цветности. Выше указывалось, что при компенсации выпадений в сигналах цветности, кодированных по системе SECAM, используется сигнал, задержанный на время двух строк. Однако задержанный сигнал не может непосредственно использоваться для компенсации выпадения, так как фаза цветовой поднесущей в нем не всегда соответствует фазе поднесущей в строке с выпадением. Причиной тому является принятое в системе SECAM трехстрочное чередование фаз цветовой поднесущей. Поэтому при построении компенсатора выпадений сигнала по функциональной схеме рис. 5-1 необходимо следить за совпадением фаз поднесущих в задержанном и незадержанном сигналах цветности и соответственно коммутировать фазу замечающего сигнала.

В данном случае такое слежение можно исключить, так как в компенсаторе выпадений цветности можно заменить сигнал цветности во всей строке, пораженной выпадением. Этот же принцип может использоваться при работе с сигналами, кодированными по системе ПАЛ. Более подробно эти вопросы будут рассматриваться в последующих разделах.

Видеосигнал с выхода линии задержки 4 используется для компенсации выпадений сигнала яркости. Для этого он подается на переключатель 3, который, как и ранее, управляется детектором выпадений 1. Подчеркнем, что здесь компенсируются выпадения только сигнала яркости, так как сигнал цветности, задержанный на время одной строки, не может непосредственно использоваться для компенсации выпадений в сигналах, кодированных по системам SECAM и ПАЛ.

После компенсации выпадений видеосигнал поступает на устройство переменной задержки, где производится коррекция временных искажений. Сигнал временной ошибки вырабатывается детектором 14 в результате сравнения строчных синхроимпульсов, выделенных из

воспроизводимого сигнала, и строчных ведущих импульсов, поступающих от синхрогенератора 16. Синхрогенератор ведется сигналами централизованной синхронизации телецентра и вырабатывает стандартные последовательности ведущих (строчных и кадровых), синхронизирующих и гасящих импульсов. Фазовое расположение всех этих импульсов по отношению к сигналам централизованной синхронизации регулируется в синхрогенераторе таким образом, чтобы обеспечить требуемую фазу воспроизводимого видеосигнала по отношению к другим сигналам телецентра. Синхрогенератор устанавливается в каждом видеомагнитофоне или обслуживает группу близко расположенных видеомагнитофонов, например одну аппаратную.

Скорректированный во времени видеосигнал подается на разделитель сигналов яркости и цветности 6. Как и в предыдущей функциональной схеме, в сигнал яркости замешиваются новые гасящие импульсы и он ограничивается по уровням белого и черного. Сигнал цветности проходит через переключатель компенсатора выпадений 11, который коммутируется в строках с выпадениями сигнала, задержанными и сформированными схемой 2. Замещающий сигнал цветности поступает с выхода линии задержки 13 на время 128 мкс. Далее сигнал цветности проходит через схему антисовпадения 12, которая запирается стробирующими импульсами в интервалах отсутствия цветовой поднесущей. Здесь же подавляются старые сигналы цветовой синхронизации.

Сигнал цветности суммируется с обработанным сигналом яркости, новыми синхроимпульсами и сигналом цветовой синхронизации и поступает на выход видеомагнитофона.

В последующих параграфах данной главы подробно рассматриваются принципы построения и назначение отдельных элементов канала обработки видеосигнала.

5-2. Источники и виды искажений временного масштаба воспроизводимого изображения

В аппаратуре магнитной видеозаписи возникают два вида искажений временного масштаба или просто временных искажений воспроизводимого сигнала. Первый из них вызывается непостоянством фазы и скорости взаимного перемещения магнитной ленты и головок в про-

цессах записи и воспроизведения. В видеомэгнитофонах с вращающимися головками это происходит из-за качаний двигателя головок и неравномерности движения магнитной ленты. Последнее проявляется в основном в одно- и двухголовочных видеомэгнитофонах и мало сказывается в четырехголовочных видеомэгнитофонах, где дорожки записи располагаются практически перпендикулярно направлению движения магнитной ленты.

Эти временные искажения вызывают качания или статический сдвиг во времени воспроизводимого сигнала относительно опорных импульсов. Частота качаний низкая и, как правило, не превышает 30—50 Гц. Визуальное восприятие таких ошибок зависит от режима синхронизации видеоконтрольного устройства. При синхронизации воспроизводимыми или регенерированными синхросигналами временные искажения практически не заметны. При синхронизации внешними импульсами эти ошибки наблюдаются в виде покачиваний или статического сдвига изображения в направлении строчной развертки. Причины возникновения таких временных ошибок рассмотрены в гл. 3.

Другой вид временных искажений вызывается нарушением взаимного расположения вакуумной направляющей ленты, диска с головками, а также изменением углового или азимутального положения головок видеозаписи на самом диске во время записи и воспроизведения. Возникающие при этом временные ошибки обычно называются геометрическими: они наблюдаются в виде взаимного смещения участков изображения, воспроизводимых каждой головкой. Эти временные искажения проявляются в основном в видеомэгнитофонах с четырьмя вращающимися головками.

Рассмотрим более подробно некоторые виды гео-

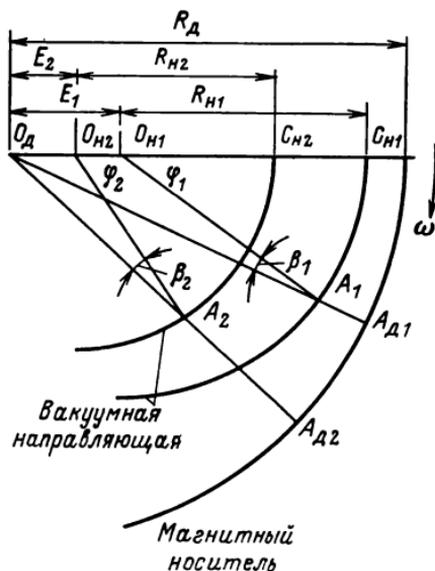


Рис. 5-3. Изменение расстояния между диском с головками и вакуумной направляющей.

метрических искажений. На рис. 5-3 показана часть поперечного сечения диска головок и вакуумной направляющей. Ось вращения диска головок O_d расположена, как правило, на линии, соединяющей центр кривизны вакуумной направляющей $O_{н1}$ с ее серединой $C_{н1}$. Радиус кривизны вакуумной направляющей $R_{н1}$ в общем случае не равен радиусу окружности R_d , описываемой при вращении полюсными наконечниками головок. Рассмотрим запись элемента изображения при условии, что ось вращения диска головок O_d не совпадает с $O_{н1}$, т. е. при наличии продольного эксцентриситета E_1 [51]. В исходном состоянии магнитная лента расположена по образующей вакуумной направляющей и представляет собой часть окружности с радиусом $R_{н1}$. С началом записи магнитные головки входят в контакт с лентой и вызывают ее упругую деформацию. Предположим, что элемент носителя A_1 смещается при этом в точку $A_{д1}$ по радиусу, соединяющему центр вращения головок O_d с A_1 .

При отсутствии продольного эксцентриситета запись произошла бы при повороте полюсного наконечника на угол φ_1 по отношению к линии $O_{н1}C_{н1}$. С учетом эксцентриситета E_1 запись произойдет при повороте диска на угол $\varphi_1 - \beta_1$ или в момент времени

$$t_3 = \frac{\varphi_1 - \beta_1}{\omega} = \frac{60}{2\pi n} \left(\varphi_1 - \arcsin \frac{E_1 \sin \varphi_1}{R_{н1}} \right) \approx \frac{60}{2\pi n} \left(\varphi_1 - \frac{E_1 \sin \varphi_1}{R_{н1}} \right), \quad (5-1)$$

где ω — угловая скорость диска головок; n — частота вращения диска головок, об/мин.

Это выражение позволяет определить момент записи сигнала в любом месте магнитной дорожки по отношению к моменту записи элемента, расположенного в середине ленты $C_{н1}$.

Предположим, что воспроизведение производится при эксцентриситете, равном E_2 , и радиусе вакуумной направляющей $R_{н2}$. Тогда

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 R_{н1}}{R_{н2}}$$

и тот же элемент изображения воспроизводится в момент времени:

$$t_B = \frac{\varphi_2 - \beta_2}{\omega} \approx \frac{60}{2\pi n R_{н2}} (\varphi_1 R_{н1} - E_2' \sin \varphi_2). \quad (5-2)$$

В соответствии с выражениями (5-1) и (5-2) можно определить временную ошибку воспроизведения данного элемента изображения:

$$\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{з}} \approx \frac{60}{2\pi n} \left(\frac{\varphi \Delta R_{\text{н}} + \Delta E_0 \sin \varphi}{R_{\text{н}}} \right), \quad (5-3)$$

где $\varphi \approx \varphi_1 \approx \varphi_2$; $\Delta E_0 = E_1 - E_2$; $R_{\text{н}} \approx R_{\text{н1}} \approx R_{\text{н2}}$.

Из выражения (5-3) видно, что при использовании вакуумных направляющих с одинаковым радиусом кривизны ($\Delta R_{\text{н}} = 0$) временные ошибки отсутствуют только в том случае, если $\Delta E_0 = 0$, т. е. если расстояние между центром вращения диска с головками и вакуумной направляющей не изменяется при переходе от записи к воспроизведению. Поэтому при эксплуатации видео-

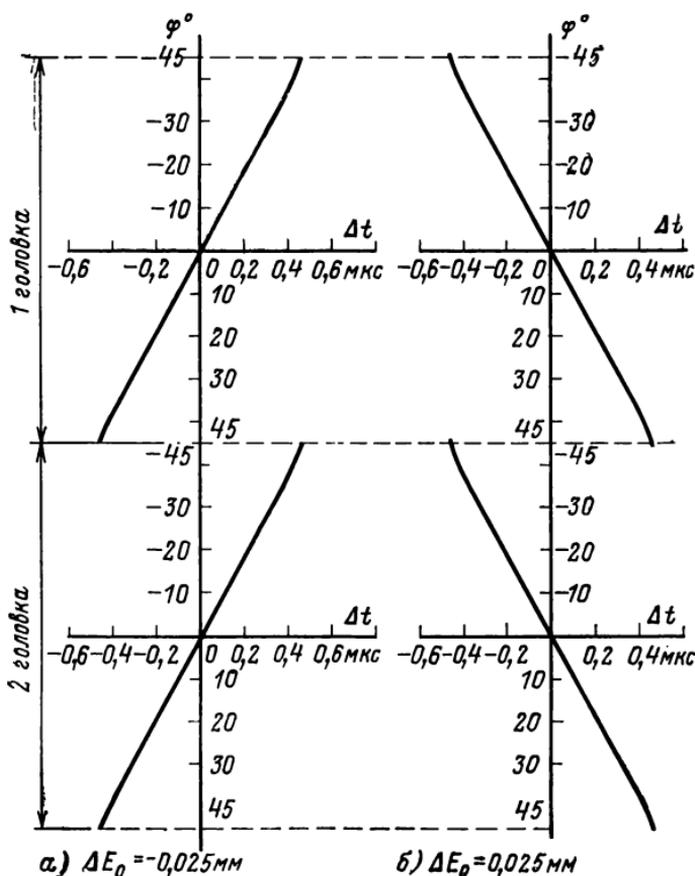


Рис. 5-4. Временные ошибки при расстоянии между диском и вакуумной направляющей, большим (а) и меньшим (б), чем при записи.

магнитофона взаимное расположение диска и вакуумной направляющей должно поддерживаться постоянным независимо от степени износа полюсных наконечников и изменения R_d .

Иначе обстоит дело, если при воспроизведении используется вакуумная направляющая с иным, чем при записи, радиусом кривизны ($\Delta R_n \neq 0$). В этом случае временные ошибки появляются даже при $\Delta E_0 = 0$. Они

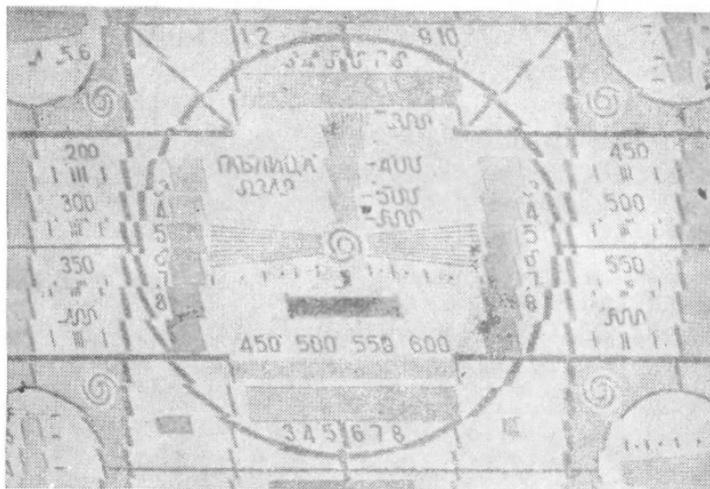


Рис. 5-5. Воспроизводимое изображение при расстоянии между диском и направляющей, меньшем, чем при записи.

могут частично компенсироваться положением вакуумной направляющей. Например, если при воспроизведении используется направляющая с меньшим радиусом кривизны (ΔR_n положительно), то вакуумную направляющую следует отодвинуть от диска головок (ΔE_0 отрицательно) на величину $|\Delta E_0| \approx |\Delta R_n|$. Однако, как видно из выражения (5-3), полная компенсация при изменениях угла φ в пределах $\pm 45^\circ$ невозможна.

На рис. 5-4 показан характер временных ошибок, появляющихся при изменении расстояния между диском и направляющей при $\Delta R_n = 0$. По такому же закону сдвигаются от своего номинального положения элементы воспроизводимого изображения (рис. 5-5). В соответствии с визуальным восприятием рассмотренный вид временных искажений иногда называется «зубчиковым эффектом».

Другой вид геометрических временных искажений возникает при изменении положения вакуумной направляющей в направлении, перпендикулярном линии $O_{Н1}C_{Н1}$, т. е. при наличии поперечного эксцентриситета (рис. 5-6). Как и в предыдущем случае, рассмотрим элемент A_1 , расположенный под углом φ к линии $O_{Н1}C_{Н1}$. Запись происходит при наличии продольного эксцентриситета E_1 , и момент записи определяется выражением (5-1). Предположим, что воспроизведение происходит при неизменном радиусе вакуумной направляющей и ее смещении вверх на величину $\Delta E_{П}$. Отсчет времени по-прежнему ведется от линии $O_{Н1}C_{Н1}$, на которой расположен центр вращения диска головок, так как именно положение диска определяет временное расположение воспроизводимого сигнала. При воспроизведении элемент смещается в точку A_2 и воспроизводится в момент

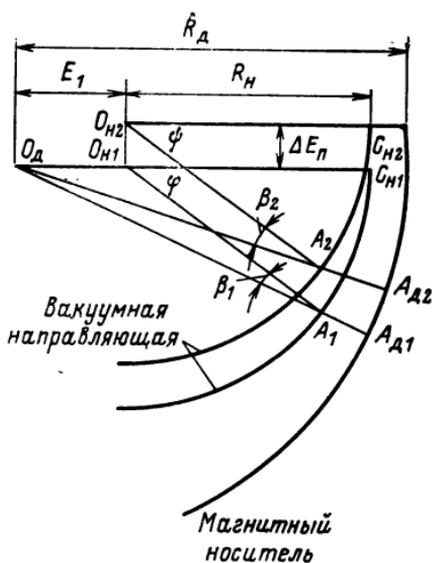


Рис. 5-6. Изменение поперечного эксцентриситета между диском и вакуумной направляющей.

и ее смещении вверх на величину $\Delta E_{П}$. Отсчет времени по-прежнему ведется от линии $O_{Н1}C_{Н1}$, на которой расположен центр вращения диска головок, так как именно положение диска определяет временное расположение воспроизводимого сигнала. При воспроизведении элемент смещается в точку A_2 и воспроизводится в момент

$$t_в = \frac{\varphi - \beta_2}{\omega} \approx \frac{60}{2\pi n} \left(\varphi - \frac{E_1 \sin \varphi + \Delta E_{П} \cos \varphi}{R_H} \right).$$

Временная ошибка равна:

$$\Delta t \approx - \frac{60 \Delta E_{П} \cos \varphi}{2\pi n R_H}. \quad (5-4)$$

Как следует из этого выражения, величина временных ошибок изменяется в зависимости от углового положения воспроизводимого элемента по косинусоидальному закону и все элементы изображения, записанные на данной магнитной дорожке, воспроизводятся с некоторой временной ошибкой.

Форма временных искажений, возникающих при изменении поперечного эксцентриситета, иллюстрируется рис. 5-7 и 5-8. Такой вид временных искажений называется «гребешковым эффектом».

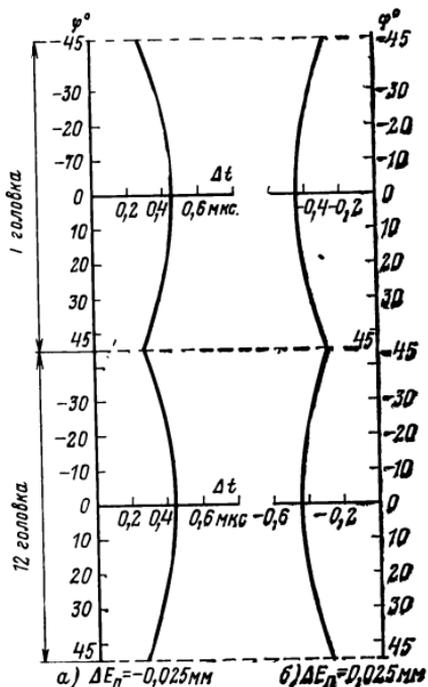


Рис. 5-7. Временные ошибки при смещении вакуумной направляющей вниз (а) и вверх (б) от номинального положения.

головкой. Поэтому все вертикальные линии изображения превращаются в ступенчатую кривую, форма которой повторяется каждый оборот диска головок. Чисто квадратурные ошибки встречаются относительно редко. Временные искажения, возникающие при замене диска головок или целиком блока вращающихся головок, представляют собой, как правило, комбинацию квадратурных ошибок, зубчикового и гребешкового эффектов (рис. 5-9).

Существует еще один вид геометрических искажений, форма которых аналогична квадратурным ошибкам. Это азимутальные ошибки, возникающие вследствие несовпадения направления рабочего зазора головки с направлением движения магнитной ленты [21]. На рис. 5-10 показан процесс воспроизведения сигнала, записанного головкой с неправильным азимутальным положением. Если при воспроизведении рабочий зазор головки дви-

Если при переходе от записи к воспроизведению изменяется угловое расположение головок, то возникают так называемые квадратурные временные искажения. Величина временных ошибок определяется в этом случае следующим образом:

$$\Delta t = - \frac{\Delta\varphi_{\text{в}} - \Delta\varphi_{\text{з}}}{\omega},$$

где $\Delta\varphi_{\text{в}}$ и $\Delta\varphi_{\text{з}}$ — угловые отклонения рабочих щелей головок от номинального положения под углом 90° к соседней головке соответственно в режимах воспроизведения и записи. Положительные значения углов $\Delta\varphi_{\text{в}}$ и $\Delta\varphi_{\text{з}}$ отсчитываются в направлении вращения диска с головками.

Квадратурные ошибки имеют постоянную величину в течение участка изображения, воспроизводимого одной

жется не точно по всей ширине дорожки записи, то возникают временные ошибки, величина которых пропорциональна неточности азимутальной установки и смещению рабочего зазора головки с дорожки записи.

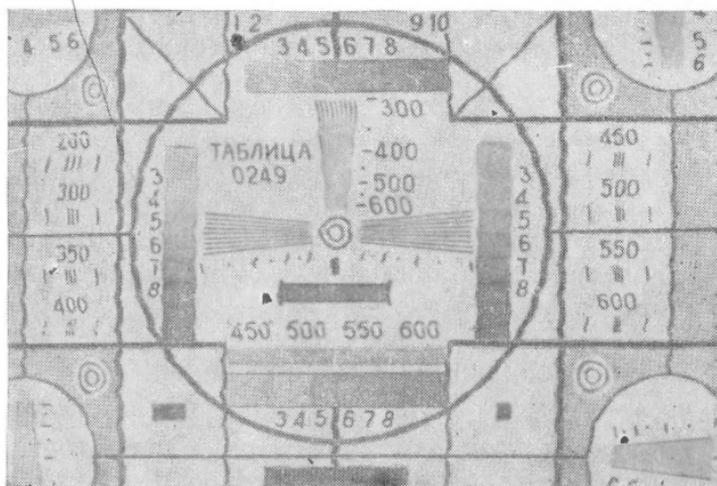


Рис. 5-8. Воспроизводимое изображение при смещении вакуумной направляющей вниз от номинального положения.

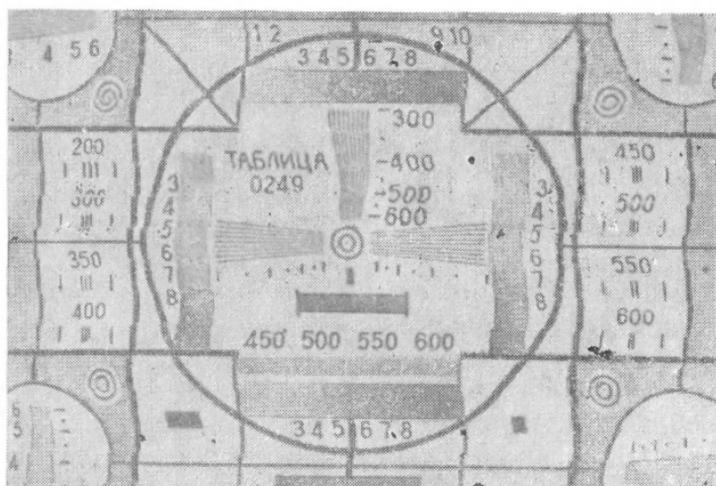


Рис. 5-9. Квадратурные искажения воспроизводимого изображения.

Направление движения ленты

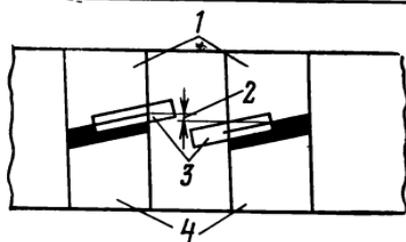


Рис. 5-10. Возникновение азимутальных временных ошибок. 1 — строчки записи; 2 — временная ошибка; 3 — рабочий зазор головок; 4 — записанный сигнал.

Существуют и другие виды геометрических искажений, вызываемых нарушением расположения блока вращающихся головок и других элементов лентопротяжного механизма. Иногда встречаются временные ошибки, связанные с быстрыми (с частотой до 250 Гц) качаниями, точнее, с вибрацией двигателя головок. Однако такие искажения встречаются редко и возникают, как правило, вследствие неправильной эксплуатации видеомэгнитофонов.

5-3. Коррекция временных искажений

Качания и статические сдвиги воспроизводимого сигнала сводятся к возможному минимуму соответствующим построением системы автоматического регулирования скорости диска головок — САР-СД (гл. 3). Обычно эти временные ошибки находятся в пределах 0,1—1 мкс. Дальнейшее уменьшение ошибок осуществляется электронной системой коррекции временных искажений.

Так же обстоит дело с геометрическими искажениями. Они уменьшаются путем прецизионного исполнения элементов блока вращающихся головок и лентопротяжного механизма. Точность механических регулировок блока вращающихся головок должна быть весьма высокой. Например, точность угловой установки головок при условии, что квадратурные ошибки не должны превышать длительности одного элемента разложения изображения, составляет около 22". Обеспечить такую точность при изменяющихся температуре, влажности окружающей среды и в условиях местных перегревов полюсных накопечников затруднительно.

Точность установки вакуумной направляющей в продольном направлении должна составлять около 4 мкм. Обеспечить такую точность очень сложно, учитывая, что направляющая является подвижным элементом. В среднем такая точность установки обеспечивается с помощью системы автоматического регулирования положения вакуумной направляющей. Однако эта электромеханиче-

ская система не может устранить «зубчиковый эффект», который неожиданно появляется при воспроизведении смонтированной программы, отдельные фрагменты которой записаны с разным вдавливанием или с использованием направляющих с разным радиусом кривизны.

Так же, как и качания двигателя головок, оставшиеся геометрические ошибки устраняются электронной системой коррекции временных искажений. Основное преимущество этого устройства перед электромеханическими системами автоматического регулирования заключается в быстром действии, способности корректировать быстрые временные ошибки.

Временные искажения, возникающие в процессе записи и воспроизведения, приводят к паразитной фазовой модуляции воспроизводимого ЧМ-сигнала. Смещение фазы ЧМ-несущей приводит, во-первых, к точно такому же смещению элементов демодулированного видеосигнала (собственно временные искажения). Во-вторых, паразитная фазовая модуляция вызывает частотную модуляцию несущей, ведущую к изменениям амплитуды демодулированного видеосигнала. Для полной коррекции этих искажений было бы необходимо ввести в тракт ЧМ-сигнала элемент управляемой задержки и осуществить фазовую модуляцию, обратную временным искажениям.

Определим, насколько велики амплитудные изменения видеосигнала, вызванные временными искажениями, и требуют ли они коррекции. Например, в случае «зубчикового эффекта» из формулы (5-3) следует, что при $\Delta R_H = 0$ паразитная фазовая модуляция ЧМ-несущей равна:

$$\Delta \varphi_0 = \Delta t \omega_0 = \frac{\Delta E_0 \sin \varphi}{\omega R_H} \omega_0.$$

где ω_0 — частота ЧМ-несущей.

Паразитная частотная модуляция определяется как

$$\Delta \omega_0 = \frac{d\Delta \varphi_0}{dt} = \frac{\Delta E_0 \omega_0}{R_H} \cos \omega t.$$

Максимальная девиация частоты имеет место в середине магнитной дорожки при $\omega t = \varphi = 0$ и равна:

$$\Delta \omega_{\text{макс}} = \frac{\Delta E_0 \omega_0}{R_H}. \quad (5-5)$$

При эксцентриситете $\Delta E_0 = 0,025$ мм, вызывающем временные ошибки около $\pm 0,47$ мкс, максимальная де-

виация $\Delta\omega_{\max}=0,001\omega_0$, что значительно ниже полезной девиации частоты, достигающей $0,18\omega_0$. Таким образом, паразитная частотная модуляция и связанные с ней амплитудные искажения воспроизводимого сигнала весьма незначительны и не требуют коррекции. Этот вывод имеет существенное значение. Поскольку коррекции подлежат только собственно временные искажения, то элемент управляемой задержки может быть установлен

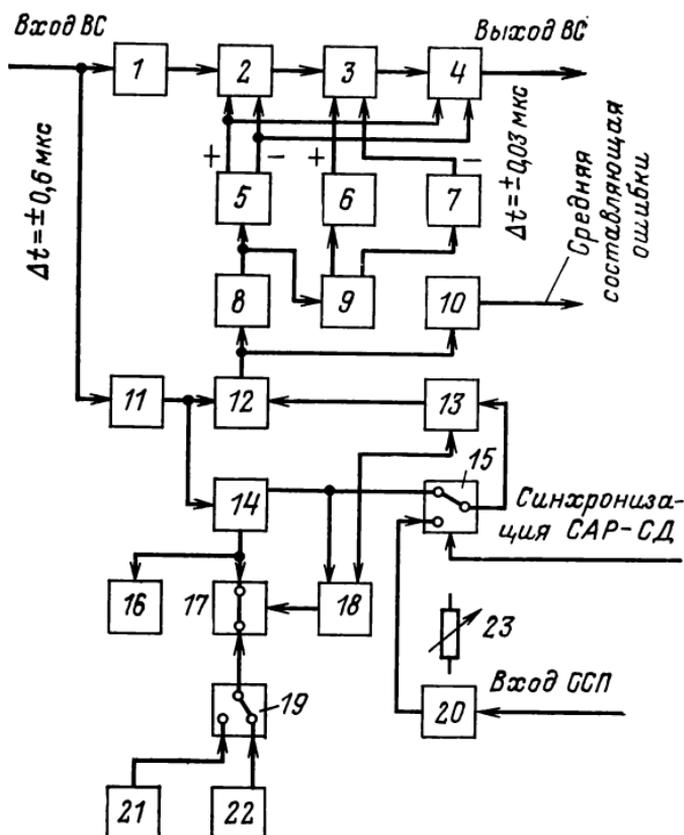


Рис. 5-11. Система коррекции временных искажений с управляемой линией задержки.

1 — фазированная линия задержки; 2, 3 — управляемые линии задержки $1,5 \pm \pm 0,3$ мкс; 4 — управляемый частотный корректор; 5 — фазоинвертор; 6, 7 — компенсирующие линии задержки на 1,5 мкс; 8 — амплитудный корректор 4-й степени; 9 — фазоинвертор; 10 — интегрирующая цепь; 11 — селектор строчных синхронимпульсов; 12 — фазовый детектор временной ошибки; 13 — генератор пилообразного напряжения; 14 — схема ФАПЧ генератора строчной частоты; 15 — переключатель режима коррекции временных искажений; 16 — фильтр с очень малой постоянной времени; 17 — электронный переключатель; 18 — фазовый детектор индикации захвата; 19 — переключатель постоянной времени схемы ФАПЧ; 20 — формирователь опережающих импульсов; 21 — фильтр с малой постоянной времени; 22 — фильтр с большой постоянной времени; 23 — регулятор фазы воспроизводимого видеосигнала.

в видеоканал, что облегчает его построение, так как спектр видеосигнала в два с лишним раза уже спектра ЧМ-сигнала.

Выше отмечалось, что принцип коррекции, используемый в видеомагнитофонах, заключается в том, что время задержки линии изменяется по закону, обратному временным искажениям. Величина временных искажений определяется посредством фазового сравнения положения воспроизводимых и опорных строчных импульсов. Такая коррекция называется построчной [30], так как значение временной ошибки определяется один раз за строку. Для обеспечения коррекции быстрых временных искажений корректоры имеют, как правило, разомкнутую петлю управления. Корректор с управляемой линией задержки использован в различных видеомагнитофонах,

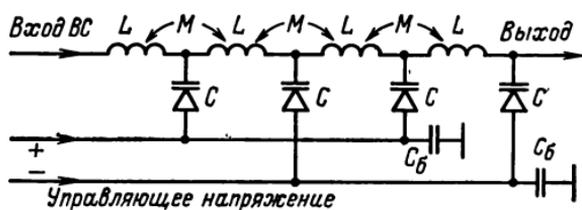


Рис. 5.12. Схема управляемой линии задержки.

в частности VR-2000 и КАДР-3П. Функциональная схема одного из вариантов корректора приведена на рис. 5-11. Воспроизводимый видеосигнал через фазирующую линию задержки 1 поступает на две последовательно соединенные управляемые линии 2 и 3. Задержка каждой линии составляет 1,5 мкс и изменяется на $\pm 0,3$ мкс. Таким образом, диапазон коррекции составляет $\pm 0,6$ мкс. Схема участка линии задержки показана на рис. 5-12. Время задержки линии меняется изменением емкостей варикапов C под действием управляющего напряжения $U_{упр}$. Варикапы разбиты на две группы, которые питаются противофазными управляющими напряжениями. Благодаря этому удается в значительной мере подавить прохождение управляющего напряжения в линию задержки, а также снизить дифференциально-фазовые искажения, неизбежно возникающие при соизмеримых уровнях видеосигнала и управляющего напряжения.

Емкость варикапов изменяется пропорционально $\sqrt{U_{упр}}$, а величина задержки линии пропорциональна \sqrt{C} . Поэ-

тому время задержки линии $\tau'_3 \approx \sqrt[3]{U_{\text{упр}}}$. Индуктивные элементы звеньев линии задержки выполняются обычно на ферритовых сердечниках со связью $m=1,23$. Конденсаторы C_6 обеспечивают заземление шин управляющего напряжения в области высоких частот видеосигнала. В области средних и низких частот эта функция выполняется низким выходным сопротивлением источника управляющего напряжения.

С выхода линий задержки скорректированный видеосигнал поступает на управляемый частотный корректор, который уменьшает изменения частотной характеристики линий, возникающие в процессе регулирования, до величины, не превышающей $\pm 0,5$ дБ. Здесь же, как правило, осуществляется выравнивание фазовой характеристики линий задержки.

Управляющее напряжение (сигнал временной ошибки) вырабатывается фазовым детектором 12 (рис. 5-11). Величина этого сигнала линейно зависит от величины ошибки. Поэтому для правильного управления линиями он преобразуется корректором 8 в напряжение, пропорциональное четвертой степени временной ошибки. Корректор составлен из группы диодов с различными начальными смещениями и аналогичен по принципу действия схемам γ -коррекции, используемым в телевизионных трактах. После предкоррекции управляющее напряжение через фазоинвертор 5 подается на линию задержки 2, а через инвертор 9 и фазирующие линии 6 и 7 — на управляемую линию задержки 3. Время задержки линий 6 и 7 обычно равно средней задержке линии 2, благодаря чему достигается правильное фазовое расположение видеосигнала и управляющего напряжения в управляемой линии 3. Целесообразность разделения управляемой линии на две части и задержки управляющего напряжения будет в дальнейшем рассмотрена более подробно.

Напряжение временной ошибки получается в результате фазового сравнения строчных синхроимпульсов, выделенных из воспроизводимого видеосигнала селектором 11, и пилообразного напряжения, сформированного из опорных строчных импульсов детектором 13. Выделение сигнала ошибки поясняется эпюрами рис. 5-13. Задача заключается в определении положения каждого воспроизводимого синхроимпульса 1 по отношению к опорному импульсу 2. Для этого из опорных импульсов форми-

руется пилообразное напряжение 3. Процесс формирования обратного хода этого напряжения прерывается в момент прихода воспроизводимого синхроимпульса. В результате образуется ступенька, положение которой изменяется по уровню в зависимости от фазы воспроизводимого синхроимпульса. Благодаря уплощению обратного хода удастся точно определить временное положение переднего фронта синхроимпульса 1. Пилообразное напряжение и воспроизводимые синхроимпульсы подаются на быстродействующий фазовый детектор, на выходе которого образуется напряжение ошибки 4. По окончании синхроимпульса детектор запирается и значение напряжения ошибки поддерживается постоянным до прихода следующего импульса.

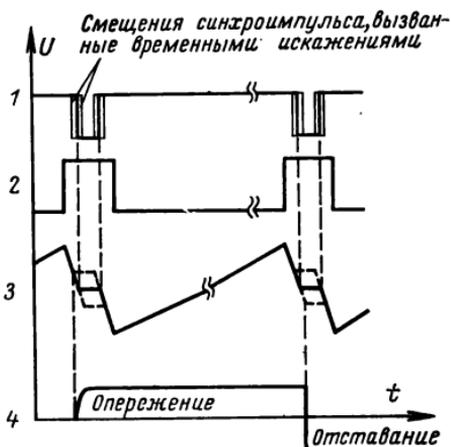


Рис. 5-13. Выделение сигнала временной ошибки.

Внутренние опорные импульсы формируются генератором строчной частоты 14 (рис. 5-11), управляемым воспроизводимыми строчными импульсами с помощью схемы ФАПЧ. Постоянная времени цепи управления частотой этого генератора выбирается таким образом, чтобы в его выходном напряжении отсутствовала фазовая модуляция, вызванная геометрическими временными искажениями. В то же время фаза внутренних опорных импульсов должна подстраиваться вслед за изменениями фазы воспроизводимых синхроимпульсов, вызванными качаниями двигателя головок. Для выполнения этих двух условий постоянная времени делается равной 5—10 мс.

При использовании фильтра со столь большой постоянной времени полоса захвата схемы ФАПЧ оказывается весьма малой. Поэтому в схеме генератора используются два фильтра. Один фильтр 16 с очень малой постоянной времени подключен в режиме захвата частоты и обеспечивает полосу захвата около ± 1000 Гц. Момент установления синхронизма определяется фазовым

детектором 18, после чего переключатель 17 замыкается и к генератору подключается фильтр 22 с большой постоянной времени.

Если воспроизводимая программа содержит много выпадений, составлена из многих не точно смонтированных фрагментов или содержит другие нарушения формы сигнала, то оператор может с помощью переключателя 19 заменить фильтр 22 фильтром 21, имеющим приблизительно в 10 раз меньшую постоянную времени. При этом геометрические временные ошибки корректируются не полностью, однако уменьшается время синхронизации всей системы после нарушений воспроизводимого сигнала.

Внешний опорный сигнал поступает от формирователя опережающих строчных импульсов 20. Изменяя степень опережения этих импульсов по отношению ко входному синхросигналу ССП, можно изменять и устанавливать требуемое фазирование выходного видеосигнала относительно других источников телевизионных сигналов данной студии. Происходит это следующим образом. При регулировании величины опережения внешних опорных импульсов изменяется их фаза относительно воспроизводимого видеосигнала, который в этом режиме синхронен с внешним ССП. На выходе детектора 12 появляется постоянное напряжение, которое изменяет задержку управляемых линий и фазировает выходной видеосигнал. Однако при этом коррекция временных ошибок уже не может осуществляться симметрично в пределах $\pm 0,6$ мкс, так как задержка линий смещена в ту или иную сторону от средней величины. Чтобы избежать этого необходимо, чтобы при регулировке фазы внешних опорных импульсов соответственно изменялась фаза воспроизводимого видеосигнала на входе системы коррекции. Для этого интегрирующей цепью 10 выделяется средняя составляющая сигнала ошибки, которая подается в качестве напряжения обратной связи в САР-СД. При регулировке опережения внешних опорных импульсов положение диска с головками и фаза входного видеосигнала подстраиваются таким образом, что средняя составляющая сигнала ошибки стремится к нулю. Благодаря этому диапазон коррекции временных искажений всегда может использоваться полностью.

Как видно из функциональной схемы рис. 5-11 и схемы участка управляемой линии задержки, показанной на

рис. 5-12, управляющее напряжение прикладывается сразу ко всей линии задержки. При этом возникают трудности коррекции быстрых временных ошибок, изменяющихся за время, соизмеримое с временем задержки. Быстрыми являются геометрические временные искажения, причем наиболее быстрое изменение ошибки имеет место при переходе с головки на головку, если сигнал последней строки, воспроизводимой данной головкой, приближается к сигналу первой строки, воспроизводимой следующей головкой. Это имеет место, например, при увеличении вдавливания полюсных наконечников в режиме воспроизведения (рис. 5-14).

На эюре 1 показана форма воспроизводимого сигнала в момент перехода с головки на головку при отсутствии временных искажений. Последним элементом предыдущей строки является фронт гасящего импульса. Далее происходит переключение головок, в момент которого возникает помеха длительностью около 0,5 мкс. Затем уже второй головкой воспроизводится синхроимпульс и вся последующая строка изображения. Предположим, что длительность переднего уступа строчного гасящего импульса составляет 1,6 мкс и время нарастания синхроимпульса 0,25 мкс. Помеха переключения расположена на середине переднего уступа с тем, чтобы она не препятствовала правильному выделению синхроимпульса и не попала на видимую часть изображения в процессе коррекции временных искажений.

На эюре 2 показан тот же участок сигнала при временной ошибке $\pm 0,2$ мкс. При этом гасящий и синхронизирующий импульсы сблизились на 0,4 мкс. Помеха переключения осталась на прежнем месте, так как переключение головок происходит синхронно с регенериро-

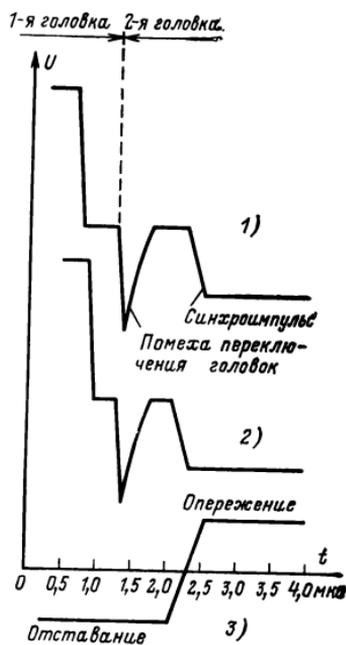


Рис. 5-14. Коррекция быстрых временных искажений.

ванным синхросигналом, фаза которого не подвержена действию временных искажений.

Предположим, что сигнал ошибки (эпюра 3) имеет время нарастания 0,5 мкс и начинает изменяться в момент появления синхроимпульса. Для правильной коррекции положения предыдущей строки задержка обеих управляемых линий должна составить 2,8 мкс, т. е. по 1,4 мкс на каждую. Из эпюр видно, что полная коррекция положения последнего элемента предыдущей строки не произойдет, так как для коррекции фазы синхроимпульса управляющее напряжение должно измениться раньше, чем этот элемент появится на выходе линии задержки. Можно приблизительно оценить остаточную ошибку. В течение 1,1 мкс осуществляется правильная коррекция. Затем, когда сигналу остается пройти до выхода из линии 0,3 мкс, задержка линии начинает изменяться. За 0,3 мкс задержка всей линии изменится по практически линейному закону от 1,4 до 1,52 мкс. Соответственно задержка сигнала до выхода из линии составит 0,313 мкс вместо 0,3 мкс. Таким образом положение элемента в конце строки называется нескорректированным на 13 нс. При коррекции положения синхроимпульса (оценивается по уровню половины его амплитуды) задержка линии вместо 1,6 мкс составит 1,575 мкс, т. е. недокоррекция оказывается равной 25 нс. Аналогичное явление имеет место и во второй управляемой линии задержки. Изменяя время нарастания управляющего напряжения и его положение относительно корректируемого видеосигнала, можно несколько перераспределить остаточные ошибки. Обычно эти ошибки не превышают 30 нс для последнего элемента предыдущей строки и 50 нс для синхроимпульса. Большая величина ошибок в положении синхроимпульса допускается ввиду того, что в дальнейшем она уменьшается при регенерации синхросигнала.

Из предыдущего ясно, что остаточные ошибки при переходе с головки на головку возникают из-за разницы в задержках между управляющим напряжением и проходящим через линию видеосигналом.

Для уменьшения этой разницы управляемая линия разбита на две части. Правильное фазирование видеосигнала и управляющего напряжения в первой части (элемент 2 на рис. 5-11) осуществляется линией 1, а во второй — линиями 5 и 6.

Если при тщательной юстировке блока головок и использовании системы автоматического регулирования положения вакуумной направляющей видеоманитонной вносит небольшие геометрические временные искажения, то конструкция системы коррекции может быть упрощена. Две управляемые линии задержки заменяются одной со средней задержкой около 3 мкс, и в канале сигнала ошибки исключаются фазирующие линии задержки и один из фазоинверторов.

Остаточные временные ошибки рассмотренной системы коррекции временных искажений составляют обычно ± 10 нс и только в строках, соответствующих переключению головок, увеличиваются до ± 30 нс. Такая точность приемлема при работе с сигналами черно-белого телевидения или сигналами, кодированными по системе СЕКАМ.

Перечислим основные причины, могущие вызвать дополнительное увеличение остаточной ошибки.

1. Ошибки выделения синхроимпульсов из воспроизводимого сигнала под действием флуктуационных помех. При отношении сигнал/шум 40 дБ эти погрешности составляют 12 нс пикового значения (см. § 5-10) и не заметны на воспроизводимом изображении. В случае снижения отношения сигнал/шум такие ошибки начинают проявляться в виде случайных смещений положения строк изображения.

2. Неправильное расположение или большая длительность помехи переключения головок. Если эта помеха не успевает окончиться до момента появления переднего фронта синхроимпульса, то он выделяется с ошибкой, что приводит к неправильной коррекции положения каждой первой строки, воспроизводимой одной головкой. Возможность появления таких ошибок в значительной мере исключается при подавлении помехи переключения головок.

3. Значительная нелинейность фазовой характеристики одного из четырех каналов воспроизведения может привести к появлению фазового сдвига между синхроимпульсом и видеосигналом следующей за ним строки. В результате этого происходит неправильная коррекция положения всех строк, воспроизводимых данным каналом, что наблюдается на изображении в виде небольших ошибок, напоминающих по форме квадратурные искажения.

5-4. Особенности коррекции временных искажений при воспроизведении цветowych сигналов систем ПАЛ и NTSC

При воспроизведении цветowych сигналов, кодированных по системе СЕКАМ, временные ошибки, остающиеся на выходе рассмотренной выше системы коррекции, практически не ухудшают качества воспроизводимого изображения. Непосредственно временные ошибки даже менее заметны, чем на черно-белом изображении, из-за маскирующего действия цветовой поднесущей. Нарушение цветопередачи также не происходит, так как паразитная частотная модуляция цветовой поднесущей, вызванная остаточными ошибками, оказывается весьма малой. Действительно, в соответствии с выражением (5-5) паразитная частотная модуляция при остаточной ошибке 30 нс составляет 0,0064%, в то время как полезная девиация частоты поднесущей на крупных деталях изображения достигает 6%.

Иначе обстоит дело при воспроизведении сигналов, кодированных по системам ПАЛ и NTSC. При остаточной ошибке 30 нс изменения фазы цветовой поднесущей 4,43 МГц составляют 48°, что вызывает недопустимые изменения цветowego тона в системе NTSC и заметные отклонения насыщенности в системе ПАЛ. Поэтому в видеомэгнитофонах, предназначенных для записи и воспроизведения сигналов этих систем, вслед за ранее описанной системой коррекции устанавливается еще одна, снижающая остаточные временные ошибки до ± 2 нс [52, 53]. Принцип действия этой второй системы коррекции такой же, как и у первой, за тем исключением, что диапазон коррекции временных ошибок меньше и сигнал ошибки определяется посредством сравнения фаз вспышки поднесущей, выделенной из видеосигнала, с опорной цветовой поднесущей.

На рис. 5-15 приведена функциональная схема системы коррекции, предназначенной для работы с сигналами ПАЛ. При переходе к сигналам NTSC схема упрощается исключением схемы определения порядка чередования фазы вспышки 13 и коммутатора фазы поднесущей 10.

Видеосигнал с выхода системы грубой коррекции временных искажений через фазирующую линию задержки 1 поступает на управляемую линию 2. Задержка линии изменяется в пределах $\pm 0,25$ мкс, благодаря чему обеспечивается коррекция временных ошибок в диапазоне до двух периодов цветовой поднесущей. Далее сигнал проходит через управляемый корректор частотной характеристики 3 и поступает на выход системы. Остаточные ошибки не превышают ± 2 нс и определяются в основном точностью выделения вспышки цветовой поднесущей из воспроизводимого сигнала.

Вспышка цветовой поднесущей выделяется схемой совпадения 6, далее она фильтруется и по окончании каждого второго периода ее колебаний формируются короткие импульсы, которые подаются на один из входов фазового детектора 8. При нормальных длительностях вспышки цветовой поднесущей и стробимпульса, поступающего от схемы 12, количество этих импульсов равно трем.

На второй вход фазового детектора подается пилообразное напряжение, сформированное схемой 9 из колебаний опорной цветовой поднесущей. Как и у импульсов на первом входе детектора, период повторения пилообразного напряжения равен двум периодам цветовой поднесущей. Благодаря этому удается определить и скор-

ректировать временные ошибки в пределах $\pm 360^\circ$ колебаний поднесущей.

Коррекция временных искажений производится относительно внешней цветовой поднесущей при работе видеомагнитофона в режиме внешней синхронизации. Поднесущая проходит через фазовращатель 11, который позволяет установить нужную фазу цветовой поднесущей на выходе видеомагнитофона, и поступает на коммутатор фазы 10. Здесь фаза поднесущей изменяется на $\pm 45^\circ$ при переходе от одной строки к другой синхронно с аналогичными изменениями фазы вспышки в воспроизводимом сигнале. Порядок чередования фазы вспышки определяется схемой 13, на выходе которой

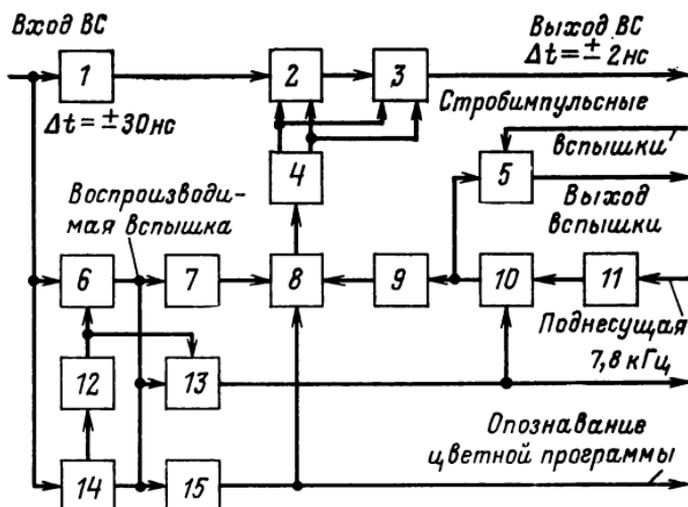


Рис. 5-15. Коррекция временных искажений при воспроизведении цветных сигналов системы ПАЛ.

1 — фазирующая линия задержки 2,5 мкс; 2 — управляемая линия задержки $1,1 \pm 0,25$ мкс; 3 — управляемый корректор частотной характеристики; 4 — амплитудный корректор 4-й степени и фазоинвертор; 5 — схема совпадения и фильтрации; 6 — схема совпадения; 7 — фильтр и формирователь импульсов; 8 — быстродействующий фазовый детектор; 9 — генератор пилообразного напряжения; 10 — коммутатор фазы $\pm 45^\circ$; 11 — фазовращатель; 12 — схема формирования стробимпульсов вспышки; 13 — схема определения порядка чередования фазы вспышки; 14 — синхроселектор; 15 — схема опознавания цветной программы.

получаются симметричные импульсы полустроочной частоты 7,8 кГц. Один из перепадов этого напряжения соответствует фазе вспышки 135° , а другой — 225° . Методы определения порядка чередования цветных сигналов в системах ПАЛ и СЕКАМ в дальнейшем будут рассмотрены более подробно.

Наличие на входе цветного сигнала определяется схемой 15. При воспроизведении сигналов черно-белого телевидения детектор 8 блокируется и управляемая линия устанавливается в положение, соответствующее средней задержке. То же самое происходит при переключении видеомагнитофона для работы с сигналами СЕКАМ.

Сигнал 7,8 кГц используется также и в системе регулирования. С его помощью можно выделить импульсы 12,5 Гц непосредствен-

Но из воспроизводимого видеосигнала, что может быть необходимо при отсутствии монтажных импульсов на дорожке управления.

Из приведенного описания видно, что данная система коррекции, так же как и ранее рассмотренная, действует по принципу построчной коррекции временных искажений, т. е. корректирует положение всей строки изображения в соответствии с сигналом ошибки, определенным в начале строки. При этом правильная коррекция положения всех элементов в строке изображения будет иметь место в том случае, когда величина ошибки вдоль строки постоянна. Однако это условие выполняется только для одного из рассмотренных видов геометрических искажений, а именно для квадратурных искажений. В других случаях величина ошибки изменяется как функция угла поворота диска с головками и, следовательно, изменяется от начала к концу строки. Это изменение величины искажений называется дифференциальной или скоростной составляющей временных ошибок.

Определим значение дифференциальных ошибок. Например, при «зубчиковом эффекте» временная ошибка в начале n -й строки изображения определяется в соответствии с (5-3) при $\Delta R_{\text{н}}=0$ как

$$\Delta t_{\text{н}} = \frac{\Delta E_0}{\omega R_{\text{н}}} \sin \omega t_n,$$

где t_n — момент воспроизведения n -й строки, отсчитанный от момента пересечения рабочим зазором головки линии, соединяющей центр кривизны вакуумной направляющей и середину магнитного носителя. По истечении времени одной строки t_c ошибка изменится:

$$\Delta t_{\text{к}} = \frac{\Delta E_0}{\omega R_{\text{н}}} \sin \omega (t_n + t_c).$$

При определении ошибки в начале строки корректируется величина $\Delta t_{\text{н}}$ и дифференциальная ошибка в конце строки равна

$$\Delta t_{\text{д}} = \Delta t_{\text{к}} - \Delta t_{\text{н}} = \frac{\Delta E_0}{\omega R_{\text{н}}} [\sin \omega (t_n + t_c) - \sin \omega t_n],$$

или с учетом малости угла ωt_c

$$\Delta t_{\text{д}} \approx \frac{\Delta E_0 t_c}{R_{\text{н}}} \cos \omega t. \quad (5-6)$$

Аналогично для «гребешкового эффекта» в соответствии с выражением (5-4) получаем:

$$\Delta t_{\text{д}} \approx \frac{\Delta E_{\text{н}} t_c}{R_{\text{н}}} \sin \omega t. \quad (5-7)$$

Форма остаточных временных ошибок в конце строки показана на рис. 5-16. Видно, что остаточные ошибки имеют небольшую величину и поэтому мало заметны при воспроизведении сигналов черно-белого телевидения или сигналов системы СЕКАМ. При работе же с сигналами систем ПАЛ и NTSC дифференциальные ошибки должны быть скорректированы.

Величина дифференциальных искажений может быть определена путем измерения сигнала ошибки чаще, чем один раз за строку. Этого можно достигнуть, например, добавлением в записываемый видео- или ЧМ-сигнал некоторого пилот-сигнала, частота которого значительно выше строчной частоты [54]. При воспроизведении

пилот-сигнал должен выделяться специальным фильтром и сравниваться по фазе с аналогичным опорным напряжением. Полученный в результате сравнения сигнал ошибки будет отражать характер временных искажений в течение всей строки и может использоваться для управления переменной линией задержки. Основным недостатком такого способа заключается в том, что он может использоваться только при воспроизведении записей, содержащих пилот-сигнал. Чаще используется другой метод, основанный на том, что сигнал ошибки изменяется за время одной строки по закону, весьма близкому к линейному [55].

На рис. 5-17 показана форма напряжения ошибки 1, соответствующая действительному закону изменения временных искажений

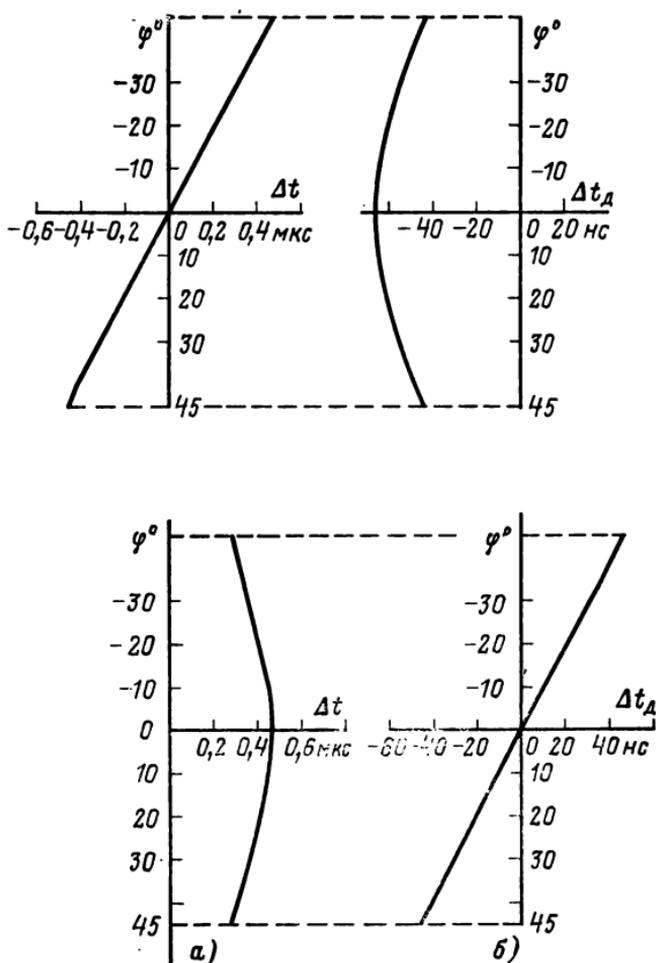


Рис. 5-16. Дифференциальные временные ошибки при «зубчиковом» и «ребешковом» эффектах.

а — временные ошибки в начале строки; *б* — остаточные ошибки в конце строки.

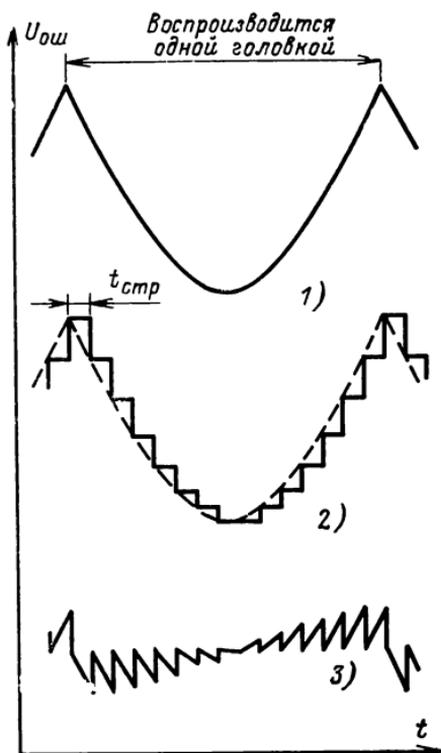


Рис. 5-17. Дифференциальная составляющая сигнала ошибки.

довательно, величина ошибки в первой строке, воспроизводимой первой головкой, равна ошибке в положении того же элемента в той же головке спустя один или несколько оборотов диска. Таким образом, для определения значения ошибки до появления данной строки можно воспользоваться значением ошибки той же строки, воспроизведенной на один оборот раньше. Для этого необходимо запомнить значения ошибок приблизительно в 64 строках воспроизводимого изображения. Общая структурная схема такого устройства, используемого в видеоманитофонах VR-2000, ВСМ-40Е и др., приведена на рис. 5-18. На вход устройства подаются сигналы ошибки первой и второй ступени коррекции временных искажений. Эти сигналы дополняют друг друга, и выходное напряжение сумматора 1 представляет достаточно точную ступенчатую аппроксимацию действительного сигнала ошибки. С выхода сумматора сигнал ошибки поступает на схему управляемой фиксации 2. В результате действия этой схемы сигнал ошибки приравнивается нулю в начале каждой строки и изменяется затем до величины, равной ошибке в данной строке. При этом на выходе схемы фиксации образуется последовательность импульсов, амплитуда и полярность которых соответствуют величине и направ-

при «гребешковом» эффекте» (5-4). При определении сигнала ошибки в системах построчной коррекции этот закон заменяется некоторой ступенчатой функцией 2 (нулевая интерполяция), построенной по интервалам отсчета, следующим с частотой строк. В результате разница между истинным и полученным напряжением ошибки имеет вид некоторого пилообразного напряжения 3, нарастающего между точками отсчета по почти линейному закону. Для формирования такого напряжения необходимо знать направление изменения ошибки от предыдущей строки к последующей и величину этого изменения. Другими словами, значение ошибки в некоторой строке должно быть определено до момента ее появления, одновременно со значением ошибки в предыдущей строке. При этом надо иметь в виду, что величина дифференциальных временных искажений для данной строки или данного элемента строки изменяется весьма незначительно и повторяется при каждом обороте диска головок. Сле-

лению изменения сигнала ошибки. После того, как величина сигнала ошибки данной строки уже известна, импульс ошибки через схему заряда 3, ключ записи 4 и коммутатор 5 поступает в запоминающее устройство и заряжает одну из его ячеек. При воспроизведении этой же строки спустя один оборот диска с головками произойдет повторный заряд этой же ячейки и т. д. По истечении некоторого времени в каждой ячейке запоминающего устройства будут храниться значения ошибок в каждой из 64 строк, воспроизводимых за один оборот диска с головками. Постоянная времени заряда накопительных конденсаторов запоминающего устройства выбирается из соображений усреднения величины ошибки за несколько оборотов диска и равна приблизительно 0,5 с. При такой постоянной времени происходит еще относительно быстрый перезаряд ячеек при резком изменении величины дифференциальных искажений (например, при воспроизведении смонтированной программы). В моменты времени, незначительно опережающие начало каждой строки, напряжение ошибки считывается с каждой ячейки с помощью ключа 6 и через генератор тока 7 заряжает конденсатор С. Напряжение на этом конденсаторе изменяется по линейному закону и пропорционально величине сигнала ошибки при переходе от одной строки к другой.

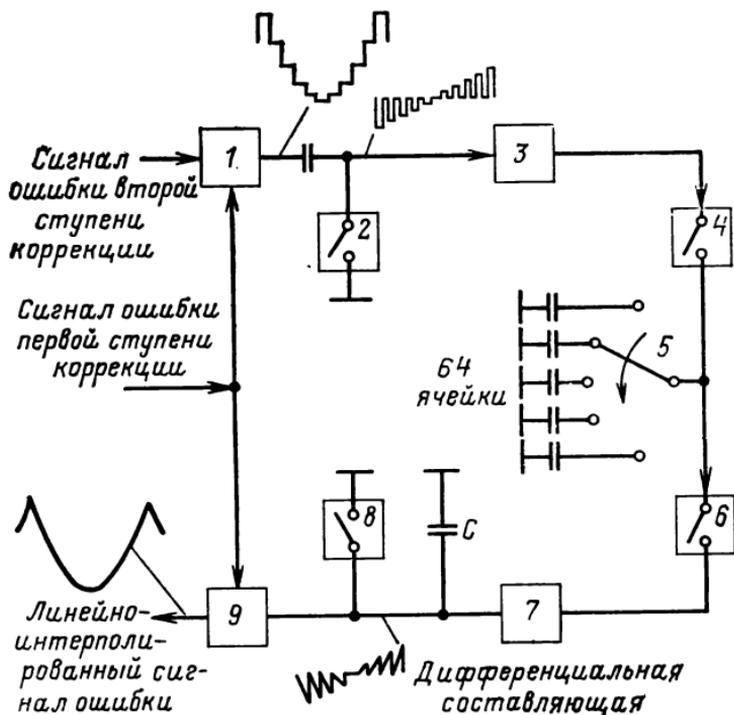


Рис. 5-18. Устройство выделения дифференциальной составляющей сигнала ошибки.

1 — сумматор сигнала ошибки; 2 — схема управляемой фиксации; 3 — схема заряда; 4 — ключ записи; 5 — электронный коммутатор; 6 — ключ считывания; 7 — генератор тока; 8 — ключ сброса; 9 — сумматор дифференциальной составляющей сигнала ошибки.

В конце каждой строки напряжение на конденсаторе приравнивается нулю с помощью ключа сброса 8. Таким образом на конденсаторе С выделяется дифференциальная составляющая сигнала ошибки, которая складывается в сумматоре 9 с сигналом ошибки первой ступени коррекции. Полученное линейно-интерполированное напряжение достаточно точно совпадает с действительным сигналом ошибки. Оно используется для управления линией задержки первой ступени коррекции и обеспечивает компенсацию временных искажений во время всей строки изображения с точностью около ± 2 нс.

Недостатки рассмотренного устройства заключаются в его сложности и небольшом быстродействии. Если в канале обработки видеосигнала установлена широкополосная линия задержки на время одной строки (рис. 5-2), то определение дифференциальной составляющей ошибки существенно упрощается. В этом случае возможно непосредственное измерение величин ошибок в предыдущей и последующей строках изображения, линейная интерполяция полученных значений и коррекция дифференциальных ошибок в предыдущей строке.

5-5. Системы с широким диапазоном коррекции временных искажений

Существенным недостатком рассмотренных систем коррекции является малый коэффициент использования управляемой линии задержки. Обычно отношение диапазона коррекции временных искажений к величине средней задержки линии не превышает 30%. Поэтому создать систему с диапазоном коррекции ± 5 мкс и более на основе использования управляемой линии задержки не представляется возможным. Необходимая для этого управляемая линия с временем задержки около 30 мкс внесла бы в видеосигнал недопустимые искажения. Кроме того, такая система не смогла бы корректировать быстрые, например геометрические, временные ошибки.

Другим недостатком управляемой линии задержки является ее большой размер, определяемый дискретными радиоэлементами, из которых состоит линия задержки. Этот недостаток может быть устранен путем замены традиционной линии задержки аналоговым регистром сдвига [56]. Регистр представляет собой накопительные конденсаторы, соединенные друг с другом через коммутирующие транзисторы. Заряды на конденсаторах соответствуют мгновенному значению уровней видеосигнала и продвигаются вдоль регистра с помощью тактовых импульсов. Такая линия задержки может быть весьма компактной. Регистр сдвига в интегральном исполнении, состоящий из 70 ячеек и имеющий задержку 5—6 мкс,

занимает площадь около $4,5 \text{ мм}^2$. Изменение времени задержки достигается за счет изменения тактовой частоты. Ее верхнее значение ограничивается быстродействием коммутирующих транзисторов и достигает 30 МГц . Нижнее значение определяется требованиями теоремы Котельникова и находится в пределах $12\text{—}15 \text{ МГц}$. Таким образом, коэффициент использования линии не превышает 50% и ей присущ тот же недостаток, что и

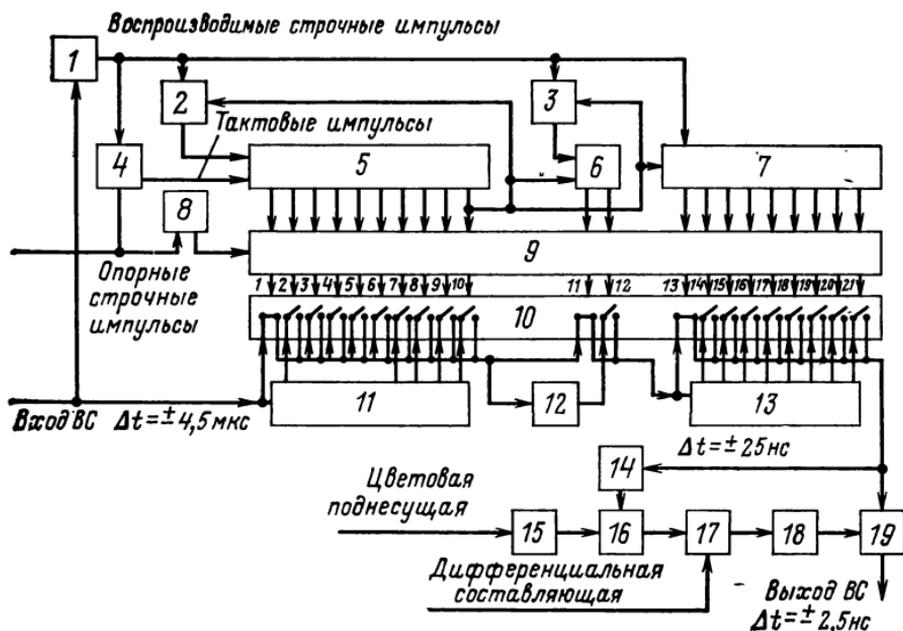


Рис. 5-19. Система с диапазоном коррекции временных искажений $\pm 4,5 \text{ мкс}$.

1 — селектор синхриимпульсов; 2, 3 — схемы ИЛИ; 4 — генератор тактовых импульсов частоты 20 МГц ; 5 — регистр сдвига объемом два бита; 6 — регистр сдвига объемом десять бит; 7 — регистр сдвига объемом девять бит; 8 — схема формирования опережающих импульсов; 9 — блок промежуточной памяти; 10 — электронные переключатели; 11 — линия задержки $50 \text{ нс} \times 9$; 12 — линия задержки $0,5 \text{ мкс}$; 13 — линия задержки $1 \text{ мкс} \times 8$; 14 — блок выделения всплески поднесущей; 15 — фазовращатель опорной поднесущей; 16 — фазовый детектор сигнала ошибки; 17 — сумматор дифференциальной составляющей сигнала ошибки; 18 — амплитудный корректор 4-й степени и фазоинвертор; 19 — управляемая линия задержки $\pm 110 \text{ нс}$.

обычной линии задержки — неспособность корректировать быстрые временные ошибки.

Увеличить коэффициент использования линии практически до 100% можно, если изменение времени задержки осуществить путем коммутации отводов линии или включением в тракт видеосигнала различного коли-

чества постоянных линий задержки. Один из вариантов системы коррекции, построенной по этому принципу и применяемой в видеоманитоне ВСМ-40Е, показан на рис. 5-19 [57]. Строчные синхроимпульсы, выделенные из воспроизводимого видеосигнала, запускают генератор тактовых импульсов 4. Период следования этих импульсов равен 50 нс. Одновременно воспроизводимые строчные импульсы через схему ИЛИ 2 поступают на сигнальный вход регистра сдвига 5. Генератор тактовых импульсов прекращает свою работу в момент прихода строчного опорного импульса со схемы формирования опережающих импульсов. Таким образом, количество тактовых импульсов на выходе генератора определяется временным сдвигом между воспроизводимыми и опорными строчными импульсами. С приходом опорного импульса сигнал с соответствующего вывода регистра переносится в блок промежуточной памяти 9, и запоминается на время строки. Одновременно этот сигнал управляет работой электронных коммутаторов 10, включая в видеоканал требуемую задержку.

Предположим, что воспроизводимый строчный импульс опережает опорный на 50 нс. В этом случае в видеоканал должна включаться одна линия задержки 50 нс. Происходит это следующим образом. С выхода генератора 4 поступает один тактовый импульс, появляется сигнал на первом выводе регистра 5 и коммутатор 1 из группы 10 размыкается, а 2 — замыкается. Положение остальных коммутаторов не изменяется, в результате чего видеосигнал на выходе коммутируемых линий оказывается задержанным на 50 нс. Если воспроизводимый импульс опережает опорный на 0,5 мкс, то на выходе генератора образуется 10 импульсов. Регистр сдвига 5 переходит в исходное состояние, при котором коммутатор 1 замкнут, а девять остальных разомкнуты. С последнего вывода этого регистра сигнал через схему ИЛИ 2 поступает вновь на сигнальный вход регистра 5 и одновременно на тактовый вход регистра 6. При этом коммутатор 11 размыкается, а 12 замыкается, и в видеоканал включается линия задержки на 0,5 мкс. Если воспроизводимый импульс опережает опорный на 1 мкс, то регистры 5 и 6 переходят в исходное состояние. Со второго вывода регистра 6 один тактовый импульс поступает в регистр 7, благодаря чему коммутатор 13 размыкается, а 14 замыкается, включая в видеоканал линию

с задержкой 1 мкс. Аналогично можно определить положение регистров и коммутаторов для других значений временных ошибок.

Если не учитывать возможные отклонения времени задержки коммутируемых линий от номинального значения, то остаточная ошибка на их выходе не превышает ± 25 нс. Дальнейшее снижение ошибки осуществляется с помощью небольшой управляемой линии задержки 19. Сигнал ошибки выделяется детектором 16 посредством сравнения фаз опорной цветовой поднесущей и вспышки, выделенной из выходного видеосигнала коммутируемых линий задержки. При воспроизведении сигналов черно-белого телевидения или сигналов системы СЕКАМ в детекторе 16 могут сравниваться опорные строчные синхроимпульсы и импульсы, выделенные из выходного сигнала коммутируемых линий задержки.

В номинальном положении воспроизводимые строчные импульсы опережают опорные на 4,5 мкс, благодаря чему диапазон изменения задержки системы используется симметрично для коррекции ошибок опережения и отставания.

Как следует из приведенного описания, после поступления команды с блока промежуточной памяти время задержки системы изменяется весьма быстро. Так же быстро появляется скорректированный сигнал на выходе коммутируемых линий задержки. Благодаря этому система обладает способностью корректировать быстрые временные ошибки.

Наиболее сложно в данной системе коррекции обеспечить равенство коэффициентов передачи видеосигнала через различные комбинации коммутируемых линий задержки. Разница коэффициентов передачи в области низких частот не должна превышать 0,1—0,3%. Достигается это за счет того, что линии 11, 12 и 13 состоят из отдельных блоков задержки с временем задержки соответственно 50 нс, 0,5 мкс и 1 мкс. Каждый такой блок содержит корректирующие и усилительные элементы. Посредством прецизионной регулировки коэффициент передачи каждого блока устанавливается равным единице.

Функциональная схема другой системы, установленной в видеоманитоне AVR-1 и имеющей диапазон коррекции временных искажений ± 32 мкс [58], показана на рис. 5-20. В отличие от вышерассмотренной

системы, здесь используются отдельные коммутируемые линии, время задержки которых соответствует ряду двоичных чисел: 1, 2, 4, 8, 16, 32 мкс. С помощью такого набора линий может быть получено изменение задержки в пределах от 1 до 63 мкс с шагом 1 мкс. В системе используются ультразвуковые линии задержки. Поэтому входной видеосигнал переносится в рабочий диапазон

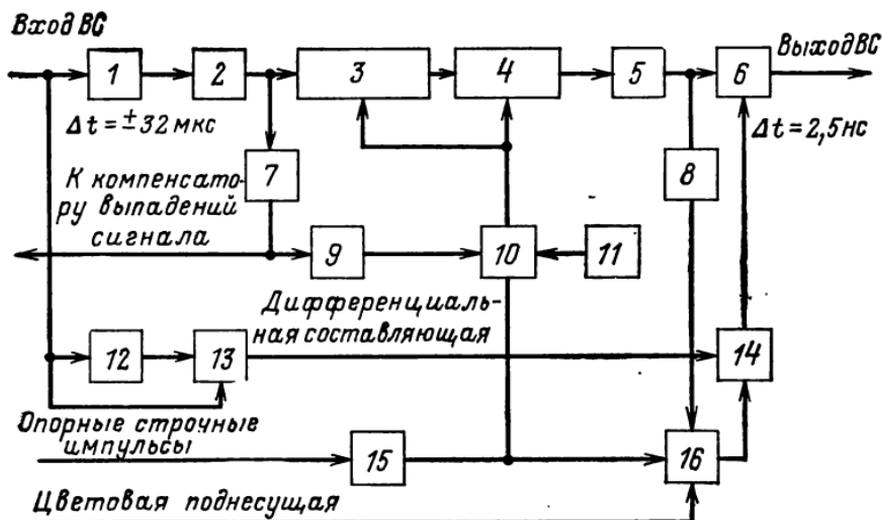


Рис. 5-20. Система коррекции временных искажений с диапазоном ± 32 мкс.

1 — частотный модулятор; 2 — линия задержки на 64 мкс; 3 — набор коммутируемых линий с временем задержки 1, 2, 4, 16 и 32 мкс; 4 — линия задержки с отводами 70, 125 мкс; 5 — частотный детектор; 6 — управляемая линия задержки ± 150 нс; 7 — частотный детектор; 8 — блок выделения вспьшки поднесущей и синхроимпульсов; 9 — селектор синхроимпульсов; 10 — блок кодирования временной ошибки; 11 — генератор тактовых импульсов частотой 8 МГц; 12 — линия задержки вспьшки на 64 мкс; 13 — блок формирования дифференциальной составляющей сигнала ошибки; 14 — сумматор; 15 — схема формирования опережающих импульсов; 16 — фазовый детектор сигнала ошибки.

частот линий с помощью частотного модулятора 1. Благодаря использованию ЧМ отпадает необходимость в поддержании равенства коэффициентов передачи канала при различных комбинациях линий задержки. Кроме того, при ЧМ достаточно просто осуществляется снижение или повышение частоты несущей посредством деления или умножения на 2. Это оказывается необходимым для согласования области частот, занимаемой ЧМ-сигналом, с рабочим диапазоном линий задержки. Линия 2 работает на несущей частоте 30 МГц, линия за-

держки 3 — на 60 МГц, а обычная линия задержки 4 с отводами — на частоте 15 МГц.

Как уже отмечалось, время задержки набора линий 3 изменяется с шагом 1 мкс. Последующее снижение ошибки достигается коммутацией отводов линии задержки 4. Остаточная временная ошибка на ее выходе составляет 125 нс. На самом деле эта ошибка оказывается несколько большей из-за отклонения времени задержки линий 3 от номинального значения. Далее ЧМ-сигнал демодулируется детектором 5 и поступает на управляемую линию задержки 6. Диапазон изменения задержки этой линии составляет 300 нс, и остаточные ошибки коммутируемых линий снижаются до 2,5 нс. Управление линий осуществляется, как и в ранее описанных системах коррекции. Дифференциальная составляющая сигнала ошибки выделяется детектором 13, в котором сравниваются по фазе вспышки цветовой поднесущей в двух соседних строках видеосигнала. Задержка сигнала цветности на время строки осуществляется линией задержки 12. Для точного выделения дифференциальной составляющей время задержки этой линии должно равняться периоду строки с точностью 1—2 нс. Обычные ультразвуковые линии не удовлетворяют этому требованию. Поэтому линия 12 составлена из двух линий задержки: одной ультразвуковой с временем задержки, несколько меньшим периода строки, и другой управляемой с задержкой 1,5 мкс. Суммарная задержка этих двух линий автоматически поддерживается равной периоду строки. Для этого в интервале кадрового гасящего импульса на вход линии коммутируется опорная цветная поднесущая. Напряжение на выходе детектора 13 пропорционально отклонению суммарной задержки линий от длительности одной строки. Это напряжение запоминается и подается на управляемую линию задержки, что обеспечивает требуемую точность суммарной задержки линий в течение всего кадра изображения. Выходной сигнал линии задержки 2 демодулируется детектором 7 и используется для компенсации выпадений в сигнале яркости. Одновременно этот сигнал поступает на селектор синхроимпульсов 9, где выделяются воспроизводимые строчные импульсы. Воспроизводимые и опорные строчные импульсы подаются на блок кодирования 10, в котором интервал между этими сигналами заполняется тактовыми импульсами, следующими с ча-

стотой 8 МГц. Период следования тактовых импульсов равен минимальной величине коммутируемой задержки, т. е. задержке между отводами линии 4.

Рассмотрим более подробно выбранный в данной системе принцип простейший способ коммутации, при рис. 5-21,а показан простейший способ коммутации, при котором линии задержки включаются в тракт передачи сигнала или выключаются из него. Предположим, что в некоторый момент времени набор линий задержки, предшествующих линии 16 мкс, будет выключен, а линия 16 мкс будет включена в канал. Ясно, что в этом случае в выходном сигнале появится пауза длительностью 16 мкс.

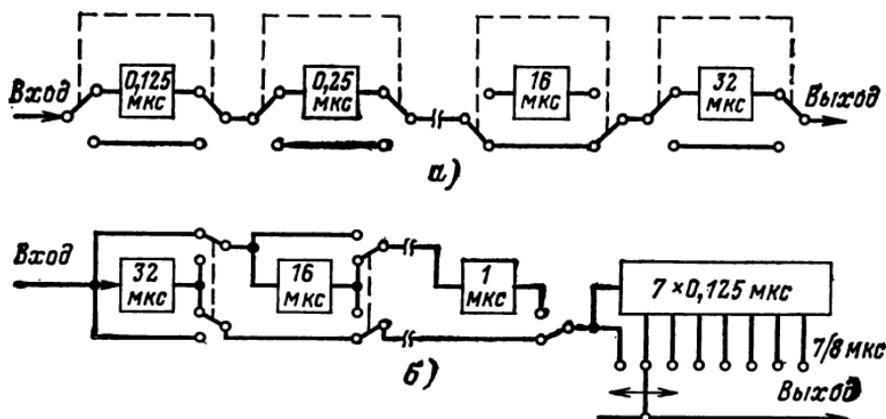


Рис. 5-21. Способы коммутации линий задержки.

Чтобы избежать подобных дефектов, используется другой метод коммутации (рис. 5-21,б). Предположим, что в канал была включена линия задержки 32 мкс и что в следующей строке задержка должна быть увеличена на 1 мкс. До коммутации на входе линии задержки 1 мкс присутствовал сигнал, задержанный относительно входного на 30 мкс. Если теперь эту линию задержки подключить последовательно линии 32 мкс, то в течение 1 мкс на выходе будет присутствовать сигнал, имеющий временную ошибку 2 мкс. Чтобы исключить такие ошибки, сначала коммутируется верхний ряд переключателей. При этом на вход линии задержки 1 мкс подключается сигнал, задержанный на 32 мкс. Спустя 1 мкс этот сигнал появляется на ее выходе, срабатывает нижний ряд переключателей и на выходе появляется правильно скор-

ректированный сигнал. Таким образом интервал между моментами срабатывания нижнего и верхнего рядов переключателей должен быть равен времени задержки **наименьшей** из коммутируемых линий. В свою очередь время задержки этой линии должно превышать возможные изменения временной ошибки при переходе от одной строки к другой. В данном случае система рассчитана на коррекцию быстрых и временных ошибок величиной до 1 мкс, что является вполне достаточным.

Описанная система коррекции является весьма сложным электронным устройством. Объем системы сравнительно велик, так как основные ее элементы (модулятор, линии задержки, усилители и др.) не могут быть выполнены в интегральном исполнении.

В рассматриваемых выше системах коррекции использовались традиционные способы задержки видеосигнала. Другой метод, позволяющий создать системы с широким диапазоном коррекции временных искажений, базируется на использовании устройств поэлементной памяти телевизионного сигнала. Одна из первых систем такого типа, в которой использовалось аналоговое запоминающее устройство, описана в [59]. На вход системы (рис. 5-22) поступает воспроизводимый видеосигнал. С помощью выделителя синхроимпульсов 4 выделяются воспроизводимые строчные импульсы, которые запускают генератор тактовых импульсов записи 5. Период следования тактовых импульсов в соответствии с теоремой Котельникова должен быть меньше длительности одного элемента разложения корректируемого изображения. Тактовые импульсы управляют работой электронного коммутатора записи 2. В процессе записи уровни каждого элемента воспроизводимого изображения запоминаются одной ячейкой конденсаторного запоминающего

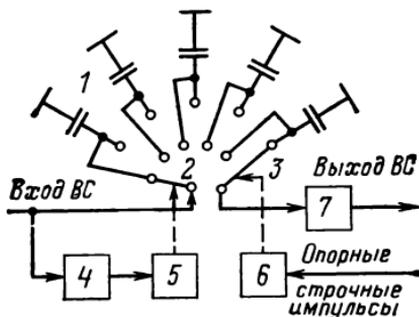


Рис. 5-22. Система коррекции временных искажений с аналоговым запоминающим устройством.

1 — конденсаторное ЗУ; 2 — электронный коммутатор записи; 3 — электронный коммутатор воспроизведения; 4 — выделитель синхроимпульсов; 5 — генератор тактовых импульсов записи; 6 — генератор тактовых импульсов воспроизведения; 7 — фильтр нижних частот.

устройства 1. Количество ячеек определяется требуемым диапазоном коррекции временных искажений.

Считывание записанных сигналов производится коммутатором 3 в моменты прихода опорных тактовых импульсов от генератора 6. Считанные дискретные сигналы интерполируются фильтром нижних частот 7, на выходе которого образуется скорректированный во времени видеосигнал.

При работе с сигналами систем ПАЛ или NTSC моменты запуска генераторов тактовых импульсов могут быть уточнены с помощью колебаний вспышек поднесущей и опорной цветовой поднесущей. Коррекция дифференциальных временных ошибок достигается путем соответствующей фазовой модуляции одного из генераторов тактовых импульсов. Экспериментальная система, построенная по изложенному принципу, обеспечила диапазон коррекции до 6,4 мкс. Однако в промышленно выпускаемых видеомагнитофонах такие системы не нашли применения, так как имели низкое качество выходного сигнала. Искажения возникают из-за разряда конденсаторов запоминающего устройства, взаимного влияния между ними и помех переключения коммутаторов. Эти же причины ограничивают возможности дальнейшего расширения диапазона коррекции.

Лучшие результаты были в последнее время достигнуты при построении систем коррекции с цифровыми запоминающими устройствами. В работе [60] описана цифровая система с диапазоном коррекции 12 мкс. В видеомагнитофоне AVR-2 используется система с цифровым запоминающим устройством и диапазоном коррекции временных искажений ± 32 мкс. В этой системе в цифровой форме осуществляется также компенсация выпадений воспроизводимого сигнала. Функциональная схема системы показана на рис. 5-23.

Воспроизводимый видеосигнал подвергается временному квантованию. Тактовые импульсы формируются из воспроизводимого сигнала, а их частота выбрана равной третьей гармонике цветовой поднесущей. Такая частота достаточна для передачи всего спектра телевизионного сигнала.

Рассматриваемая система предназначена для работы с сигналами NTSC со спектром до 4,5 МГц и частотой цветовой поднесущей 3,58 МГц. Частота следования тактовых импульсов равна 10,7 МГц. При воспроиз-

ведении цветных сигналов генератор тактовых импульсов синхронизируется вспышкой цветовой поднесущей, а при переходе к сигналам черно-белого телевидения — синхроимпульсами.

Известно, что для качественной передачи градаций яркости телевизионного сигнала при аналого-цифровом преобразовании (АЦП) и цифро-аналоговом преобразовании (ЦАП) необходимо использовать не менее 256 уровней квантования сигнала по амплитуде. Однако непосредственное построение АЦП с 256 уровнями кван-

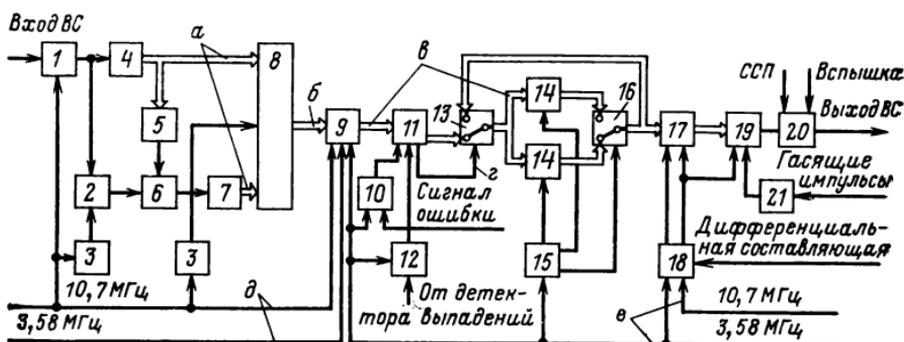


Рис. 5-23. Система коррекции временных искажений с цифровым запоминающим устройством.

1 — временной квантователь; 2 — блок задержки; 3 — схема задержки тактовых импульсов; 4 — 16-уровневый АЦП; 5 — ЦАП; 6 — вычитающее устройство; 7 — 16-уровневый АЦП; 8 — блок синхронизации; 9 — преобразователь параллельного кода 8 бит в 24 бита; 10 — блок кодирования временной ошибки; 11 — блок памяти с произвольной выборкой 25 каналов на 256 бит; 12 — блок кодирования выпадений сигнала; 13 — коммутатор компенсации выпадений сигнала; 14 — 24 регистра сдвига по 256 бит; 15 — формирователь тактовых импульсов; 16 — электронный коммутатор; 17 — блок буферной памяти с переходом от 24 бит к 8 битам; 18 — модулятор дифференциальных временных ошибок; 19 — ЦАП; 20 — ФНЧ и сумматор; 21 — блок кодирования гасящих импульсов; а, б и в — каналы параллельного кода 4, 8 и 24 бит; г — код выпадений сигнала; д и е — воспроизводимые и опорные сигналы.

тования оказывается затруднительным. Поэтому в данной системе эта задача решена иначе. Сигнал квантуется сначала на 16 уровней, а затем каждый из полученных уровней еще на 16 уровней. Для этого видеосигнал проходит через АЦП с 16 уровнями квантования и преобразуется в параллельный 4-битовый код. Кодированный сигнал превращается в аналоговую форму и вычитается из квантованного по времени видеосигнала, который предварительно задерживается на время прохождения сигнала через АЦП и ЦАП. Разница квантуется на 16 уровней и также преобразуется в параллель-

ный 4-битовый код. Кодированные сигналы поступают в блок синхронизации, представляющий собой блок буферной памяти на 8 бит. В момент прихода тактовых импульсов, задержанных на время распространения сигнала через оба АЦП, параллельный код 8 бит поступает в блок буферной памяти, где преобразуется в параллельный код 24 бита. Этот код следует с тактовой частотой 3,58 МГц, причем на выход преобразователя код проходит в момент прихода импульсов 3,58 МГц от опорного синхрогенератора. Далее сигнал поступает в 25-канальный блок памяти с объемом памяти 256 бит в каждом канале. 24 канала используются для запоминания кода видеосигнала, а 25-й — канал для запоминания кода, показывающего длительность и место выпадения в строке. Объем памяти 256 бит достаточен для запоминания кодов всех элементов в одной строке изображения. Блок памяти позволяет осуществлять произвольную выборку записанных в него сигналов, благодаря чему достигается коррекция временных ошибок в диапазоне одной строки. Считывание сигналов из блока памяти производится в соответствии с сигналом временной ошибки, который предварительно кодируется в 8-битовый параллельный код. Таким образом, благодаря переходу с тактовой частоты 10,7 МГц на частоту 3,58 МГц коррекцию временных ошибок удастся осуществить с помощью стандартных цифровых запоминающих устройств объемом в 256 бит.

Скорректированные во времени кодовые сигналы проходят через коммутатор компенсатора выпадений и разделяются на два канала по 24 бита параллельного кода в каждом. Эти сигналы задерживаются на время двух строк изображения с помощью двух 24-канальных регистров сдвига объемом в 256 бит каждый. Регистры сдвига работают на тактовой частоте, равной половине частоты цветовой поднесущей. Выходные сигналы регистров объединяются электронным коммутатором в 24-битовый сигнал. Этот сигнал поступает в блок буферной памяти и используется для компенсации выпадений сигнала, причем так как он задержан на две строки, то правильная компенсация осуществляется при работе с сигналами как NTSC, так и ПАЛ. В блоке буферной памяти осуществляется переход от параллельного 24-битового кода к 8-битовому. Кроме того, здесь же производится коррекция дифференциальных временных оши-

бок. Для этого опорные тактовые импульсы 3,58 и 10,7 МГц, с помощью которых осуществляется преобразование кода и считывание его из блока буферной памяти, модулируются по фазе дифференциальной составляющей временной ошибки.

Скорректированный во времени 8-битовый сигнал поступает на цифро-аналоговый преобразователь, фильтр нижних частот и сумматор, в котором в видеосигнал замешиваются синхрои импульсы и вспышки цветовой поднесущей. Гасящие импульсы замешиваются в сигнал в цифровой форме в процессе цифро-аналогового преобразования.

Описанная система коррекции временных искажений выполнена в основном на интегральных микросхемах. Поэтому, несмотря на значительную структурную сложность, она занимает небольшой объем.

Системы коррекции и обработки сигнала, использующие цифровые методы задержки видеосигнала, являются весьма перспективными. Их габариты могут быть уменьшены переходом на большие интегральные схемы. Такие системы перспективны также с точки зрения их использования в будущих видеомагнитофонах с цифровой записью.

5-6. Выпадения воспроизводимого сигнала

В технике магнитной видеозаписи выпадениями принято называть сильные уменьшения уровня воспроизводимого ЧМ-сигнала. Выпадения сигнала возникают в результате нарушения контакта между головкой и лентой и вызываются в основном дефектами ленты. Различные вкрапления в магнитный слой носителя, вмятины, царапины, пылинки приводят к тому, что уровень воспроизводимого ЧМ-сигнала уменьшается, становится соизмеримым с уровнем аддитивных помех, в ограничителе демодулятора наступает пороговый эффект и выпадения делаются заметными на экранах телевизионных приемников. Выпадения сигнала наблюдаются в виде черных или белых точек и штрихов, хаотически появляющихся на телевизионном экране. Продольные царапины магнитного носителя, возникающие в результате небрежного обращения или многократного воспроизведения, являются причиной особенно заметных выпадений, неподвижных относительно телевизионного изображения.

Данные субъективной оценки заметности выпадений сигнала [61] свидетельствуют, что наблюдатель в первую очередь реагирует на белые точки или штрихи, появляющиеся на воспроизводимом изображении. Объясняется это тем, что относительное изменение яркости в случае помехи белого цвета оказывается почти всегда бóльшим, чем при возникновении помехи черного цвета. В свою очередь, это определяется статистическими свойствами черно-белых изображений, средняя яркость ко-

Таблица 5-1

Субъективная оценка помех при периодических выпадениях сигнала

Длительность выпадений сигнала, мкс	Частота повторения выпадений сигнала, Гц				
	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0
3	—	—	1,55	2,15	2,7
6	—	1,45	1,75	2,2	—
12	1,45	1,50	2,15	—	—

торых значительно ниже половины максимальной яркости. Вот некоторые результаты субъективной оценки заметности выпадений сигнала (помехи белого цвета). Для оценки изображений используется шестибальная система: 1 — незаметные выпадения сигнала; 2 — едва заметные выпадения сигнала; 3 — хорошо заметные, но не мешающие; 4 — в какой-то степени мешающие; 5 — определенно мешающие; 6 — непригодная лента.

Результаты оценок периодических выпадений сигнала приведены в табл. 5-1.

Из этой таблицы следует, что при постоянном произведении длительности выпадений сигнала на частоту их повторения оценка остается приблизительно одинаковой и может служить критерием при проверке лент для видеозаписи. Некоторое увеличение оценки при частотах повторения 1—2 Гц и более связано с тем, что эффект от рассматриваемого выпадения сигнала суммируется в памяти наблюдателя с эффектом от предшествующего выпадения. В системах, где выпадения приводят к возникновению черных помех на изображении, их частота может быть в 3 раза выше указанной в таблице при одной и той же оценке.

Следует отметить, что применительно к данной магнитной ленте оценка выпадений сигнала может зависеть

от характера воспроизводимой программы, степени вдавливания полюсных наконечников в ленту, отношения сигнал/помеха, а также глубины ограничения воспроизводимого сигнала и переходной характеристики ограничителя. Кроме того, при оценке выпадений сигнала необходимо исключить влияние возникающих помех на синхронизацию воспроизводимого изображения. Как показывают измерения, воздействие выпадений сигнала на канал синхронизации эквивалентно по оценке приблизительно 15-кратному увеличению их частоты.

Особенно неприятным является визуальное восприятие помех от выпадений, возникающих при воспроизведении цветowych телевизионных сигналов. Связано это с тем, что помехи оказываются разноцветными и их длительность увеличивается по сравнению с длительностью самих выпадений сигнала при прохождении через узкополосный канал цветности телевизионных приемников. Последнее наиболее сильно проявляется при работе с сигналами системы СЕКАМ из-за действия цепей ВЧ и видеокоррекции декодирующего устройства.

Определим структуру помехи, образующейся на выходе видеомагнитофона, в момент выпадения воспроизводимого сигнала. Как уже отмечалось, при выпадении сигнала в ограничителе наступает пороговый эффект. Для упрощения расчетов надпороговая область в дальнейшем не рассматривается и считается, что уровень воспроизводимого сигнала в это время оказывается меньшим, чем уровень шума канала воспроизведения. Тогда на входе амплитудного ограничителя демодулятора действует нормальный стационарный случайный процесс $\xi(t)$, представляющий собой суммарный шум усилителя воспроизведения и головки, преобразованный с учетом коэффициентов передачи корректоров канала воспроизведения и схемы с линейно-падающей амплитудно-частотной характеристикой. В соответствии с выражениями для коэффициентов передачи этих элементов, полученными в § 4-5 и 4-6, энергетический спектр процесса $\xi(t)$ записывается в следующем виде:

$$F_{\xi}(\omega) = U_{\text{ш}}^2 \left(\frac{1 - 0,97 \cos \omega t_3}{1 - 0,97 \cos \omega_0 t_3} \right)^2 \left(\frac{\omega_{\text{гп}} - \omega}{\omega_{\text{гп}} - \omega_0} \right)^2,$$

где $U_{\text{ш}}^2$ — энергетический спектр шума на выходе усилителя воспроизведения.

Этот энергетический спектр практически симметричен относительно несущей частоты ЧМ-сигнала ω_0 и спадает в обе стороны от нее. С достаточной точностью он может аппроксимироваться гауссовой кривой:

$$F_{\xi}(\omega) \approx U_{\text{ш}}^2 \exp \left[-\frac{(\omega - \omega_0)^2}{\beta^2} \right], \quad (5-8)$$

где $\beta = 0,59 \omega_0$.

Уровень помехи $\xi(t)$, как правило, превышает порог срабатывания амплитудного ограничителя и напряжение на входе частотного детектора видеоманитофона имеет в момент выпадения сигнала такую же амплитуду, как и при воспроизведении полезного сигнала. Поэтому можно считать, что частотный детектор реагирует только на мгновенную частоту процесса $\xi(t)$. В работе [62] показано, что среднее значение и ковариация мгновенной частоты процесса $\xi(t)$ определяются соответственно выражениями:

$$a_{\omega} = \frac{B'_{\xi\eta}(0)}{B_{\xi}(0)}; \quad (5-9)$$

$$C_{\omega}(\tau) = \frac{1}{2} \ln(1 - |R_x(\tau)|^2) \frac{d^2}{d\tau^2} \ln |R_x(\tau)|, \quad (5-10)$$

где $B_{\xi}(\tau)$ — корреляционная функция процесса $\xi(t)$; $B_{\xi\eta}(\tau)$ — взаимная корреляционная функция процесса $\xi(t)$ и процесса $\eta(t)$, сопряженного $\xi(t)$ с помощью преобразования Гильберта; $R_x(\tau)$ — коэффициент корреляции процесса $x(t) = \xi(t) + i\eta(t)$, корреляционная функция которого равна:

$$B_x(\tau) = 2 [B_{\xi}(\tau) + iB_{\xi\eta}(\tau)]. \quad (5-11)$$

Используя выражение (5-8), можно определить корреляционные функции $B_{\xi}(t)$ и $B_{\xi\eta}(t)$:

$$B_{\xi}(\tau) = \frac{U_{\text{ш}}^2 \beta}{2\sqrt{\pi}} e^{-\frac{\beta^2 \tau^2}{4}} \cos \omega_0 \tau;$$

$$B_{\xi\eta}(\tau) = \frac{U_{\text{ш}}^2 \beta}{2\sqrt{\pi}} e^{-\frac{\beta^2 \tau^2}{4}} \sin \omega_0 \tau. \quad (5-12)$$

В соответствии с выражением (5-9) находим:

$$a_{\omega} = \omega_0. \quad (5-13)$$

Такой результат следовало ожидать, так как энергетический спектр процесса $\xi(t)$ аппроксимировался симметричной относительно ω_0 кривой. При этом средняя частота процесса совпадает с несущей ω_0 .

Ковариация помехи на выходе частотного детектора определяется подстановкой (5-11) и (5-12) в (5-10):

$$C_{\omega}(\tau) = -\frac{\beta^2}{4} \ln\left(1 - e^{-\frac{\beta^2 \tau}{2}}\right). \quad (5-14)$$

Энергетический спектр этого процесса весьма широкий и в пределах полосы пропускания $0 - \Omega_B$ фильтра нижних частот, следующего за детектором, может считаться равномерным. В этом случае его интенсивность равна [63]

$$F_{\omega}(0) \approx 1,1 \sqrt{\pi} \omega_0. \quad (5-15)$$

Определим параметры помехи на выходе фильтра нижних частот и включенного после него видеокорректора. В § 4-6 при оценке помехозащищенности канала записи-воспроизведения коэффициент видеопредыскажений и соответственно коэффициент передачи видеокорректора принимались равными постоянной величине. В данном случае такое приближение не может быть принято, так как в момент выпадения сигнала на входе видеокорректора действует скачок напряжения и случайный процесс, имеющий значительную интенсивность (5-15) в области низких частот. Поэтому будем считать, что видеокоррекция осуществляется интегрирующей цепью с постоянной времени $\tau_{BK} = 0,2$ мкс. Ее коэффициент передачи достаточно хорошо совпадает с коэффициентом передачи видеокорректора в области низких частот.

Средняя длительность выпадений сигнала обычно составляет 5—20 мкс и существенно превышает τ_{BK} . Поэтому среднее значение помехи в момент выпадения успевает нарасти до установившегося значения. Если коэффициент передачи частотного детектора принять равным единице, то с учетом (5-13) среднее значение помехи на выходе видеомагнитофона равно:

$$a_{BK} = \omega_0.$$

Частота ω_0 является средней в диапазоне девиации несущей ЧМ-сигнала. Поэтому средний уровень яркости в момент выпадения также стремится к среднему уровню видеосигнала. Возможны некоторые отклонения от

рассчитанной величины, вызванные погрешностями аппроксимации $F_{\xi}(\omega)$ и отклонениями частотных характеристик корректоров отдельных каналов от принятой усредненной зависимости.

Дисперсия помехи, так же как и среднее значение, успевает за время выпадения нарасти до установившегося значения.

С учетом выражения (5-15) получаем:

$$\sigma_{\text{вк}}^2 = \frac{1,1 \sqrt{\pi} \omega_0}{2\pi\tau_{\text{вк}}} \operatorname{arctg} \Omega_{\text{в}} \tau_{\text{вк}}$$

или, учитывая, что $\Omega_{\text{в}} \tau_{\text{вк}} \gg 1$,

$$\sigma_{\text{вк}}^2 \approx 0,49 \frac{\omega_0}{\tau_{\text{вк}}}.$$

Отношение уровня видеосигнала к среднеквадратичному значению помехи составляет 0,81 при полезной девиации 1,5 МГц. Таким образом, помеха, образующаяся на выходе видеомагнитофона в момент выпадения, имеет весьма большой уровень и с учетом пик-фактора значительно превышает размах видеосигнала. В диапазоне сигнала цветности помеха имеет равномерный спектр. Поэтому при работе с сигналами системы СЕКАМ помеха может с равной вероятностью окрашиваться в различные цвета.

5-7. Компенсация выпадений воспроизводимого сигнала

Постоянное улучшение качества магнитных лент не снимает вопроса о способах борьбы с выпадениями сигнала. Происходит это в основном потому, что одновременно с повышением качества ленты совершенствуется технология использования видеомагнитофонов в телевизионном вещании. При многократных перезаписях, многократном использовании фондовых записей в различных передачах и при монтаже программ всегда может возникнуть необходимость в воспроизведении ленты с большим количеством выпадений сигнала. Для уменьшения их заметности необходимо в процессе воспроизведения уменьшить изменения яркости и цвета выпадения сигнала относительно близлежащих участков изображения. Применительно к сигналам черно-белого телевидения простейший способ компенсации выпадений сигнала состоит в следующем: момент выпадения сигнала

ла определяется посредством амплитудного детектирования воспроизводимого ЧМ-сигнала. На время выпадения демодулированный видеосигнал не поступает на выход видеоманитона, а заменяется некоторым, заранее выбранным напряжением, соответствующим, например, уровню серого или черного воспроизводимого изображения. Аналогичное замещение может осуществляться и в ЧМ-канале. В этом случае на время выпадения ЧМ-сигнал заменяется колебанием, частота которого соответствует выбранному уровню замещающего сигнала после демодуляции. Обе эти системы несколько снижают заметность выпадений сигнала, но обладают одним существенным недостатком: яркость замещенного участка почти всегда отличается от яркости соседних участков изображения. При замещении выпадений сигнала в ЧМ-канале возникают, кроме того, переходные процессы в начале и конце выпадения, вызванные неизбежной разницей фаз замещающего колебания и ЧМ-сигнала. Лучшие результаты достигаются при использовании компенсатора выпадений сигнала, в котором яркость замещающего сигнала точно равна яркости участка изображения, непосредственно предшествующего выпадению [64]. Если выпадение сигнала приводит к появлению помехи белого цвета, то использование такого компенсатора позволяет снизить заметность выпадений в 8 раз.

Сложнее обеспечить компенсацию выпадений сигнала при воспроизведении цветных телевизионных программ. Применительно к цветовым сигналам с квадратной модуляцией поднесущей описанный метод компенсации выпадений сигнала по уровню может найти некоторое, хотя и ограниченное, использование. В этом случае выпадения сигнала замещаются некоторым уровнем, соответствующим яркости ближайших участков цветного изображения, и оказываются слабо заметными ввиду своей малой длительности и инерции человеческого зрения. Однако в системах с частотной модуляцией поднесущей подобный способ компенсации вообще неприемлем. Отсутствие поднесущей в момент выпадения сигнала вызывает пороговый эффект в ограничителе декодирующего устройства, что приводит к появлению на экране заметных помех. Поэтому при воспроизведении цветных телевизионных программ используется иной принцип компенсации выпадений сигнала, основан-

ный на информационной избыточности телевизионных изображений. Компенсация выпадений осуществляется с помощью сигналов предшествующих строк изображения.

Функциональная схема компенсатора выпадений сигнала такого типа, в котором для задержки сигналов используются узкополосные ультразвуковые линии задержки, показана на рис. 5-24. Аналогичные линии применяются в цветных телевизионных приемниках. Поло-

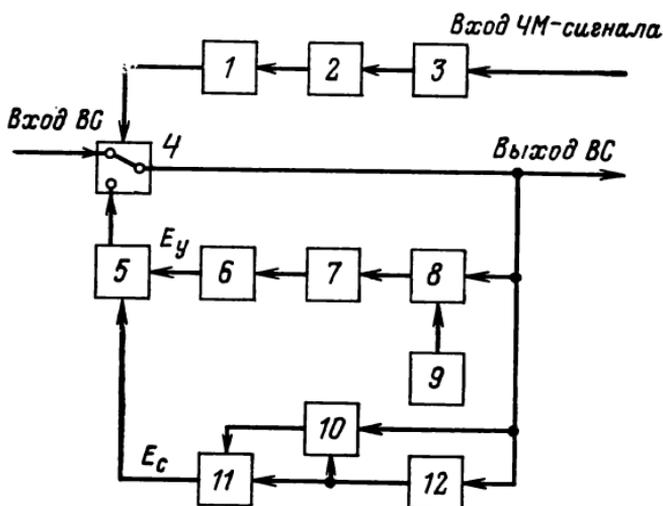


Рис. 5-24. Функциональная схема компенсатора выпадений.

1 — схема формирования; 2 — амплитудный детектор; 3 — амплитудный ограничитель; 4 — электронный коммутатор; 5 — сумматор; 6 — детектор; 7 — линия задержки на 64 мкс; 8 — модулятор; 9 — гетеродин; 10 — фазовый детектор; 11 — коммутируемый фазовращатель 0—180°; 12 — линия задержки на 128 мкс.

са их пропускания составляет 2—3 МГц при несущей частоте 4 МГц. Воспроизводимый видеосигнал с выхода демодулятора поступает на электронный коммутатор 4 и через него проходит на выход устройства. На второй вход коммутатора подается замещающий сигнал предшествующих строк, который поступает на выход устройства в момент выпадения сигнала. Как видно из функциональной схемы, замещающий сигнал может циркулировать некоторое время с выхода на вход блока, благодаря чему компенсируются выпадения сигнала, имеющие длительность более одной строки.

Наличие выпадения сигнала определяется следующим образом. Воспроизводимый ЧМ-сигнал с выхода корректора канала воспроизведения (до схемы с линей-

но-падающей частотной характеристикой) подается на амплитудный ограничитель 3. Глубина ограничения здесь составляет около 16 дБ. Если уровень воспроизводимого сигнала уменьшается ниже этого значения, то на выходе амплитудного детектора 2 появляется перепад напряжения, который через схему формирования 1 переключает коммутатор 4 на вход замещающего сигнала. Детектор 2 построен таким образом, что начало выпадения сигнала определяется при уровне ЧМ-сигнала минус 15—16 дБ, а окончание выпадения фиксируется при несколько более высоком уровне, например минус 10 дБ. За счет этого исключаются хаотические переключения коммутатора 4, которые могли бы возникнуть, если глубина выпадения сигнала находилась бы около порога срабатывания детектора.

Расчет элементов канала обнаружения выпадений приведен в работе [65].

При формировании замещающего сигнала компоненты яркости и цветности полного цветового сигнала задерживаются отдельными линиями задержки [66]. Для этого видеосигнал с помощью амплитудного модулятора 8 и гетеродина 9 переносится в область рабочих частот ультразвуковой линии задержки 7. Через нее проходит частота гетеродина и часть нижней боковой АМ-сигнала, т. е. тот спектр, который соответствует низкочастотной части сигнала яркости. После детектирования замещающий сигнал яркости подается на сумматор 5.

Замещающий сигнал цветности формируется по-разному при работе с различными системами цветного телевидения. При воспроизведении сигналов системы СЕКАМ компоненты цветности задерживаются линией 12 на время двух строк изображения. В задержанном и незадержанном сигналах передаются одинаковые цветоразностные сигналы. Однако фаза поднесущей может оказаться отличающейся на 180° из-за принятого в системе СЕКАМ трехстрочного чередования фазы поднесущей. Для того чтобы установить одинаковую фазу цветовой поднесущей в основном и замещающем сигналах, используется коммутируемый фазовращатель 11. Фазовое соотношение между поднесущими в задержанном и незадержанном сигналах определяется детектором 10 в интервалах строчных гасящих импульсов. При совпадении фаз фазовращатель включается в положение 0° , а при расхождении — в положение 180° . Затем состав-

ляющие яркости и цветности при суммировании образуют полный замещающий сигнал.

При работе с сигналами NTSC используется линия задержки на время одной строки. Для уравнивания фаз поднесущей в задержанном и незадержанном сигналах после линии задержки включается постоянный фазовращатель на 180° .

При воспроизведении сигналов ПАЛ может использоваться линия задержки на время двух строк с последующим изменением фазы поднесущей на 180° . Кроме того, существуют методы, позволяющие применить здесь линию задержки на время одной строки. Они основаны на том, что сигналы в двух соседних строках изображения при кодировании по системе ПАЛ являются комплексно-сопряженными. На этом принципе построен компенсатор выпадений в видеомагнитофоне ВСМ-40. Поясним, каким образом формируется комплексно-сопряженный сигнал цветности. Запишем сигнал цветности в двух соседних строках изображения в следующем виде:

$$\begin{aligned}U_1 &= U_{B-Y} \sin \omega_n t + U_{R-Y} \cos \omega_n t; \\U_2 &= U_{B-Y} \sin \omega_n t - U_{R-Y} \cos \omega_n t,\end{aligned}$$

где ω_n — частота цветовой поднесущей.

Два раза за период цветовой поднесущей в моменты времени $t_0 = \pi n / \omega_n$, где $n = 0, 1, 2, \dots$, компонента $B-Y$ обращается в нуль, а компонента $R-Y$ достигает экстремальных значений. Благодаря этому можно из сигнала цветности выделить составляющую $R-Y$. Для этого электронный коммутатор, на вход которого подается сигнал цветности, отпирается на время около 10 нс импульсами удвоенной частоты цветовой поднесущей. Импульсы фазируются таким образом, чтобы отпирание коммутатора происходило около момента времени t_0 . С выхода коммутатора сигнал подается на резонансный контур, настроенный на частоту ω_n . На контуре выделяется квадратурная составляющая $U_{R-Y} \cos \omega_n t$, которая усиливается в 2 раза и вычитается из исходного сигнала цветности. На выходе вычитающего устройства получается комплексно-сопряженный сигнал цветности, который используется для компенсации выпадений.

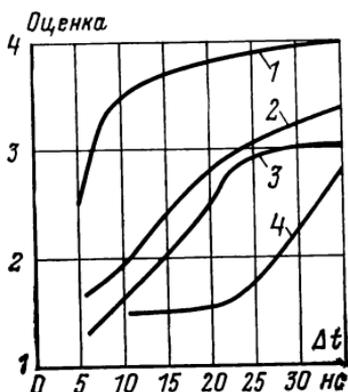
Выбор того или иного способа получения замещающего сигнала ПАЛ зависит часто от области использования видеомагнитофона. Если видеомагнитофон пред-

назначен для работы с сигналами ПАЛ и NTSC, то удобнее использовать линию задержки на время одной строки. При работе с сигналами ПАЛ и СЕКАМ можно применить линию задержки на время двух строк.

В рассмотренной системе компенсации выпадений сигнала замещающий сигнал включается непосредственно на время выпадения. Поэтому необходимо, чтобы цветовая поднесущая в основном и замещающем сигналах была сфазирована достаточно точно. Для сигналов NTSC и ПАЛ неточность фазирования не должна превышать 5 нс, так как при большей ошибке становятся

Рис. 5-25. Зависимость оценки изображения от сдвига между основным и замещающим сигналами цветности.

1 — неподвижные выпадения сигнала на белом, голубом и зеленом цветах; 2 — неподвижные выпадения сигнала на пурпурном, синем и красном цветах; 3 — случайные выпадения сигнала на неподвижном изображении; 4 — случайные выпадения сигнала на подвижном изображении. Шкала оценок: 1 — помехи незаметны; 2 — мало заметны; 3 — заметны, но не мешают; 4 — мешают.



заметными изменения цвета или насыщенности на замещенном участке изображения. При работе с сигналами СЕКАМ фазовые скачки поднесущей в момент компенсации выпадений также приводят к заметным искажениям. На рис. 5-25 показана зависимость субъективной оценки качества изображения от сдвига между основным и замещающим сигналами цветности. При этом нулевой сдвиг соответствует задержке этих сигналов точно на время двух строк. Как видно из этого графика, для высококачественной компенсации выпадений сдвиг замещающего сигнала не должен превышать 15 нс. Для обеспечения высокой точности фазирования замещающего сигнала цветности последовательно с линией 12 (рис. 5-24) обычно включается небольшая линия задержки с отводами или линия с плавно изменяемой задержкой. Однако, даже если задержка замещающего сигнала точно равна времени одной или двух строк, возможно появление скачков фазы поднесущей в момент компенсации выпадений сигнала. Это произойдет, если строка с выпадением и строка, из которой

формируется замещающий сигнал, сдвинуты от своего номинального положения, что имеет место при геометрических искажениях. Особенно заметно это явление тогда, когда компенсация выпадения производится в одной или двух строках, следующих за переключением головок. Поэтому желательно, чтобы компенсация выпадений в сигнале цветности производилась после коррекции временных искажений.

Такой вариант построения компенсатора выпадений сигнала уже рассматривался, и его функциональная схема приведена на рис. 5-2. Здесь используется широкополосная линия задержки 4 на время одной строки, включенная в основной тракт видеосигнала. С ее же помощью осуществляется компенсация выпадений сигнала яркости. Выше (§ 5-1 и 5-4) отмечалось, что эта линия задержки необходима для выделения дифференциальной составляющей временных искажений. Кроме того, благодаря наличию задержки основного сигнала на время одной строки появляется возможность замещения в строке с выпадением всего сигнала цветности. Это особенно важно при работе с сигналами СЕКАМ, так как позволяет исключить цепи слежения за фазой цветовой поднесущей в основном и замещающем сигналах. Такое же замещение может использоваться и при работе с сигналами других систем. Если же производится замещение только самого выпадения, то время задержки схемы 2 (рис. 5-2) должно изменяться в соответствии с изменением задержки системы коррекции временных искажений.

5-8. Регенерация гасящих и синхронизирующих импульсов в воспроизводимом сигнале

В начале главы отмечалось, что последняя операция по обработке воспроизводимого сигнала заключается в регенерации гасящих и синхронизирующих импульсов. Наиболее сложно осуществить эти преобразования в видеомагнитофонах, предназначенных как для несинхронного, так и синхронного воспроизведения. Функциональная схема системы регенерации видеомагнитофона КАДР-ЗП, предназначенного для записи и воспроизведения сигналов СЕКАМ, показана на рис. 5-26. Видеосигнал с выхода системы коррекции временных искажений подается на разделитель сигналов яркости и цветно-

сти 2. Сигнал яркости проходит через схему управляемой фиксации уровня черного 3 и поступает на сумматор гасящих импульсов 4. Здесь происходит замешивание в видеосигнал регенерированных гасящих импульсов. Далее сигнал ограничивается по уровню гасящих импульсов и при необходимости по уровню белого и подается на сумматор сигналов яркости и цветности 6. Уровень гасящих импульсов регулируется изменением потенциала фиксации сигнала яркости.

Сигнал цветности проходит через схему антисовпадения 9, которая запирается в интервалах отсутствия цве-

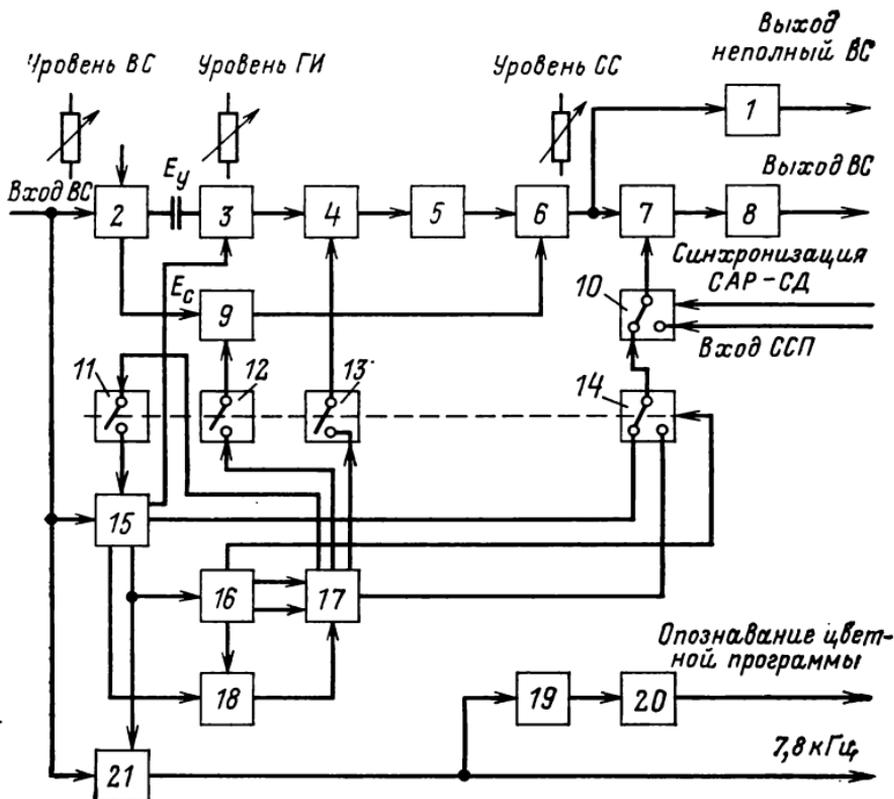


Рис. 5-26. Регенерация гасящих и синхронизирующих импульсов в воспроизводимом сигнале.

1 — выходной усилитель; 2 — разделитель сигналов яркости и цветности; 3 — схема управляемой фиксации уровня черного; 4 — сумматор гасящих импульсов; 5 — ограничитель гасящих импульсов и уровня белого; 6 — сумматор сигналов яркости и цветности; 7 — сумматор синхросигнала; 8 — выходной усилитель; 9 — схема антисовпадения; 10 — переключатель режима синхронизации; 11—14 — электронные коммутаторы; 15 — селектор синхрои импульсов; 16 — схема ФАПЧ генератора удвоенной строчной частоты; 17 — схема формирования ССП, гасящих и стробирующих импульсов; 18 — счетчик формирования кадровых импульсов; 19 — амплитудный детектор; 20 — пороговая схема; 21 — схема определения порядка чередования цветоразностных сигналов.

товой поднесущей. Этим подавляются высокочастотные компоненты старых синхроимпульсов и других помех, которые в дальнейшем могли бы исказить форму регенерированных синхросигналов.

С выхода сумматора сигналов яркости и цветности неполный (без синхроимпульсов) телевизионный сигнал поступает через усилитель 1 на выход системы регенерации. Кроме того, в сумматоре 7 в неполный сигнал замешиваются регенерированные синхронизирующие импульсы и полный сигнал через усилитель 8 также поступает на выход системы.

Разделение сигналов яркости и цветности происходит только при обработке цветового сигнала, наличие которого контролируется специальной схемой 19, 20. На ее выходе получается постоянное напряжение опознавания цветной программы, которое показывает, какой вид сигнала — цветовой или черно-белый — поступает на вход системы. В случае сигналов черно-белого телевидения разделитель сигналов яркости и цветности работает, как обычный усилитель с коэффициентом передачи, равным единице, а схема антисовпадения запирается, предотвращая попадание высокочастотных помех на выход.

Все блоки формирования гасящих, синхронизирующих и стробирующих импульсов управляются сигналами, выделенными селектором 15 из входного видеосигнала. В селекторе осуществляется управляемая фиксация уровня черного видеосигнала и последующее отделение синхроимпульсов с помощью схемы с управляемым порогом срабатывания. Выделение импульсов производится на уровне половины их амплитуды, и смещение положения выделенных импульсов, как правило, не превышает $\pm 20 \cdot 10^{-9}$ с при изменениях уровня входного синхросигнала в пределах от +6 до -12 дБ. С выхода селектора в схему поступают фиксирующие импульсы, строчные синхроимпульсы, кадровые синхроимпульсы и сложный синхросигнал. В каналах формирования этих импульсов осуществляется стробирование (временная селекция), фильтрация и формирование. Соответствующие стробирующие импульсы поступают через электронный коммутатор 11. В дальнейшем помехозащищенность схем селекции синхроимпульсов будет рассмотрена более подробно.

Регенерированные импульсы удвоенной строчной и строчной частот формируются с помощью юсхемы ФАПЧ

16, генератор которой работает на удвоенной строчной частоте. Эта схема обеспечивает формирование строчных импульсов даже при продолжительных выпадениях входного сигнала. Скорость изменения фазы выходных строчных импульсов в этом случае не превышает 1 нс/строку. Такая особенность системы позволяет сформировать регенерированные импульсы даже при наличии длительных выпадений воспроизводимого сигнала. Регенерированные кадровые гасящие и стробирующие импульсы формируются с помощью двоичного 10-рядного счетчика **18** и соответствующих дешифраторов. В системе используются кадровые гасящие импульсы (25 Н), кадровые стробирующие импульсы (7,5 Н), кадровые синхронизирующие импульсы (2,5 Н) и кадровые импульсы сигналов цветовой синхронизации СЕКАМ (9 Н).

С помощью импульсов удвоенной строчной и строчной частот, а также перечисленных кадровых импульсов в схеме **17** формируются полный синхросигнал и необходимые стробирующие и гасящие импульсы.

Работоспособность всей системы в значительной мере зависит от правильного функционирования схемы ФАПЧ и счетчика формирования кадровых импульсов. Поэтому приняты меры, обеспечивающие прохождение видеосигнала через систему при нарушении работы этих устройств. В частности, изменяется режим обработки сигнала при наличии или отсутствии захвата в системе ФАПЧ. При наличии захвата электронные переключатели **11**, **12** и **13** замыкаются и осуществляется стробирование импульсов в селекторе, стробирование сигнала цветности в схеме антисовпадения, замешивание регенерированных гасящих импульсов. Выбор регенерированных или стробированных синхросигналов может осуществляться вручную посредством управления переключателем **14**. Если захват отсутствует, отключаются стробирование (коммутаторы **11** и **12**) и цепь замешивания регенерированных гасящих импульсов (коммутатор **13**), а коммутатор **14** автоматически переключается на вход стробированных синхроимпульсов. Синхросигнал теперь формируется только посредством фильтрации и ограничения. Таким образом, при отсутствии захвата осуществляется только фиксация уровня черного видеосигнала, ограничение уровня гасящих импульсов и замешивание заново сформированных синхроимпульсов. Схемы

опознавания цветной программы работают независимо от наличия или отсутствия захвата в системе ФАПЧ.

В системе регенерации предусмотрена возможность замешивания внешнего синхросигнала, который подается на переключатель режимов синхронизации 10. Его переключение в положение «Внешний синхросигнал» происходит только в режиме внешней синхронизации видеомагнитофона при поступлении соответствующего сигнала, свидетельствующего об установлении синхронизма САР-СД и правильном фазировании воспроизводимого сигнала.

Порядок чередования цветоразностных сигналов определяется схемой 21 путем оценки значений частоты немодулированной поднесущей на гасящем импульсе каждой строки. Такой метод позволяет быстро, даже при прерываниях воспроизводимого сигнала, определить фазирование сигналов $R-U$ и $B-U$. На выходе схемы получаются прямоугольные импульсы полустрочной частоты 7,8125 кГц, которые используются для выделения из последовательности воспроизводимых кадровых импульсов сигнала 12,5 Гц. Этот сигнал используется в САР-СД для правильной установки магнитной ленты в том случае, когда на ней не записаны монтажные импульсы. Кроме того, сигнал 7,8 кГц подается на детектор 19 и с помощью пороговой схемы 20 преобразуется в постоянное напряжение опознавания цветной программы.

В видеомагнитофонах, предназначенных только для синхронного воспроизведения, система регенерации строится аналогичным образом. Различие заключается в том, что все регенерированные сигналы в этом случае поступают от синхрогенератора, который синхронизирует работу всего видеомагнитофона (см. рис. 5-2). При работе с сигналами систем ПАЛ и NTSC от синхрогенератора поступают также цветовая поднесущая и стробирующие импульсы вспышки поднесущей. С помощью этих двух сигналов формируются вспышки цветовой поднесущей, которые замешиваются в выходной сигнал видеомагнитофона.

Кроме того, поднесущая используется в системе коррекции временных искажений.

Ниже более подробно рассматриваются принципы построения наиболее важных узлов системы регенерации.

5-9. Разделение сигналов яркости и цветности

В соответствии с функциональной схемой рис. 5-26 в воспроизводимый сигнал в процессе регенерации замещаются новые гасящие импульсы, после чего он ограничивается по уровням черного и белого. Такая обработка полного цветового сигнала оказывается затруднительной. При непосредственной замене гасящих импульсов вся поднесущая, передаваемая в это время, подавляется, а при ограничении по уровням черного и белого возникают значительные искажения пурпурного, красного, синего, и в случае сигналов СЕКАМ, белого и черного цветов. Поэтому сигналы яркости и цветности разделяются, и вышеуказанная обработка производится только с сигналом яркости.

После обработки сигналы яркости и цветности складываются.

Для получения минимальных искажений суммарного сигнала необходимо, чтобы выделенные компоненты яркости и цветности дополняли друг друга, т. е.

$$E_Y + E_C = E_{\text{цв}},$$

где $E_{\text{цв}}$ — полный цветовой сигнал; E_Y — выделенный сигнал яркости; E_C — выделенный сигнал цветности.

Функциональная схема устройства разделения, обеспечивающего получение взаимно дополняющих сигналов яркости и цветности, приведена на рис. 5-27. Линия задержки 2 служит для выравнивания задержек полного цветового сигнала и сигнала, выделенного фильтром, перед их вычитанием для более полного подавления низкочастотных составляющих в канале цветности.

Фильтр нижних частот может быть заменен полосовым фильтром или фильтром верхних частот. При этом сигналы яркости и цветности меняются местами. Однако требования к точности фазирования сигналов перед вычитанием оказываются значительно более жесткими, чем при использовании фильтра нижних частот.

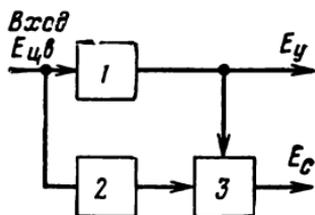


Рис. 5-27. Функциональная схема устройства разделения сигналов яркости и цветности.

1 — фильтр нижних частот; 2 — фазированная линия задержки; 3 — вычитающее устройство.

Требования к устройству разделения заключаются в следующем.

1. Подавление компонентов цветности в канале яркости должно быть более 20 дБ. Наибольшую опасность представляют остатки цветовой поднесущей на черном и белом. При ограничении сигнала яркости по этим уровням остаточная поднесущая частично срезается, что приводит к искажениям выходного сигнала.

2. Переходная характеристика канала яркости не должна иметь существенных выбросов, которые могли бы превысить нормированные уровни черного и белого. В противном случае выбросы срезаются ограничителями, что также приводит к появлению искажений (повторов) в выходном сигнале. Учитывая, что между уровнем черного и уровнем гасящих импульсов существует защитная зона, можно было бы допустить наличие выброса величиной до 5% амплитуды черно-белого перепада. Однако защитная зона в некоторых сигналах отсутствует, и поэтому желательно, чтобы переходная характеристика канала яркости выбросов не имела.

Из устройств разделения, отвечающих этим двум условиям, выбирается то, которое имеет меньшую задержку выделенных сигналов и обеспечивает получение наибольшей полосы пропускания канала яркости и наименьшей полосы пропускания канала цветности. Поясним последнее требование. Из рис. 5-26 можно видеть, что высокочастотная часть помех, имевшихся во входном сигнале, через канал цветности проникает на выход устройства регенерации. Полностью эти помехи подавляются схемой антисовпадения только в зоне передачи синхрои́мпульсов. Оставшиеся помехи в силу своего высокочастотного характера, как правило, не вызывают нарушений синхронизации выходного изображения. Однако уменьшение их энергии желательно, а следовательно, желательно и уменьшение полосы пропускания канала цветности.

Перечисленные требования могут быть удовлетворены при использовании в разделительном устройстве любого фильтра нижних частот с монотонной переходной характеристикой. В работе [67] показано, что при применении фильтра Гаусса, выполненного в виде многозвенной интегрирующей цепи и обеспечивающего подавление немодулированной цветовой поднесущей ω_B в си-

ней строке сигнала СЕКАМ на 26 дБ, устройство разделения имеет следующие параметры:

время задержки сигналов яркости и цветности

$$t_3 = 0,338 \cdot 10^{-6} \text{ с;}$$

эффективная полоса пропускания канала яркости

$$\omega_{\text{у.эфф}} = 0,32 \omega_{\text{в;}}$$

эффективная полоса пропускания канала цветности

$$\omega_{\text{с.эфф}} = 0,746 \omega_{\text{в.}}$$

Несколько лучшие результаты получаются при использовании фильтра, полюсы коэффициента передачи которого расположены на параболе. Например, для фильтра пятого порядка

$$t_3 = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ с; } \omega_{\text{у.эфф}} = 0,406 \omega_{\text{в;}} \quad \omega_{\text{с.эфф}} = 0,59 \omega_{\text{в.}}$$

Видно, что этот фильтр обеспечивает получение меньшей задержки выделенных сигналов и меньшей полосы пропускания канала цветности.

Устройства разделения с такими фильтрами нижних частот оказываются сравнительно сложными. Упростить их можно, если для разделения сигналов использовать двухполюсник. Схема такого устройства, в котором используется короткозамкнутая линия задержки, приведена на рис. 5-28. В ней может использоваться и разомкнутая линия задержки, при этом сигналы яркости и цветности меняются местами. Определим коэффициенты передачи каналов яркости и цветности. Входное сопротивление короткозамкнутой линии задержки равно:

$$Z_{\text{вх}}(i\omega) = i\rho \operatorname{tg} \omega t_0,$$

где t_0 — время задержки линии; ρ — ее волновое сопротивление, откуда коэффициенты передачи каналов ярко-

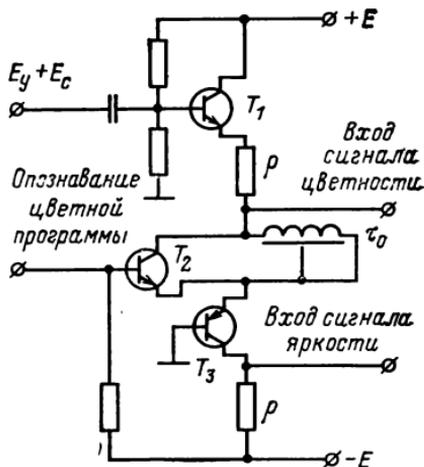


Рис. 5-28. Устройство разделения сигналов яркости и цветности.

$$\left. \begin{aligned} K_y(i\omega) &= \cos \omega t_0 e^{-i\omega t_0}; \\ K_c(i\omega) &= i \sin \omega t_0 e^{-i\omega t_0}. \end{aligned} \right\} \quad (5-16)$$

Переходная характеристика канала яркости не имеет выбросов. Выделенные сигналы дополняют друг друга, так как

$$K_{\Sigma} = K_y(i\omega) + K_c(i\omega) = 1.$$

Следует обратить внимание на то, что суммарный сигнал не имеет задержки по отношению к входному сигналу. Это является преимуществом данного устройства по сравнению с ранее рассмотренным. Экспериментальные частотные характеристики каналов яркости и цветности показаны на рис. 5-29. Значение t_0 выбирается таким образом, чтобы минимум коэффициента передачи канала яркости располагался между двумя цветовыми поднесущими системы СЕКАМ, т. е. на частоте 4,33 МГц. При этом $t_0 \approx 57,8$ нс и подавление цветовой поднесущей на черном и белом составляет более 30 дБ в красной и синей строках. Подавление может быть увеличено посредством изменения времени задержки линии в соответствии с чередованием поднесущей

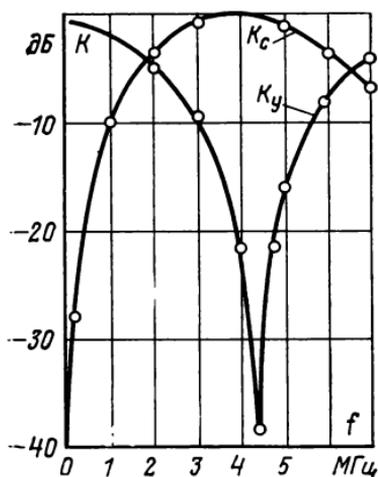


Рис. 5-29. Частотные характеристики каналов яркости и цветности.

с чередованием поднесущей в красной и синей строках. Транзистор T_2 заперт при обработке цветных сигналов и насыщается при переходе к сигналам черно-белого телевидения при поступлении соответствующего напряжения опознавания цветной программы. В этом случае устройство разделения превращается в усилитель с коэффициентом передачи, равным единице.

в красной и синей строках. Транзистор T_2 заперт при обработке цветных сигналов и насыщается при переходе к сигналам черно-белого телевидения при поступлении соответствующего напряжения опознавания цветной программы. В этом случае устройство разделения превращается в усилитель с коэффициентом передачи, равным единице.

Эффективная полоса пропускания канала яркости равна:

$$\omega_{y.эфф} = \int_0^{\Omega_B} |K_y(i\omega)|^2 d\omega \approx 0,565\omega_B,$$

где Ω_B — верхняя граничная частота видеоканала.

Это существенно превышает полосы пропускания, полученные с ранее рассмотренными фильтрами.

Определим эффективную полосу пропускания канала цветности:

$$\omega_{c.эфф} = \int_0^{\Omega_B} |K_c(i\omega)|^2 d\omega \approx 0,856\omega_B.$$

Таким образом, полоса пропускания канала цветности в данном случае оказывается большей, чем при использовании ранее рассмотренных фильтров. Это является недостатком устройства разделения с линией задержки, который может быть устранен или уменьшен только усложнением схемы. Преимуществами данного устройства являются его простота, отсутствие фазирующей линии задержки, значительное подавление сигнала цветности в канале яркости и отсутствие задержки в сигнале, получающемся после суммирования выделенных компонентов яркости и цветности.

После соответствующей обработки выделенные сигналы яркости и цветности суммируются. Получить неискаженный выходной сигнал можно, если составляющие E_y и E_c суммируются без искажений. В данном случае это возможно, так как ограничители и схема антисовпадения, использующиеся в каналах яркости и цветности,

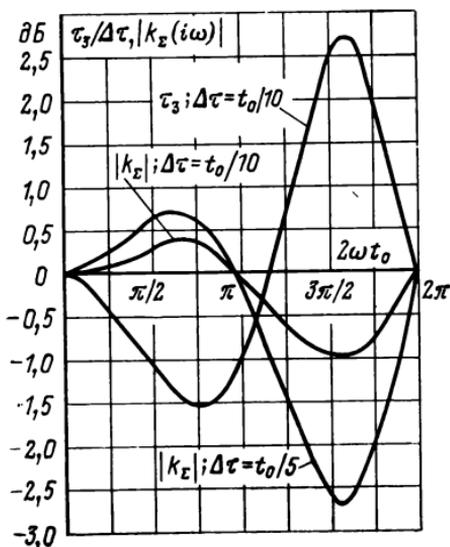


Рис. 5-30. Частотная характеристика и характеристика группового времени запаздывания при наличии дополнительной задержки в канале цветности.

не затрагивают сам видеосигнал. Поэтому для получения неискаженного выходного сигнала достаточно обеспечить идентичность коэффициентов передачи компонентов E_y и E_c от разделителя до схемы суммирования. Наибольшие трудности связаны с точным фазированием сигналов E_y и E_c . Оценим влияние разницы в задержках этих сигналов на линейные искажения суммарного сигнала при использовании устройства разделения с линией задержки. Предположим, что дополнительная задержка имеет место в канале цветности. Тогда с учетом выражения (5-16) модуль коэффициента передачи суммарного канала равен:

$$|K_{\Sigma}(i\omega)| = |\cos \omega t_0 e^{-i\omega t_0} + i \sin \omega t_0 e^{-i\omega(t_0 + \Delta\tau)}| = \\ = \sqrt{1 + \sin^2 \omega \Delta\tau \sin^2 2\omega t_0} \approx \sqrt{1 + \omega \Delta\tau \sin 2\omega t_0}. \quad (5-17)$$

Последнее приближенное равенство справедливо при $\omega \Delta\tau \ll 1$ в интересующем диапазоне частот $\omega t_0 \leq \pi$. Форма частотной характеристики, соответствующая выражению (5-17), показана на рис. 5-30. При изменении знака $\Delta\tau$ (задержка в канале яркости) форма частотной характеристики становится практически обратной.

Определим характеристику группового времени запаздывания. Для этого в выражении для $K_{\Sigma}(i\omega)$ разложим $e^{-i\omega \Delta\tau}$ в ряд и ввиду малости $\omega \Delta\tau$ ограничимся двумя членами разложения. Тогда фазовая характеристика и характеристика группового времени запаздывания с принятым приближением определяются следующим образом:

$$\operatorname{tg} \varphi(\omega) \approx \varphi(\omega) \approx \frac{\omega \Delta\tau (1 - \cos 2\omega t_0)}{2 + \omega \Delta\tau \sin 2\omega t_0}; \\ t_3(\omega) = \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} \approx -\Delta\tau \frac{\sin^2 \omega t_0 + \omega t_0 \sin 2\omega t_0}{1 + \omega \Delta\tau \sin 2\omega t_0}.$$

Эта зависимость для $\Delta\tau = \frac{t_0}{10}$ показана на рис. 5-30.

Оценим влияние разницы в задержках $\Delta\tau$ на искажения формы синус-квадратичного импульса

$$E(t) = \cos^2 at; \quad |t| \leq \frac{\pi}{2a},$$

где $\alpha = \frac{\pi}{2T}$; T — длительность импульса на уровне 0,5.

Сигналы на выходе каналов цветности и яркости

$$E_c(t) = \frac{\cos^2 \alpha t - \cos^2 \alpha (t - 2t_0)}{2};$$

$$E_y(t) = \frac{\cos^2 \alpha t + \cos^2 \alpha (t - 2t_0)}{2}.$$

Суммарный сигнал при дополнительной задержке сигнала цветности на $\Delta\tau$ с учетом $\alpha\Delta\tau \ll 1$ равен:

$$E_z(t) \approx \frac{1}{2} \{2\cos^2 \alpha t + \alpha\Delta\tau [\sin 2\alpha t - \sin 2\alpha (t - 2t_0)]\}. \quad (5-18)$$

Первые два слагаемых в этом выражении существуют в интервале $|t| \leq \frac{\pi}{2\alpha}$, а последнее

$$2t_0 - \frac{\pi}{2\alpha} \leq t \leq 2t_0 + \frac{\pi}{2\alpha}. \quad (5-19)$$

Искажения исходного импульса определяются частью выражения (5-18), заключенной в квадратные скобки. Дифференцируя выражение (5-18) по t и пренебрегая степенями αt больше первой, определяем время, соответствующее вершине импульса:

$$t = \frac{\Delta\tau (1 - \cos 4\alpha t_0)}{2(1 + \alpha\Delta\tau \sin 4\alpha t_0)} \approx \frac{\Delta\tau}{2} (1 - \cos 4\alpha t_0).$$

Отклонение амплитуды испытательного импульса от единицы определяется в основном последним слагаемым в формуле (5-18), которое оказывается положительным, что свидетельствует об увеличении амплитуды импульса при положительном $\Delta\tau$. Это слагаемое не достигает своего максимального значения при $t \approx 0$, так как

$$\frac{T}{2} < 2t_0 < T \quad \text{и} \quad \frac{\pi}{2} < 4\alpha t_0 < \pi.$$

Определим величину выброса, образующегося в суммарном сигнале. По окончании импульса первые два слагаемых в (5-18) обращаются в нуль и

$$E_z(t) \approx -\frac{\alpha\Delta\tau}{2} \sin 2\alpha (t - 2t_0).$$

В этом интервале времени $t > 2t_0$ и выброс оказывается отрицательным с длительностью $2t_0$. Выброс до-

стигает максимума при

$$t = \frac{\pm \frac{\pi}{2} \pm n\pi}{2\alpha} + 2t_0,$$

где $n = 0, 1, 2 \dots$

Из условия (5-19) следует, что существует только один максимум при $t_b = \frac{\pi}{4\alpha} + 2t_0$. Амплитуда выброса

$$E_x(t_b) = -\frac{\alpha\Delta\tau}{2}. \quad (5-20)$$

При $t=t_b$ последнее слагаемое в выражении (5-18) достигает максимального значения. Поэтому величина выброса превышает отклонение амплитуды испытательного импульса от номинального значения. Учитывая, что в системе К-фактора допуски на амплитуду импульса и первый выброс одинаковые, можно определить К-фактор системы при малых $\Delta\tau$ в соответствии с выражением (5-20)

$$K = \left| \frac{\alpha\Delta\tau}{8} \right| 100\%.$$

При изменении знака $\Delta\tau$ выброс и изменение амплитуды синус-квадратичного импульса меняют знак. Кроме того, выходной импульс сдвигается в сторону опережения на $\Delta\tau$.

Для примера определим линейные искажения, вносимые системой разделения, если дополнительная задержка сигнала цветности $\Delta\tau = 6 \cdot 10^{-9}$ с. Неравномерность частотной характеристики составляет $+0,4 \div -1$ дБ; неравномерность группового времени запаздывания $-9 \div +17$ нс; К-фактор по синус-квадратичному 2Т-импульсу $-0,736\%$, по Т-импульсу $-1,47\%$. Таким образом, точность фазирования сигналов E_y и E_c при их суммировании должна быть достаточно высокой, что обеспечивается соответствующим выполнением элементов принципиальной схемы.

Рассмотренные устройства разделения компонентов яркости и цветности могут использоваться при обработке сигналов любых систем цветного телевидения. Недостатком этих схем является то, что высокочастотные составляющие помех через канал цветности проходят на выход системы регенерации и могут превышать уровни черного и белого. Применительно к сигналам системы СЕКАМ этот недостаток может быть устранен использованием значительно более сложного устройства разде-

ления, в котором ЧМ-сигнал цветности ограничивается по амплитуде [68]. Функциональная схема такого устройства показана на рис. 5-31.

Полный цветовой сигнал через фазирующую линию задержки 1 поступает на один из входов вычитающего устройства 2.

Сигнал цветности выделяется полосовым фильтром 3 и подается на схему ВЧ-коррекции 7, устраняющую амплитудную модуляцию цветовой поднесущей. Далее ЧМ-колебание цветности ограничивается и поступает на схему ВЧ-предыскажений 5, с помощью которой восстанавливается исходная форма сигнала цветности. Высококачественные составляющие, образовавшиеся при ограничении колебаний поднесущей частоты, подавляются полосовым фильтром 6.

Полученный сигнал цветности вычитается из полного цветового сигнала, в результате чего выделяются компоненты сигнала яркости. В процессе амплитудного ограничения из сигнала цветности удаляется большинство высокочастотных яркостных составляющих, и поэтому полученные сигналы E_y и E_c являются близкими аналогами исходных компонентов яркости и цветности. Как и ранее, полученные сигналы E_y и E_c взаимно дополняют друг друга.

Для полного подавления цветовой поднесущей в сигнале E_y необходимо, чтобы уровни сигналов цветности на обоих входах вычитающего устройства были одинаковыми. Это достигается с помощью амплитудного детектора 8, изменяющего уровень сигнала на выходе ограничителя в соответствии с изменениями размаха входного сигнала. Наиболее ложно в устройстве разделения обеспечить фазирование сигналов на обоих входах вычитающего устройства с точностью 3—5 нс, необходимой для надежного вычитания цветовой поднесущей.

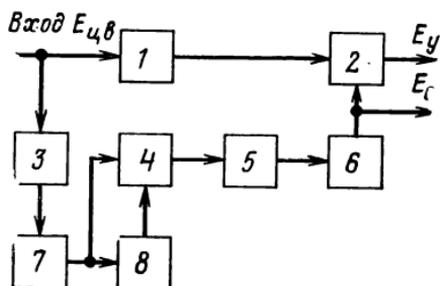


Рис. 5-31. Устройство разделения компонент яркости и цветности сигнала системы СЕКАМ.

1 — фазирующая линия задержки; 2 — вычитающее устройство; 3 — полосовой фильтр; 4 — амплитудный ограничитель с регулируемым уровнем выходного напряжения; 5 — схема ВЧ-предыскажений СЕКАМ; 6 — полосовой фильтр; 7 — схема ВЧ-коррекции СЕКАМ; 8 — амплитудный детектор.

5-10. Выделение синхроимпульсов из воспроизводимого сигнала

Функциональная схема селектора синхроимпульсов приведена на рис. 5-32. При отделении импульсов соблюдается последовательность операций: управляемая фиксация уровня черного видеосигнала, стробирование соответствующих импульсов, фильтрация и ограничение с управляемым порогом на уровне половины амплитуды синхроимпульса. Эти меры обеспечивают стабильную работу селектора при изменениях уровня и средней яркости сигнала, при воздействии импульсных и флуктуа-

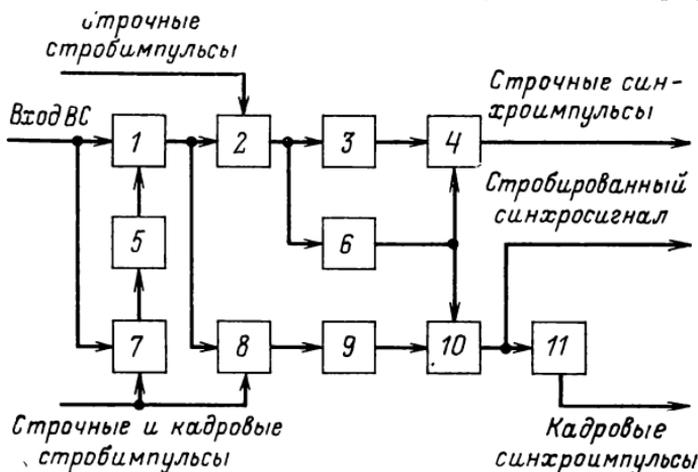


Рис. 5-32. Функциональная схема селектора синхроимпульсов.

1 — схема управляемой фиксации уровня черного; 2, 8 — схемы совпадения; 3, 9 — фильтры нижних частот; 4 — ограничитель и формирователь; 5 — селектор и формирователь; 6 — амплитудный детектор синхроимпульсов; 7 — схема совпадения и фильтр нижних частот; 10 — ограничитель; 11 — интегрирующая цепь.

ционных помех. Порог выделения импульсов изменяется под действием выходного напряжения амплитудного детектора 6, которое пропорционально размаху синхроимпульсов во входном сигнале. Формирование фиксирующих импульсов производится с помощью обычного селектора 5 с автоматическим смещением. Для повышения помехозащищенности перед ним производятся стробирование и фильтрация видеосигнала.

По той же функциональной схеме строятся селекторы синхроимпульсов в системе коррекции временных искажений и других узлах видеомагнитофона, где требуется точное выделение сигналов синхронизации.

Оценим ошибки выделения синхроимпульсов, появляющиеся в том случае, если на вход селектора поступает видеосигнал, суммированный с шумом. Флуктуационная помеха вызывает случайные изменения положения выделенных импульсов. Это приводит, во-первых, к неточному определению величины временных ошибок и, следовательно, к ошибочной их коррекции и, во-вторых, к погрешностям синхронизации воспроизводимого изображения при замешивании в выходной сигнал стробированных синхроимпульсов. В обоих случаях ошибки выделения синхронизирующих сигналов проявляются на изображении в виде случайных смещений строк изображения от своего номинального положения. Отметим, что при использовании «стробированных» импульсов ошибки их выделения могут суммироваться с ошибками, возникшими в системе коррекции временных искажений. Если синхроимпульсы в системах коррекции и регенерации выделяются приблизительно на одинаковом уровне, то эти ошибки могут быть коррелированными и при суммировании удваиваться.

Дальнейшие расчеты будут проводиться для двух энергетических спектров шума $F_{\xi}(\omega)$ на входе селектора: равномерного в полосе $0-\Omega_{\text{в}}$ и параболического. Реальный спектр шума на выходе демодулятора, как правило, находится между этими распределениями.

Как следует из функциональной схемы рис. 5-32, погрешности выделения синхроимпульсов вызываются в основном двумя факторами: флуктуациями уровня черного на выходе схемы управляемой фиксации и ошибками в момент срабатывания ограничителя синхроимпульсов при воздействии на его вход суммы сигнала и шума. Погрешностями, вызванными изменениями порога ограничения синхроимпульсов, можно пренебречь, так как детектор δ является весьма узкополосным устройством.

Определим флуктуации уровня черного на выходе схемы управляемой фиксации. Процесс фиксации поясняется эквивалентной схемой рис. 5-33. На вход схемы поступает сумма видеосигнала $U_{\text{вс}}$ и случайного процесса

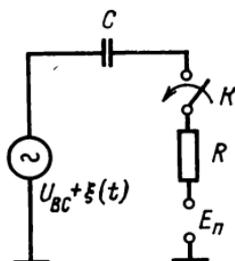


Рис. 5-33. Эквивалентная схема устройства управляемой фиксации уровня черного телевизионного сигнала.

$\xi(t)$. В момент действия фиксирующего импульса ключ K замыкается и происходит «привязка» соответствующего уровня сигнала U_{BC} к потенциалу $E_{п.}$ При отсутствии шума и постоянном U_{BC} заряд конденсатора C поддерживается постоянным и равным

$$U_c = U_{BC} + E_{п.}$$

При воздействии флуктуационной помехи $\xi(t)$ напряжение U_c изменяется за счет добавления случайной составляющей $\xi_c(t)$, образующейся в результате выборки значения входного шума в момент действия фиксирующего импульса, его фильтрации в RC -цепи и запоминания полученного напряжения до прихода следующего импульса. Процесс $\xi_c(t)$, взятый с обратным знаком, определяет флуктуации уровня черного на выходе схемы фиксации. Таким образом задача заключается в вычислении дисперсии этого процесса.

В работе [69] показано, что при воздействии стационарного процесса $\xi(t)$ дисперсия флуктуаций уровня черного определяется следующим выражением:

$$\sigma_c^2 = \frac{\alpha}{1 - e^{-2\alpha T_H}} \left[\int_0^{T_H} B_\xi(\tau) e^{-\alpha\tau} d\tau - e^{-2\alpha T_H} \int_0^{T_H} B_\xi(\tau) e^{\alpha\tau} d\tau \right], \quad (5-21)$$

где $\alpha = \frac{1}{RC}$ — параметр схемы фиксации; T_H — длительность фиксирующего импульса; $B_\xi(\tau)$ — корреляционная функция шума, действующего на входе схемы фиксации.

Рассчитаем значение σ_c^2 для случая, когда входной шум имеет дисперсию σ_ξ^2 и энергетический спектр, равномерный в полосе $0 - \Omega_B$. Корреляционная функция такого шума равна:

$$B_\xi(\tau) = \frac{\sigma_\xi^2}{\Omega_B \tau} \sin \Omega_B \tau.$$

Подставляя это значение в (5-21), имеем:

$$\sigma_c^2 = \frac{\alpha \sigma_\xi^2}{\Omega_B (1 - e^{-2\alpha T_H})} \left(\int_0^{\Omega_B T_H} \frac{\sin x}{x} e^{-\frac{\alpha}{\Omega_B} x} dx - e^{-2\alpha T_H} \int_0^{\Omega_B T_H} \frac{\sin x}{x} e^{\frac{\alpha}{\Omega_B} x} dx \right).$$

Функция $\frac{\sin x}{x}$ в подынтегральных выражениях быстро затухает, и при введении дополнительного условия

$$\frac{\alpha}{\Omega_B} \ll 0,1 \quad (5-22)$$

получаем:

$$\sigma_c^2 \approx \frac{\alpha}{\Omega_B} \text{Si}(\Omega_B T_n) \sigma_\xi^2. \quad (5-23)$$

При длительности фиксирующих импульсов $T_n > 0,5$ мкс это выражение упрощается

$$\sigma_c^2 \approx \frac{\pi\alpha}{2\Omega_B} \sigma_\xi^2; \quad \Omega_B T_n > 10. \quad (5-24)$$

Эти соотношения позволяют оценить увеличение уровня шума в видеосигнале на выходе схемы фиксации. Оно оказывается незначительным. Даже при использовании схемы фиксации с малой постоянной времени, например $\frac{\alpha}{\Omega_B} = 10^{-2}$, среднеквадратичное значение

флуктуаций уровня черного оказывается на 18 дБ ниже, чем σ_ξ с учетом того, что процессы $\xi(t)$ и $\xi_c(t)$ не коррелированы, это приводит к увеличению общего уровня шума на 0,03 дБ. При определении увеличения уровня «взвешенного» шума необходимо учитывать, что флуктуации уровня черного в силу своего низкочастотного характера не ослабляются взвешивающим фильтром. Если основной шум уменьшается взвешивающим фильтром, например, на 10 дБ, то увеличение «взвешенного» уровня шума вследствие действия схемы фиксации составит около 0,4 дБ.

Если фиксация уровня черного производится при воздействии импульсных помех, например, до компенсации выпадений, то постоянная времени цепи фиксации обычно увеличивается до 30—200 мкс.

Определим влияние флуктуаций уровня черного на точность выделения синхроимпульсов. При условии линейного нарастания синхроимпульса среднеквадратичная погрешность оценки его положения равна:

$$\sigma_{\Delta t} = \frac{\sigma_c T_\Phi}{U_c}, \quad (5-25)$$

где T_Φ — время нарастания синхроимпульса на входе ограничителя; U_c — амплитуда синхроимпульса.

Подставляя (5-24) в (5-25), получаем для стандартного отношения уровней видеосигнала и синхроимпульсов

$$\sigma_{\Delta t} = \frac{2,33T_{\phi}}{\psi} \sqrt{\frac{\pi\alpha}{2\Omega_B}}$$

где $\psi = \frac{U_{BC}}{\sigma_{\xi}}$ — отношение сигнал/шум на входе схемы фиксации.

Если предположить, что возникающие ошибки распределены по нормальному закону, то максимальная погрешность оценки положения синхроимпульса при отношении сигнал/шум 40 дБ $\Delta t = 6\sigma_{\Delta t} \approx 4,4$ нс при $T_{\phi} = 0,25 \cdot 10^{-6}$ с и $\frac{\alpha}{\Omega_B} = 10^{-2}$.

Таким образом ошибки оказываются небольшими и могут сказываться только при использовании перед

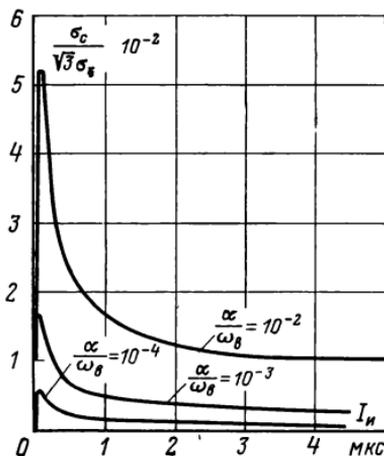


Рис. 5-34. Зависимость флуктуаций уровня черного от длительности фиксирующих импульсов для параболического шума.

ограничителем синхроимпульсов фильтров нижних частот, существенно увеличивающих T_{ϕ} . Но и в этом случае ошибки могут быть уменьшены до необходимой величины соответствующим выбором постоянной времени цепи фиксации.

Аналогично определим величину флуктуаций уровня черного при воздействии шума с дисперсией σ_{ξ}^2 и параболическим энергетическим спектром в диапазоне частот $0-\Omega_B$. Его корреляционная функция

$$B_{\xi}(\tau) = 3\sigma_{\xi}^2 \left(\frac{\sin \Omega_B \tau}{\Omega_B \tau} + \frac{2\cos \Omega_B \tau}{\Omega_B^2 \tau^2} - \frac{2\sin \Omega_B \tau}{\Omega_B^3 \tau^3} \right).$$

Подставляя это выражение в (5-21) и интегрируя каждое слагаемое дважды по частям, получаем с учетом условия (5-22)

$$\sigma_c^2 \approx \frac{3\alpha^2 \sigma_{\xi}^2}{\Omega_B^2 (1 - e^{-2\alpha T_H})} \left[1 + e^{-2\alpha T_H} \left(1 - 2e^{\alpha T_H} \frac{\sin \Omega_B T_H}{\Omega_B T_H} \right) \right]. \quad (5-26)$$

Эта зависимость для $\Omega_B = 2\pi \cdot 6 \cdot 10^6$ Гц·рад показана на рис. 5-34. При больших длительностях фиксирующих импульсов

$$\sigma_c^2 \approx \frac{3\alpha^2 \sigma_\xi^2 (1 + e^{-2\alpha T_H})}{\Omega_B^2 (1 - e^{-2\alpha T_H})}; \quad \Omega_B T_H > 10.$$

Из приведенных зависимостей видно, что флуктуация уровня черного оказывается меньшей, чем в случае белого шума. Объясняется это сильной фильтрацией в RC -цепи фиксации высокочастотных составляющих шума, преобладающих в данном распределении. Среднеквадратичное значение ошибок выделения синхроимпульсов с учетом (5-25) равно:

$$\sigma_{\Delta t} = \frac{2,33\alpha T_\Phi}{\Omega_B \psi} \sqrt{\frac{3(1 + e^{-2\alpha T_H})}{1 - e^{-2\alpha T_H}}}.$$

При отношении сигнал/шум 40 дБ максимальная погрешность выделения составляет около 0,7 нс при $T_H = 2$ мкс и $\frac{\alpha}{\Omega_B} = 10^{-2}$.

Перейдем к оценке ошибок выделения синхроимпульсов, вызванных воздействием шума на ограничитель. Величина этих ошибок зависит от параметров фильтра нижних частот, предшествующего ограничителю (фильтр 3 на рис. 5-32). Определим потенциальную точность выделения импульсов, т. е. точность, которая достигается при использовании оптимального линейного фильтра. Дисперсия флуктуаций фазы выделенных синхроимпульсов в этом случае определяется выражением

$$\sigma_{\Delta t}^2 = - \frac{1}{\frac{2}{\pi} \frac{d^2}{d\tau^2} \int_0^{\Omega_B} \frac{|S(i\omega)|^2}{F_\xi(\omega)} \cos \omega\tau d\omega \Big|_{\tau=0}},$$

где $|S(i\omega)|$ — модуль спектральной плотности синхроимпульсов.

При оптимальной фильтрации на фоне белого шума синхроимпульсов прямоугольной формы длительностью T_H имеем:

$$\sigma_{\Delta t} \approx \frac{5,2}{\Omega_B \psi}; \quad \Omega_B T_H \gg 1. \quad (5-27)$$

Это выражение получено для стандартного отношения уровней видеосигнала и синхроимпульсов. Аналогично для параболического шума

$$\sigma_{\Delta t} \approx \frac{\sigma_{\xi}}{\Omega_B} \sqrt{\frac{3\pi}{\Omega_B E_c}} = \frac{4}{\Omega_B \psi} \sqrt{\frac{\pi}{\Omega_B T_H}}, \quad (5-28)$$

где E_c — энергия синхроимпульса.

Как видно из выражения (5-27), потенциальная точность выделения синхроимпульсов не зависит, начиная примерно с 0,3 мкс, от длительности импульсов. При заданном уровне шума снижение ошибок выделения может быть достигнуто увеличением амплитуды синхроимпульсов. Однако это, как правило, не представляется возможным. Другой путь заключается в использовании

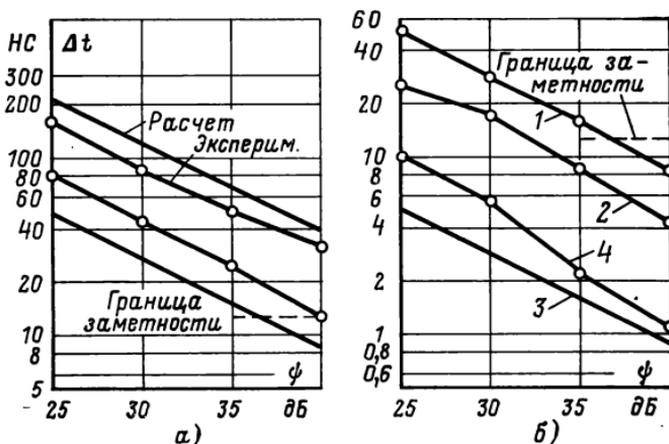


Рис. 3-35. Ошибки выделения синхроимпульсов на фоне белого (а) и параболического (б) шума в диапазоне 0—6 МГц.

1 — без фильтрации; 2 — фильтрация с помощью контура ударного возбуждения; 3 — оптимальная фильтрация синхроимпульсов; 4 — использование контура ударного возбуждения с предварительной линейной фильтрацией.

синхроимпульсов более сложной формы [70], что позволяет повысить размах автокорреляционной функции сигнала на выходе оптимального фильтра без увеличения уровня синхроимпульсов. При фильтрации синхроимпульсов на фоне шума с параболическим энергетическим спектром точность выделения зависит только от энергии импульсов (5-28) и не зависит от их формы.

При больших отношениях сигнал/шум флуктуации фазы выделенных синхроимпульсов распределены по нормальному закону. Поэтому максимальная ошибка

выделения $\Delta t \approx 6\sigma_{\Delta t}$. Зависимости ошибок выделения синхроимпульсов от уровня шума видеомагнитофона, рассчитанные в соответствии с (5-27) и (5-28), приведены на рис. 5-35. Там же показана граница заметности временных ошибок, вызванных флуктуациями фазы синхроимпульсов, для больших отношений сигнал/шум.

Практически в синхроселекторах используются не оптимальные фильтры, а более простые устройства, в которых одновременно осуществляется фильтрация и формирование.

Пример такого устройства, предназначенного для формирования строчных импульсов, показан на рис. 5-36. На базу транзистора T_1 подается видеосигнал отрицательной полярности, который прошел через схемы фиксации уровня черного и стробирования. Транзистор T_1 отпирается на уровне половины амплитуды синхроимпульса. При этом транзистор T_2 запирается и в контуре LC возбуждаются колебания, транзистор T_4 запирается и сформированный импульс поступает на выход схемы. Длительность импульса равна полупериоду свободных колебаний контура. Эффективная фильтрация достигается путем правильного выбора соотношения между амплитудой синхроимпульсов и зоной срабатывания ограничителя T_1, T_2 . Степень фильтрации зависит от периода колебаний контура. Зависимости, показанные на рис. 5-36, получены для контура с периодом колебаний 4 мкс, что соответствует длительности выходного импульса 2 мкс.

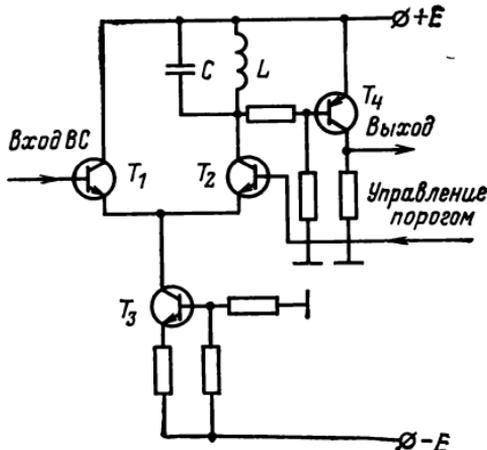


Рис. 5-36. Выделитель строчных синхроимпульсов.

При фильтрации импульсов на фоне параболического шума дальнейшее снижение ошибок выделения достигается за счет предварительной фильтрации сигнала перед ограничителем. На рис. 5-35 (кривая 4) показана зависимость, полученная при использовании фильтра с полосой пропускания 1 МГц. В случае белого шума такой фильтр оказывается малоэффективным.

Как видно из приведенных данных, существующие системы выделения синхроимпульсов обеспечивают достаточно высокую, близкую к потенциальной точность выделения синхроимпульсов. При отношении сигнал/шум около 40 дБ, что свойственно современным видеоманитофонам, такая точность оказывается достаточной.

5-11. Определение порядка чередования цветоразностных сигналов и опознавание цветной программы

В § 3-6 и 5-8 указывалось, что при записи и воспроизведении сигналов системы СЕКАМ возникает необходимость в определении порядка чередования в нем цветоразностных сигналов $R-Y$ и $B-Y$. Аналогично при работе с сигналами ПАЛ необходимо знать, в каких строках происходит изменение фазы цветовой поднесущей сигнала $R-Y$. Обычно эти задачи решаются с помощью схем, на выходе которых получают симметричные импульсы полустрочной частоты 7,8125 кГц, перепады которых определяют соответствующие строки полного сигнала.

Применительно к сигналам системы СЕКАМ порядок чередования цветоразностных сигналов может определяться как по поднесущей на строчных гасящих импульсах, так и по сигналам цветовой синхронизации, передаваемым в интервале кадрового гасящего импульса. Обычно используется второй из указанных методов, так как сигналы цветовой синхронизации обладают значительной амплитудой и длительностью. Кроме того, они имеют максимальную для системы СЕКАМ девиацию частоты, что облегчает частотное разделение сигналов в строках D'_R и D'_B . Но есть преимущества и у системы, в которой используется поднесущая на строчных гасящих импульсах. Например, она может работать при отсутствии или низком качестве сигналов цветовой синхронизации, что имеет место в видеоманитофонах с одной вращающейся головкой или телевизионных трактах, использующих интервал кадрового гасящего импульса для передачи служебных сигналов. Кроме того, такая система облегчает унификацию аппаратуры, работающей с сигналами, кодированными как по системе СЕКАМ, так и по системе ПАЛ, так как используемые участки цветовой поднесущей располагаются в том же месте, где вспышки поднесущей ПАЛ.

Системы, в которых используются сигналы цветовой синхронизации СЕКАМ, хорошо известны и применяются, например, в телевизионных приемниках. Поэтому здесь рассматривается построение устройства, в котором порядок чередования цветоразностных сигналов определяется по поднесущей на строчных гасящих импульсах [71].

Сигнал цветности выделяется резонансным усилителем 1, настроенным на частоту цветовой поднесущей (рис. 5-37). Далее следует ограничитель 2 и схема совпадения 3, выделяющая необходимый участок цветовой поднесущей. Глубина ограничения обычно выбирается в пределах 10—20, что обеспечивает надежную работу системы при значительных изменениях уровня входного сигнала. Два последующих разделительных контура 4 и 5 настраиваются соответственно на частоту цветовой поднесущей в строках с сигналом D'_R и D'_B . Полученные здесь радиоимпульсы детектируются

амплитудными детекторами 6 с небольшой постоянной времени (существенно меньшей длительности строки) и подаются на вычитающее устройство 7. На выходе вычитающего устройства образуются импульсы с частотой повторения 7,8 кГц, которые определяют порядок чередования цветоразностных сигналов. Эти импульсы фильтруются резонансным усилителем 8, настроенным на частоту 7,8 кГц, и синхронизируют триггер 11, работающий в режиме деления на 2 строчной частоты. На выходе триггера получаются симметричные импульсы цветовой синхронизации 7,8 кГц.

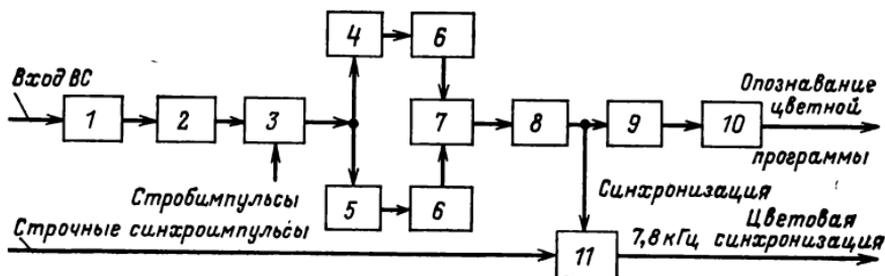


Рис. 5-37. Устройство для определения порядка чередования цветоразностных сигналов в сигнале СЕКАМ.

1 — резонансный усилитель-ограничитель; 2 — ограничитель; 3 — схема совпадения; 4 — разделительный контур, настроенный на поднесущую в строке D'_R ; 5 — разделительный контур, настроенный на поднесущую в строке D'_B ; 6 — амплитудный детектор с малой постоянной времени; 7 — вычитающее устройство; 8 — резонансный усилитель 7,8 кГц; 9 — амплитудный детектор с большой постоянной времени; 10 — пороговая схема; 11 — делитель на два.

Кроме того, колебания с резонансного усилителя 8 подаются на амплитудный детектор 9 с большой (несколько строк) постоянной времени, где превращаются в постоянное напряжение. Это напряжение управляет пороговой схемой 10, выходной потенциал которой показывает, какой сигнал (черно-белый или цветной) подан на вход устройства. Таким образом, данное устройство обеспечивает цветовую синхронизацию видеомагнитофона и опознавание цветной программы.

Как следует из функциональной схемы, порядок чередования цветоразностных сигналов будет правильно определяться до таких отношений сигнал/шум, при которых в ограничителе наступит пороговый эффект. Такая помехозащищенность является достаточной, так как при дальнейшем увеличении уровня шума качество цветного сигнала ухудшается настолько, что цветовая синхронизация теряет смысл. Иначе обстоит дело с опознаванием цветной программы. Ее наличие должно констатироваться только в присутствии цветовой поднесущей и не должно определяться в случае ее отсутствия при любом уровне шума на входе.

Определим, насколько данное устройство отвечает последнему требованию. Для этого рассчитаем отношение сигнал/помеха на выходе амплитудного детектора с малой постоянной времени, а также на выходе вычитающего устройства. Под сигналом будем понимать эффективное значение напряжения, появляющегося на выходе детектора или вычитающего устройства при подаче на вход схемы цветного сигнала без шума, под помехой — корень квадратный из средней мощности случайного процесса на выходе тех же эле-

ментов схемы при поступлении на вход устройства черно-белого сигнала, суммированного с нормальным шумом настолько большого уровня, чтобы в ограничителе наступил устойчивый пороговый эффект. Можно показать, что на выходе детектора это отношение равно:

$$\psi_1 \approx \sqrt{2\pi \left(1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_R}\right)}, \quad (5-29)$$

где $\alpha_1 = \omega_n / 2Q_1$ — параметр входного резонансного усилителя; $\alpha_R = \omega_n / 2Q_R$ — параметр разделительного контура, настроенного на цветовую поднесущую в строке с сигналом D'_R ; Q — добротность; $\omega_n = (\omega_R + \omega_B) / 2$ — средняя частота цветовой поднесущей в системе СЕКАМ; ω_R и ω_B — цветовые поднесущие в строках D'_R и D'_B .

Выберем добротность входного резонансного усилителя $Q_1 = 13,5$. При этом частотная характеристика усилителя практически обратна характеристике цепи высокочастотной коррекции, используемой в системе СЕКАМ. Благодаря этому пороговые явления в рассматриваемом устройстве наступают при таких же отношениях сигнал/шум, что и в декодирующих устройствах системы СЕКАМ. Добротность разделительного контура выбирается около 40 для получения приемлемой скорости нарастания радиоимпульсов. Отношение сигнал/шум на выходе детектора составляет в этом случае около 5. Учитывая пик-фактор помехи на выходе детектора, можно сделать заключение, что полученное отношение мало и опознавание цветной программы при большом уровне шума может оказаться затруднительным.

Как видно из выражения (5-29), увеличение добротности разделительного контура увеличивает помехозащищенность системы, в то время как повышение добротности входного резонансного усилителя ее снижает. Последнее не совсем очевидное обстоятельство объясняется следующим. Дисперсия помехи на выходе ограничителя оказывается постоянной после того, как шум превысил порог срабатывания ограничителя. При сужении полосы пропускания входного усилителя основная энергия этой помехи концентрируется около частоты ω_n , снижая эффективность фильтрации в разделительном контуре. Однако существенно снизить добротность входного усилителя или совсем его исключить нельзя, так как при этом пороговый эффект в ограничителе будет наступать ранее, чем это присуще сигналам, кодированным по системе СЕКАМ. Хорошие результаты получаются при шунтировании входного контура диодами. Параметры схемы выбираются таким образом, чтобы диоды опирались при приближении к пороговым отношениям сигнал/шум. Кроме того, порог срабатывания ограничителя, следующего за входным контуром, должен быть существенно ниже порога опирания диодов. Как показывают эксперименты, в этом случае отношение сигнал/шум на выходе детектора удастся повысить почти вдвое по сравнению со случаем использования обычного резонансного контура, сохранив пороговое отношение сигнал/шум на входе 11—18 дБ, что соответствует порогу системы СЕКАМ.

Дальнейшее повышение помехозащищенности достигается использованием дополнительного канала выделения цветовой поднесущей в строке с сигналом D'_B . На выходе одного амплитудного детектора появляются импульсы, определяющие положение сигнала D'_R , а на выходе другого детектора — сигнала D'_B . При вычитании

Эти импульсы образуют двупольный сигнал почти удвоенной амплитуды. Отношение сигнал/шум на выходе вычитающего устройства равно:

$$\psi_2 \approx \sqrt{\frac{4\pi}{4-\pi} \left(1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_R}\right) \cdot 2 [1 - |K(\omega_R - \Delta\omega)|]},$$

где $\Delta\omega = \omega_R - \omega_B$; $K(\omega_R - \Delta\omega)$ — нормированный коэффициент передачи контура, настроенного на частоту ω_R на частоте ω_B .

Подставляя в это выражение значения параметров рассматриваемого устройства, получаем отношение сигнал/шум около 10. Это в 2 раза превышает отношение сигнал/шум на выходе каждого из детекторов. При установке на входе резонансного ограничителя отношение сигнал/шум удается повысить до 20. Такая величина является достаточной для обеспечения надежной работы устройства.

Необходимо иметь в виду, что рассчитанные отношения сигнал/шум являются среднеквадратичными значениями. При наблюдении пиковых напряжений сигнала и помехи на выходе вычитающего устройства или амплитудного детектора столь высокие отно-

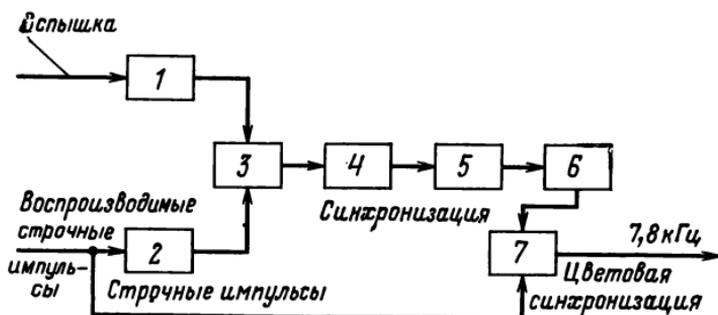


Рис. 5-38. Устройство цветовой синхронизации ПАЛ.

1 — формирующее устройство; 2 — генератор ударного возбуждения на частоте 4,43 МГц; 3 — фазовый детектор; 4 — ограничитель и дифференцирующая цепь; 5 — двухполупериодный детектор; 6 — резонансный усилитель 7,8 кГц; 7 — делитель на два.

шения сигнал/шум не регистрируются. Близкие к рассчитанным отношения сигнал/шум получаются после усреднения во времени выходного напряжения вычитающего устройства высокочастотным резонансным усилителем, настроенным на полустрочную частоту 7,8125 кГц. Этот элемент повышает также помехозащищенность системы по отношению к импульсным и коммутационным помехам.

Рассмотрим теперь, каким образом осуществляется цветная синхронизация при работе с сигналами ПАЛ. Обычно цветная синхронизация декодирующих устройств ПАЛ осуществляется импульсами полустрочной частоты, которые выделяются с помощью фазового сравнения вспышек цветовой поднесущей с регенерированной поднесущей частотой. В данном случае такой метод неприемлем из-за наличия в воспроизводимом сигнале временных ошибок. Поэтому используется другой метод [71], основанный на сравнении фазы вспышки с синхроимпульсом той же строки. В силу того, что временной интервал между синхроимпульсом и вспышкой невелик,

фазовые ошибки в их положении оказываются также небольшими даже при значительных временных искажениях. Функциональная схема устройства цветовой синхронизации приведена на рис. 5-38.

На вход устройства подаются вспышка цветовой поднесущей и строчные синхроимпульсы, выделенные из воспроизводимого сигнала посредством стробирования. В момент перехода колебаний вспышки через нуль формируются узкие импульсы, которые подаются на один из входов импульсного фазового детектора 3. На второй вход детектора поступают колебания цветовой поднесущей 4,43 МГц от генератора ударного возбуждения 2, управляемого воспроизводимыми строчными импульсами.

Фаза вспышки относительно синхроимпульса меняется каждые две строки, т. е. оказывается равной, например, нулю в первой и второй строках и 180° в третьей и четвертой. Связано это с тем, что через одну строку сдвиг фазы вспышки по отношению к синхроимпульсу на 90° , обусловленный соответствующим выбором частоты цветовой поднесущей, компенсируется принятым в системе ПАЛ сдвигом фазы вспышки от 135° к 225° . Дополнительное смещение частоты поднесущей на 25 Гц не меняет существенно эту картину, хотя и вызывает паразитную амплитудную модуляцию выходного напряжения фазового детектора.

Таким образом на выходе фазового детектора получается прямоугольное напряжение частотой 3,9 кГц. Это напряжение ограничивается, дифференцируется и его частота удваивается с помощью двухполупериодного детектора 5. Далее полученное колебание фильтруется резонансным усилителем 7, настроенным на частоту 7,8 кГц и используется для синхронизации триггера, делящего пополам частоту строчных импульсов. Как и в ранее рассмотренном устройстве, опознавание цветной программы может осуществляться с помощью амплитудного детектирования выходного напряжения резонансного усилителя 7,8 кГц.

Глава шестая

ВИДЕОМАГНИТОФОНЫ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

6-1. Общие сведения

В настоящее время промышленность различных стран, в том числе и СССР, выпускает большое количество видеоманитофонов разного типа и назначения. В телевизионном вещании прочное место занимают четырехголовочные видеоманитофоны, наиболее полно отвечающие требованиям телевизионного вещания и обеспечивающие высокое качество изображения и звукового сопровождения. Такие видеоманитофоны первыми появились в эксплуатации и за прошедшие годы на телецентрах образовался большой парк этих видеоманитофонов, а также накоплен большой фонд программ, записанных на магнитной ленте.

В последующие годы предпринимались неоднократные попытки упростить и удешевить аппаратуру магнитной видеозаписи для телевизионного вещания, используя одно- или двухголовочные видеомагнитофоны. В этих видеомагнитофонах прежде всего привлекала внимание возможность существенно снизить, сравнительно с четырехголовочными видеомагнитофонами, эксплуатационные расходы.

Кроме того, заманчивым было отсутствие искажений, обусловленных неидентичностью установки или параметрами магнитных головок. Снижение эксплуатационных затрат достигнуто в основном уменьшением расхода ленты на час записи. Это, в свою очередь, получено применением высококоэрцитивных магнитных лент с высокой отдачей в области коротких длин волн записи, позволивших сократить относительную скорость записи-воспроизведения и ширину дорожек записи. Тем не менее ожидавшегося широкого внедрения таких видеомагнитофонов в телевизионном вещании не произошло. Прежде всего возникли трудности при обмене программами из-за недостаточно хорошей взаимозаменяемости, свойственной этому способу записи. Магнитная строчка с записью полукадра составляет с направлением движения ленты очень малый угол и имеет очень большую длину вдоль ленты, поэтому неравномерность движения ленты и ее деформации (из-за механических усилий, теплового расширения и т. д.) приводят к значительным нарушениям закона следования головок по строчкам записи при воспроизведении. Это, в свою очередь, ведет к появлению значительных временных искажений и ухудшению отношения сигнал/шум. Более перспективными в этом отношении, по-видимому, могут быть так называемые «сегментные» двухголовочные видеомагнитофоны. Свое название они получили благодаря тому, что у них, как и у четырехголовочных видеомагнитофонов, изображение на экране разбито на ряд отдельных полос («сегментов»), воспроизводимых поочередно двумя головками. Каждая из них записывает не целый полукадр изображения, а только 50—55 строк. При этом угол наклона строчки к направлению движения ленты составляет примерно 20° , а длина строчки — порядка 130—140 мм. Это позволяет значительно уменьшить влияние деформаций ленты и достигнуть достаточно высоких параметров видеомагнитофонов. Однако, заметного выигрыша по стоимости аппаратуры при этом не достигнуто.

Ниже рассматриваются наиболее распространенные типы видеомагнитофонов как отечественного, так и зарубежного производства.

6-2. Четырехголовочные видеомагнитофоны

Видеомагнитофон КАДР-1. Серийное производство видеомагнитофона (рис. 6-1) было начато в 1964 г. КАДР-1 являлся первым отечественным видеомагнитофоном, работающим на ленте шириной 50,8 мм, предназначенным для записи программ как в стационарных условиях, так и в передвижных станциях видеозаписи. Несколько таких модернизированных видеомагнитофонов использовались для записи цветных программ в начале развития цветного телевизионного вещания в СССР.

Видеомагнитофоны КМЗИ в течение некоторого времени выпускались параллельно с КАДР-1 и отличались

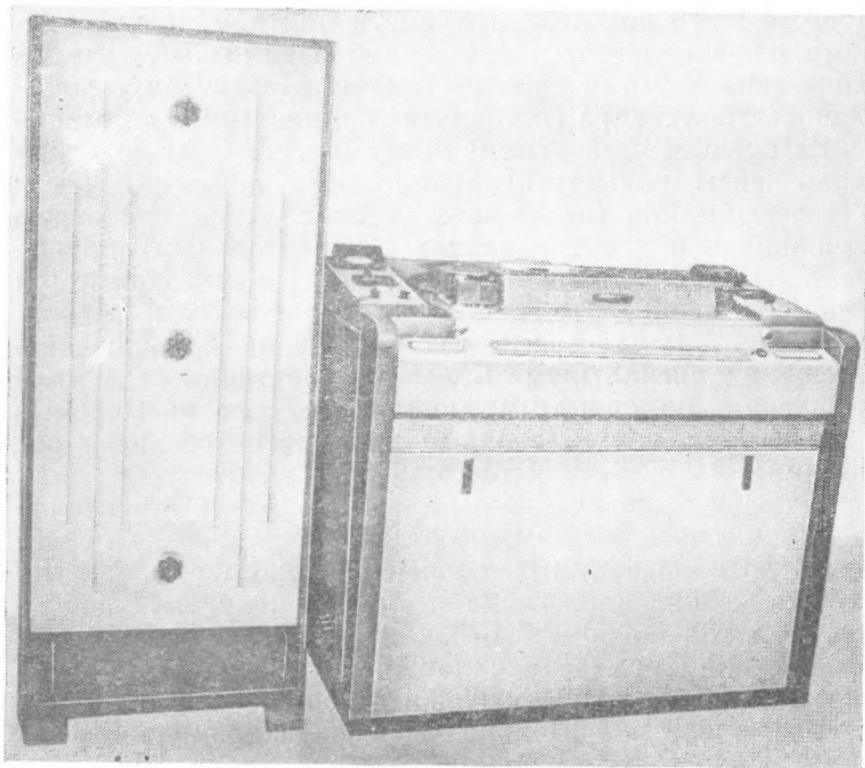


Рис. 6-1. Видеомагнитофон КАДР-1.

от него использованием ленты шириной 70 мм. Это позволило несколько повысить скорость перемещения головок относительно ленты и ввести дополнительный канал звукового сопровождения. В дальнейшем в связи с унификацией основных параметров аппаратуры магнитной видеозаписи выпуск таких аппаратов был прекращен.

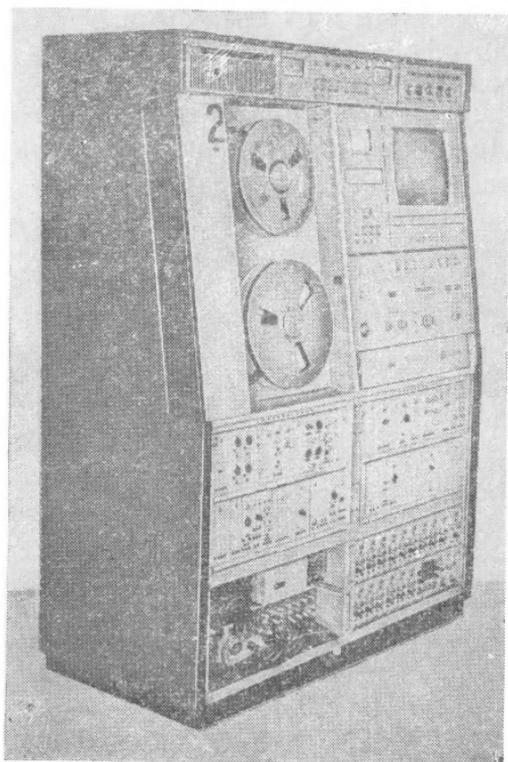


Рис. 6-2. Видеомагнитофон
ЭЛЕКТРОН-2.

Видеомагнитофон ЭЛЕКТРОН-2 (рис. 6-2) является дальнейшим развитием профессиональных видеомагнитофонов для телевизионного вещания типа КМЗИ и выпускается с 1967 г. Электронные блоки видеомагнитофона почти целиком выполнены на транзисторах и размещены в легкоъемных кассетах. В составе видеомагнитофона имеются блоки коррекции временных искажений, электронного монтажа, а также системы автоматического регулирования ведущим и скоростным электродвигателями повышенной точности, обеспечивающими точную

привязку синхроимпульсов воспроизводимого изображения к сигналу синхронизации студийного синхрогенератора.

Видеомагнитофон КАДР-3 (рис. 6-3) является наиболее распространенным в нашей стране. Серийный выпуск его начат в 1969 г. Он предназначен для записи и воспроизведения цветных и черно-белых телевизионных программ по принятым в СССР нормам.

Видеомагнитофон выполнен в металлическом корпусе, в котором смонтированы все основные узлы и блоки. Корпус снабжен роликами и опорными стойками для его передвижения и установки. В основу конструк-

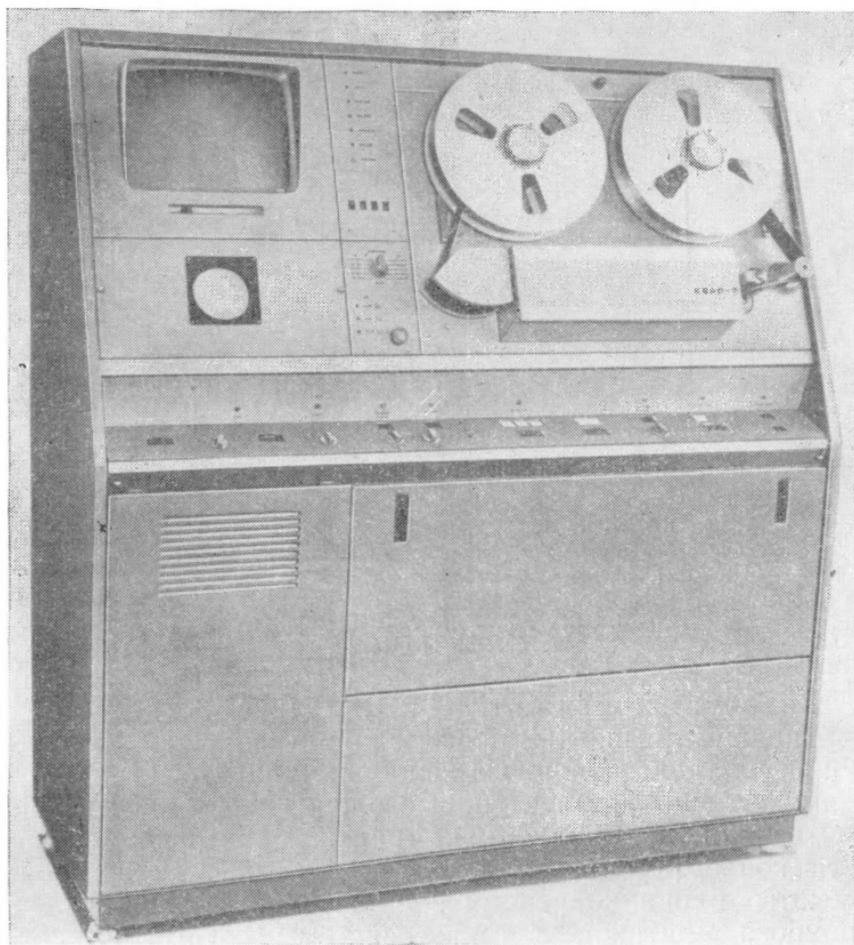


Рис. 6-3. Видеомагнитофон КАДР-3.

ций видеомagniтофона положен принцип съемных блоков-кассет, в которых выполнены все основные электронные блоки видеомagniтофона.

Основными системами видеомagniтофона являются: лентопротяжный механизм с блоком вращающихся головок и головками каналов звукового сопровождения, режиссерских пояснений и канала управления; системы регулирования; канал изображения, состоящий из блоков преобразования, записи и воспроизведения видеосигнала; система контроля, предназначенная для контроля работы всех основных узлов видеомagniтофона в рабочих режимах; система обработки воспроизводимого сигнала, предназначенная для регенерирования гасящих и синхронизирующих импульсов; система компенсации временных искажений, предназначенная для исправления временных искажений.

Основные технические данные видеомagniтофона КАДР-3 приведены в табл. 6-1.

В верхней части каркаса видеомagniтофона установлен лентопротяжный механизм с блоком вращающихся головок, расположенный с небольшим наклоном для удобства зарядки ленты и ухода за ним. Лентопротяжный механизм имеет две скорости движения ленты — основную 39,7 см/с и дополнительную 19,85 см/с, используемую для различных вспомогательных целей. Скорость ленты переключается автоматически при установке блока вращающихся головок для соответствующей скорости. Видеоконтрольное устройство и блок контроля с осциллографом дают возможность оперативно контролировать работу видеомagniтофона и его узлов с помощью простых переключений. На контрольном громкоговорителе осуществляется прослушивание входных и выходных сигналов обоих звуковых каналов. На панели управления видеомagniтофоном сосредоточены все органы управления, позволяющие включить видеомagniтофон в режимы записи, воспроизведения, записи звука и перемотки. При необходимости управление видеомagniтофоном может производиться с помощью дистанционного пульта управления. На панели управления также находятся индикатор уровня звуковых каналов, указатель тока записи, а также световые индикаторы системы управления вакуумной направляющей камеры, переключателя стандартов, включения микрофона и включения дистанционного управления. Все электронные блоки со-

Основные технические данные видеоматрифоносов отечественного производства

	Технические характеристики	КАДР-3	ЭЛЕКТРОН-2	КАДР-3П
Общие данные	Габаритный размер, мм Масса, кг Потребляемая мощность, кВт·А Скорость движения ленты, м/с Неравномерность скорости движения ленты, %	1480×1690×715 550 1,8 39,7 0,3 (пик)	1850×1305×600 550 3,5 39,7 0,15 (эфф.)	1480×1690×715 600 1,8 39,7; 19,85 0,3 (пик)
Канал изображения	Полоса частот, МГц Отношение сигнал/шум, дБ Нелинейность амплитудной характеристики, % Дифференциальное усиление, % Дифференциальная фаза, град Комбинационные искажения, дБ Искажения синус-квадратичного импульса 20Г: а) по усилению, дБ б) по задержке, нс	6 41 — 10 — 30	6 40 — — —	6 41 5 5 5 35 1 50
Звуковой канал	Полоса частот, кГц Неравномерность характеристики, дБ Отношение сигнал/шум, дБ Нелинейные искажения, %	0,05—15 3 50 3	0,03—16 — 54 (с фильтром) 3	0,05—15 3 50 3

средоточены под панелью управления. В верхнем ряду находятся блоки канала изображения, имеющие оперативные регулировки. Электронные блоки видеомagnитofона выполнены на транзисторах, за исключением предварительных усилителей воспроизведения и окончных усилителей записи. Конструкцией видеомagnитofона предусмотрены возможность использования двух и более видеомagnитofонов с управлением ими с одного пульта управления, синхронное воспроизведение программы двумя видеомagnитofонами для резервирования, а также подключение специального синхронного звукового мagnитofона для высококачественной записи звукового сопровождения.

С целью уменьшения паразитной емкости и уменьшения наводок предварительные каскады усилителей воспроизведения вынесены непосредственно на блок вращающихся головок (см. рис. 2-8).

Структурная схема канала сигнала изображения подробно рассмотрена в § 4-2. Канал звукового сопровождения видеомagnитofона имеет сквозной канал записи и воспроизведения. При использовании двух отдельных головок для записи и воспроизведения образуется сдвиг по времени, равный времени пробега лентой расстояния от записывающей до воспроизводящей головки. Поэтому для устранения этого недостатка используется специальная двойная магнитная головка, у которой рабочие зазоры записи и воспроизведения расположены близко друг от друга.

Структурная схема звуковых каналов видеомagnитofона приведена на рис. 6-4. С линейного входа 1 сигнал подается на усилитель записи 2 канала звукового сопровождения и далее на головку записи 3. В усилитель записи также подается ток подмагничивания от усилителя подмагничивания и стирания звукового канала 4, питающего также стирающую головку 5. Воспроизводящая головка 6 через предварительный усилитель воспроизведения 7 подключена к усилителю воспроизведения 8, имеющему два выхода: линейный 9 и контрольный 10. Канал режиссерских пояснений может использоваться для записи с линейного входа 11, записи от микрофона 12 и микрофонного усилителя 13 или для записи меток 14. Через переключатель 15 соответствующий вход подключается к усилителю записи 16, на который также подается ток подмагничивания от усилителя подмагничивания

и стирания 17, питающего также стирающую головку 18. Через переключатель 19 универсальная головка 20 подключается к выходу усилителя записи. При воспроизведении головка 20 подключается ко входу усилителя воспроизведения 21. В режиме электронного монтажа для

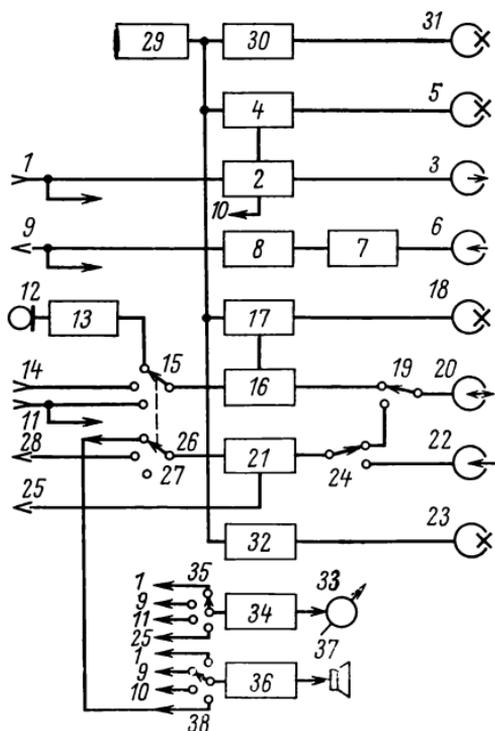


Рис. 6-4. Структурная схема звуковых каналов видеомегнофона КАДР-3.

воспроизведения меток используется вспомогательная воспроизводящая головка 22, которая расположена до основной стирающей головки 23. Головка 22 подключается ко входу усилителя воспроизведения 21 переключателем 24. Усилитель воспроизведения 21 режиссерского канала имеет два выхода — линейный 25 и контрольный 26, который через переключатель 27 может либо подключаться к контрольному усилителю, либо использоваться в системе управления при воспроизведении меток 28. Задающий генератор 29 питает усилители подмагничивания и стирания звуковых каналов 4 и 17, а также усилитель стирания сигнала управления 30 с головкой стирания 31 и усилитель стирания видеоголовок 32 с головкой 23. Контроль работы звуковых каналов производится с помощью индикатора уровня 33 с усилителем 34, подключаемого через переключатель 35 ко входу или выходу режиссерского или звукового канала. Кроме того, для прослушивания имеется контрольный усилитель 36 с громкоговорителем 37, с помощью переключателя 38 подключаемый ко входу и выходу того или иного канала.

Основные системы автоматического регулирования видеомегнофона обеспечивают стандартную запись и

воспроизведение записанной телевизионной программы в режиме внешней синхронизации. Питание синхронного гистерезисного двигателя производится через привод сигналом синусоидальной формы частотой 500 Гц. Этот сигнал получается умножением и последующим делением опорных импульсов частотой следования $2f_{стр}$, выделенных в зависимости от режима работы САР-СД из синхросигнала опорного синхрогенератора или записываемого видеосигнала. Начальная установка фазы вращения двигателя производится изменением коэффициента передачи делителей частоты, включенных в цепи питания двигателя.

САР-СД управляет частотой вращения синхронного ведущего двигателя через привод, в состав которого входят импульсный расщепитель фаз и два усилителя мощности, работающие от сигнала синусоидальной формы частотой 62,5 Гц. Система имеет цепь компенсации изменений статической ошибки и цепь установки ленты по монтажным импульсам.

В лентопротяжном механизме используется система натяжения ленты, в которой управление работой двигателей подающего и приемного узлов производится через магнитные усилители. Подробнее работа систем регулирования видеомагнитофона КАДР-3 рассмотрена в гл. 3.

Структурная схема системы обработки воспроизводимого сигнала видеомагнитофона КАДР-3 представлена на рис. 6-5. Воспроизводимый видеосигнал после демодуляции и коррекции поступает на схему формирования опорных импульсов 1 и далее на блоки формирования гасящих 2 и синхронизирующих 3 импульсов. Выходные сигналы этих блоков задержаны примерно на 0,5 мкс относительно входных сигналов, поэтому необходимо задержать также и сам видеосигнал перед замешиванием в него новых гасящих и синхронизирующих импульсов. Для этого используется линия задержки, или если сис-

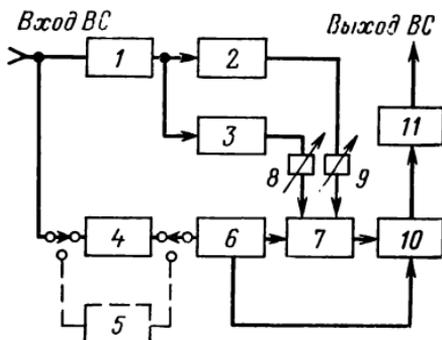


Рис. 6-5. Структурная схема системы обработки видеомагнитофона КАДР-3.

тема обработки используется совместно с системой компенсации временных искажений 5, роль линии задержки выполняет корректирующий элемент, среднее время задержки которого также равно 0,5 мкс. Затем сигнал поступает на схему разделения сигналов яркости и цветности 6, после чего в смесителе 7 заменяются гасящие и синхронизирующие импульсы в сигнале яркости. Здесь же производится установка их уровней с помощью регуляторов 8 и 9. Далее сигнал яркости подается на суммирующее устройство 10, куда также подается сигнал цветности. Здесь происходит сложение этих сигналов и восстановление полного сигнала, который затем усиливается и подается на выходные усилители 11.

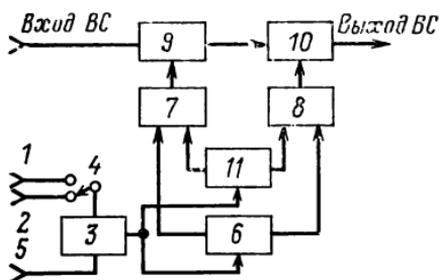


Рис. 6-6. Структурная схема системы компенсации временных искажений видеомагнитофона КАДР-3.

Структурная схема системы компенсации временных искажений приведена на рис. 6-6. Опорные строчные импульсы, вырабатываемые в системе обработки 1, или опорные строчные импульсы внешнего синхрогенератора 2 подаются на детектор ошибки 3 через переключатель 4. На детектор также подаются строчные импульсы, выделенные из воспроизводимого сигнала 5. В детекторе ошибки

вырабатывается напряжение ошибки, пропорциональное сдвигу опорных и воспроизводимых строчных импульсов по величине и по знаку. Это напряжение поступает в кодирующее устройство 6, где оно преобразуется в последовательность кодирующих импульсов, количество которых пропорционально величине сдвига. Эти импульсы подаются в счетчики 7 и 8, где они преобразуются в двоичный код. С помощью счетчика 7 и блока точной коррекции 9 производится частичная компенсация временных искажений в пределах от 0,02 до 0,08 мкс ступенчатым включением отрезков линий задержки. Если количество кодирующих импульсов превышает емкость счетчика 7, то начинает работать счетчик 8, управляющий блоком грубой коррекции 10, с помощью которого осуществляется коррекция искажений в пределах от 0,1 до 0,5 мкс с шагом 0,1 мкс. В зависимости от того, опе-

режает или отстаёт воспроизводимый синхросигнал от опорного сигнала, выключается и включается постоянная линия задержки в блоке грубой коррекции 10 с помощью блока управления 11. С выхода блока грубой коррекции 10 скорректированный видеосигнал поступает на вход системы обработки воспроизводимого сигнала.

В видеомагнитофоне имеются также системы параллельной синхронной работы нескольких видеомагнитофонов [72], электронного монтажа и система компенсации выпадений сигнала при воспроизведении.

Видеомагнитофон КАДР-3П (рис. 6-7), серийный выпуск которого начат в 1975 г., представляет собой моди-



Рис. 6-7. Видеомагнитофон КАДР-3П.

фикацию видеоманитофона КАДР-3. Этот видеоманитонфон выпускается в двух вариантах — стационарном и передвижном (для установки в передвижных станциях магнитной видеозаписи). Он обеспечивает запись и воспроизведение программ цветного и черно-белого телевидения по принятым в СССР нормам. Конструкция видеоманитофона и его отдельных узлов остается в основном прежней. Технические данные видеоманитофона улучшены по сравнению с видеоманитофоном КАДР-3 (см. табл. 6-1). Основным отличием канала изображения видеоманитофона является использование усилителей воспроизведения с малым входным сопротивлением. Это позволило обойтись без компенсатора резонанса головок, который требовал сложной регулировки в процессе эксплуатации и при смене блока вращающихся головок. Применение в блоке вращающихся головок бесконтактного токосъемника также улучшило качественные и эксплуатационные показатели видеоманитофона. В канале воспроизведения используется схема подавления помехи переключения, повышающая точность работы синхровделителя системы обработки и компенсации временных искажений. Улучшены параметры системы автоматического управления ведущим двигателем и двигателем головок. В частности, в формирователе опорных импульсов частотой $2f_{стр}$ введен электронный коммутатор, который при полном или частичном выпадении входного видеосигнала или синхросигналов подает на вход САР-СД импульсы $2f_{стр}$ с автономного кварцевого генератора.

В режиме синхронного воспроизведения остаточная статическая ошибка по отношению к опорным импульсам составляет $\pm 0,1$ мкс, а динамическая около $\pm 0,15$ мкс.

В видеоманитофоне использована система коррекции временных искажений с управляемой линией задержки. Диапазон коррекции составляет $\pm 0,6$ мкс при остаточной ошибке ± 10 нс. Временные искажения могут корректироваться при использовании в качестве опорных внешних синхроимпульсов. При этом выходной сигнал видеоманитофона оказывается синхронным с остальными сигналами телецентра. В другом режиме коррекции в качестве опорных используются импульсы внутреннего генератора, который с помощью схемы ФАПЧ с достаточно большой постоянной времени ведется воспроизводимыми строчными импульсами. В этом режиме выходной сигнал видеоманитофона не синхронен с сигналами

других источников. Однако различные временные ошибки уменьшаются до величины, не заметной на экранах телевизоров. Описание принципа действия системы коррекции такого типа приведено в гл. 5.

Последовательно с системой коррекции включена система обработки воспроизводимого сигнала. Здесь осуществляется регенерация синхронизирующих и гасящих импульсов, видеосигнал ограничивается по уровню черного и при необходимости по уровню белого. В выходной сигнал могут замешиваться либо полностью регенерированные синхроимпульсы, сформированные из колебаний внутреннего генератора удвоенной строчной частоты с ФАПЧ, либо импульсы, выделенные непосредственно из воспроизводимого сигнала путем стробирования, фильтрации и ограничения.

При обработке цветного сигнала составляющие яркости и цветности разделяются. Сигнал яркости обрабатывается обычным образом: фиксируется по уровню черного, смешивается с регенерированными гасящими импульсами, ограничивается по уровням черного и белого. Сигнал цветности проходит через схему совпадения, которая запирается в интервалах отсутствия цветовой и поднесущей. Этим полностью подавляются помехи, которые могли бы исказить форму регенерированного синхросигнала. Далее сигналы яркости и цветности суммируются, складываются с синхросигналом и поступают на выход системы.

В выходном сигнале могут быть отрегулированы уровни отдельных составляющих: непосредственно видеосигнала, гасящих импульсов и синхросигнала. Уровни могут изменяться как регуляторами на самой системе, так и с пульта дистанционного управления. Кроме того, имеется возможность установить стандартные уровни отдельных составляющих выходного сигнала без возможности их регулировки. Более подробное описание принципа построения системы обработки дано в гл. 5.

Зарубежные видеомagniфоны. Среди ведущих зарубежных фирм, выпускающих видеомagniфоны для телевизионного вещания, можно отметить фирмы AMPEX и RCA (США), FERNSEH BOSCH (ФРГ) и TOSHIBA (Япония). Разработаны и выпускаются в небольших количествах видеомagniфоны QR-302 в ГДР (рис. 6-8) и MW-700С в ПНР. Из находящихся в эксплуатации наибольшее распространение получили несколько типов, которые и будут описаны ниже.

Большинство видеомагнитофонов, находящихся в эксплуатации на телецентрах многих зарубежных стран, изготовлены фирмой АМРЕХ (США), которая является ведущей фирмой в этой области. Первый промышленный образец видеомагнитофона VR-1000 был выпущен этой фирмой в 1956 г., и с тех пор на рынке появилось несколько новых моделей. Из них следует отметить видеомагнитофоны VR-2000В (рис. 6-9) и

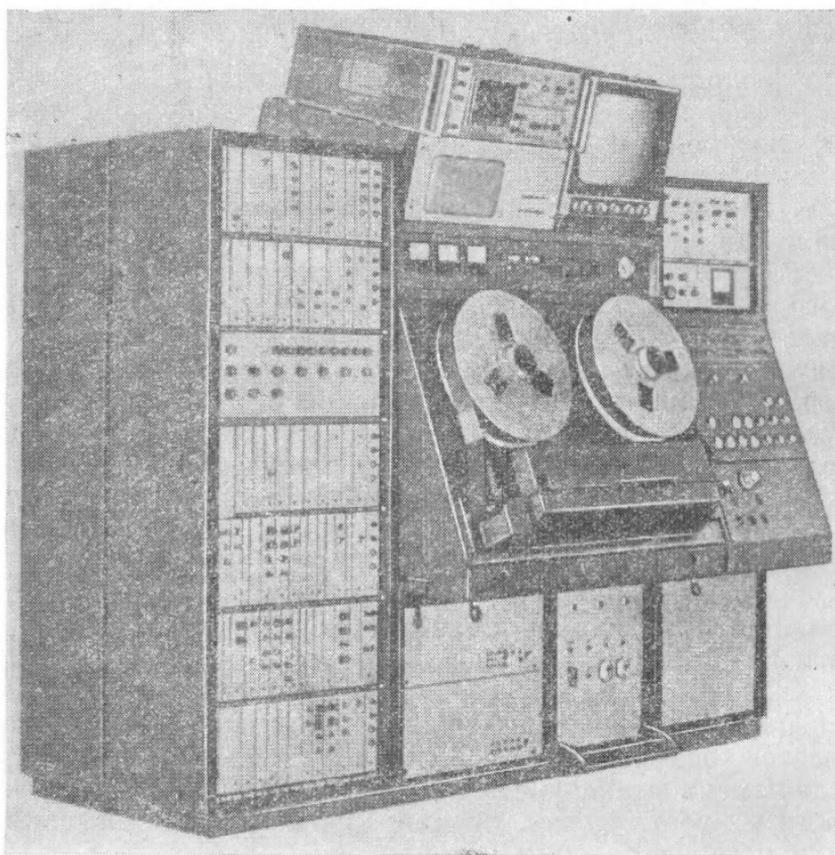


Рис. 6-8. Видеомагнитофон QR-302.

VR-1200. Оба эти аппарата примерно одинаковы по своим параметрам (табл. 6-2) и по конструктивному исполнению и представляют собой так называемое «второе поколение» профессиональной аппаратуры магнитной видеозаписи. Видеомагнитофон VR-2000В разрабатывался как высококачественный видеомагнитофон для записи

цветных телевизионных программ, кодированных по системам ПАЛ, СЕКАМ и NTSC по стандартам 525 строк/60 полей и 625 строк/50 полей. Специально для обеспечения многократной перезаписи видеофонограмм приняты меры по улучшению отношения сигнала к помехе и уменьшению комбинационных помех, что весьма существенно при перезаписи сигналов, кодированных по системе NTSC. Эти меры позволили получить достаточно вы-

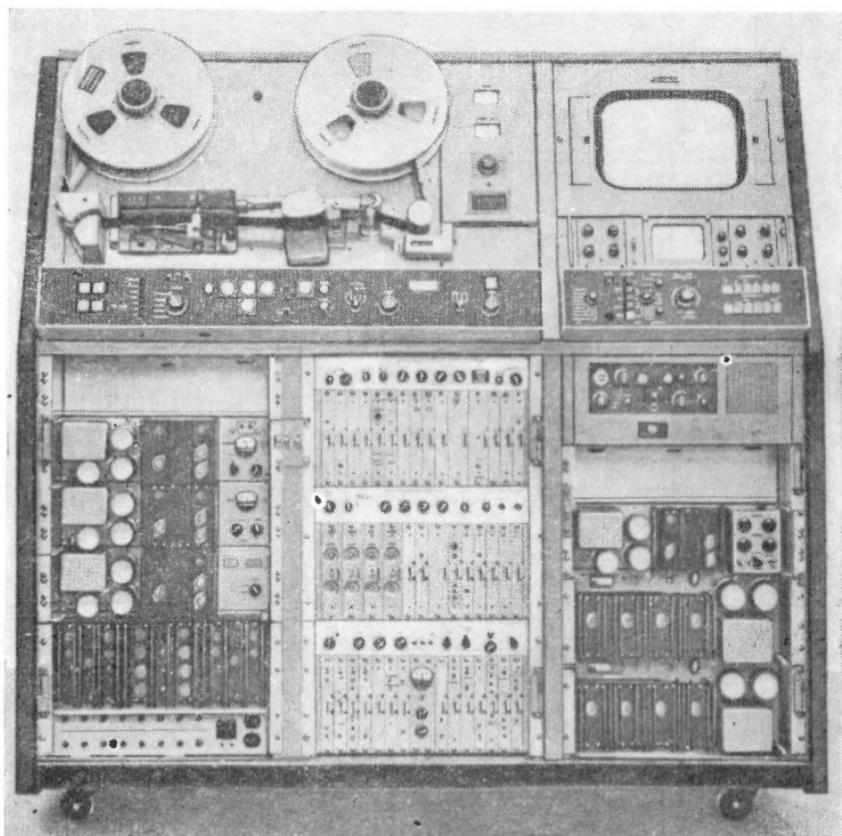


Рис. 6-9. Видеомагнитофон VR-2000В.

сокое качество четвертой копии при тиражировании цветных программ. Блок вращающихся головок снабжен бесконтактным токосъемником; электродвигатель блока выполнен на газовых опорах, что увеличило срок его службы и значительно улучшило стабильность временного масштаба воспроизводимых сигналов. Исполь-

19—215 289

Основные технические характеристики видеомагнитофонов зарубежного производства

Технические характеристики	VR-2000B	TR-60	BSM-40C	VR-3000	AVR-1	AVR-2	TR-60C
Габаритные размеры, мм	1600×1650× ×787	984×737× ×1956	2000×1420× ×680	610×325×200	1980×1470× ×835	1657×940×813	965×1350× ×660
Масса, кг	590	544	730	25	1000	290	311
Потребляемая мощность, кв. А	3,3	3,2	3	39,7	5,3	1,3	1,5
Скорость движения ленты, см/с	39,7; 19,85	39,7; 19,85	39,7	39,7	39,7; 19,85	39,7; 19,85	39,7; 19,85
Неравномерность движения ленты, % (эффективное)	0,1	0,15	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Канал изображения</i>							
Полоса частот, МГц	6	6	5,5	6	6	6	5,9
Отношение сигнал/шум, дБ	43	43	45	43	43	43	43
Нелинейность амплитудной характеристики, %	2	2	2	—	2	2	2
Дифференциальное усиление, %	4	4	5	4	4	4	3
Дифференциальная фаза, град.	4	4	5	4	4	4	3
Комбинационные искажения, дБ	30	32	32	30	36	36	32
Искажения импульса 2Т, %	—	1	2	—	1	1	1
<i>Звуковой канал</i>							
Полоса частот, кГц	0,05—15	0,05—15	0,04—14	0,05—10	0,05—15	0,05—15	0,05—15
Неравномерность характеристики, дБ	±2	±2	±2	±3	±2	±2	±2
Отношение сигнал/шум, дБ	55	50	52	40	55	55	55
Нелинейные искажения, %	3	3	3	3	3	3	3

зование вынесенного предварительного усилителя воспроизведения на нувисторах позволило расширить полосу пропускания ЧМ-канала. Для уменьшения износа ленты используется стирающая головка, расположенная со стороны основы магнитной ленты. Дополнительно в состав оборудования включаются блоки электронного монтажа, программирования и блок автоматического регулирования уровня сигнала цветности и насыщенности цвета. Для компенсации выпадений используется линия задержки на одну или две строки, что позволяет заметно уменьшить видимость помех из-за выпадений сигнала при воспроизведении цветных программ. Для уменьшения временных искажений в видеомагнитофоне используется несколько систем компенсации.

Для синхронизации воспроизводимого сигнала со студийным синхрогенератором применяется система управления повышенной точности, обеспечивающая синхронность сигналов с точностью до 0,1—0,2 мкс. Затем производится коррекция временных искажений с помощью управляемой линии задержки, диапазон коррекции которой составляет $\pm 0,5$ мкс, что позволяет уменьшить ошибки из-за нестабильности скорости вращения электродвигателя головок и геометрических искажений до 0,01—0,02 мкс. После этого с помощью второй управляемой линии задержки производится коррекция фазы воспроизводимой цветовой поднесущей, уменьшающей ошибки до 2—5 нс. Для контроля записи канала звукового сопровождения используется вспомогательный канал воспроизведения, в котором воспроизводящая головка, так же как и общая стирающая, размещена со стороны основы магнитной ленты. Это снижает полосу частот, воспроизводимых контрольным каналом воспроизведения до 5—7 кГц, но, однако, вполне достаточно для контроля записи. В видеомагнитофоне имеются две скорости движения ленты: 39,7 и 19,85 см/с (при стандарте 625 строк/50 полей).

Аналогичные по назначению и характеристикам видеомагнитофоны TR-60 и ВСМ-40С, данные которых приведены в табл. 6-2, выпускаются фирмами RCA (США) и FERNSEH BOSCH (ФРГ).

Специально для репортажных целей несколькими фирмами выпускаются переносные видеомагнитофоны с четырьмя вращающимися головками. Их основным назначением является запись программ, воспроизведение

которых (или монтаж) производится на стационарных видеомэгнитофонах. Такие переносные видеомэгнитофоны имеют обычно упрощенные каналы воспроизведения сигнала изображения и звукового сопровождения, используемые только для контроля записи. Примерами таких аппаратов являются видеомэгнитофоны VR-3000



Рис. 6-10. Видеомэгнитофон VR-3000.

(AMPEX, США) и TPR-10 (RCA, США). Видеомэгнитофон VR-3000 (рис. 6-10) выполнен в одной упаковке. Сменный аккумулятор обеспечивает питание видеомэгнитофона в период подготовки записи по 20 мин и запись программы в течение 20 мин. В комплект видеомэгнитофона входят два сменных аккумулятора, выпрямитель для питания от сети и зарядное устройство. Видеомэгнитофон снабжается черно-белой портативной камерой, электрически объединенной с видеомэгнитофоном.

Видеоискатель камеры используется как просмотрное видеоконтрольное устройство, а включение и выключение видеомэгнитофона производятся непосредственно с пульта управления камерой. Общая масса видеомэгнитофона вместе с камерой составляет 30 кг. Видеомэгнитофон полностью совместим со всеми другими четырехголовочными видеомэгнитофонами и видеофонограмма, записанная на нем, может воспроизводиться на любом из них.

Интересной особенностью его лентопротяжного механизма является отсутствие прижимного ролика. Перемещение ленты в режимах записи, воспроизведения и перемотки осуществляется обрезиненным ведущим валом. Угол охвата вала лентой составляет примерно 180° . Для поддержания постоянства натяжения ленты во время рабочего хода используется система автоматического регулирования, сигнал ошибки для которой формируется с помощью подпружиненных рычагов. Технические данные видеомэгнитофона VR-3000 приведены в табл. 6-2. Эти данные соответствуют воспроизведению на обычном стандартном видеомэгнитофоне видеофоно-

граммы, записанной на переносном видеомэгнитофоне. Оба типа переносных аппаратов рассчитаны на работу по различным телевизионным стандартам (525 строк/60 полей и 625 строк/50 полей) и по различным системам кодирования сигнала цветности (ПАЛ, СЕКАМ и NTSC).

В середине 70-х годов было разработано несколько типов видеомэгнитофонов третьего поколения с высоким быстродействием и применением различных систем автоматического регулирования параметров воспроизводимого сигнала. Это необходимо для работы видеомэгнитофонов в составе автоматизированных комплексов монтажа и воспроизведения программ с управлением от электронных вычислительных машин. Повышение быстродействия, или сокращение времени, необходимого для достижения синхронности воспроизводимого сигнала после включения режима воспроизведения, получено в основном применением лентопротяжных механизмов с вакуумным ведущим валом (без прижимного ролика) и вакуумными буферными устройствами. Вместе с системой автоматического управления двигателями приемного и подающего узлов это обеспечивает быстрый разгон ленты и достижение ею номинальной скорости. Примерами таких видеомэгнитофонов являются AVR-1 (AMPEX, США) и BCM-40E (FERNSEH BOSCH, ФРГ).

Видеомэгнитофон AVR-1 (рис. 6-11) разрабатывался для работы в составе автоматизированного телецентра, управляемого по заданной программе электронно-вычислительной машиной. В связи с этим в состав видеомэгнитофона введено несколько новых систем автоматического регулирования, позволяющих исключить необходимость вмешательства со стороны обслуживающего персонала. Во многих, даже традиционных узлах и системах видеомэгнитофона, таких как САР-СЛ, САР-СД и др., применены цифровые интегральные микросхемы, значительно повысившие его надежность. Значительно упрощен процесс зарядки ленты, несмотря на усложнение лентопротяжного механизма. Как и предыдущие модели, он рассчитан на работу с разными стандартами записи, причем переключение стандартов при воспроизведении производится автоматически. Это позволяет воспроизводить без какого-либо переключения или подстройки записи, выполненные на видеомэгнитофонах старых и новых типов. Система автоматического управ-

ления скоростью ленты в случае ухудшения качества воспроизведения сигнала управления или полного его выпадения автоматически переходит на слежение за положением головок на строчках записи сигнала изображения, используя в качестве управляющего сигнала воспроизводимый ЧМ-сигнал. Благодаря усовершенствованию лентопротяжного механизма и систем регулирования полная синхронность изображения достигается за 350 мс после включения воспроизведения. Это получено также благодаря применению корректора временных искажений с широким диапазоном коррекции (± 32 мкс),

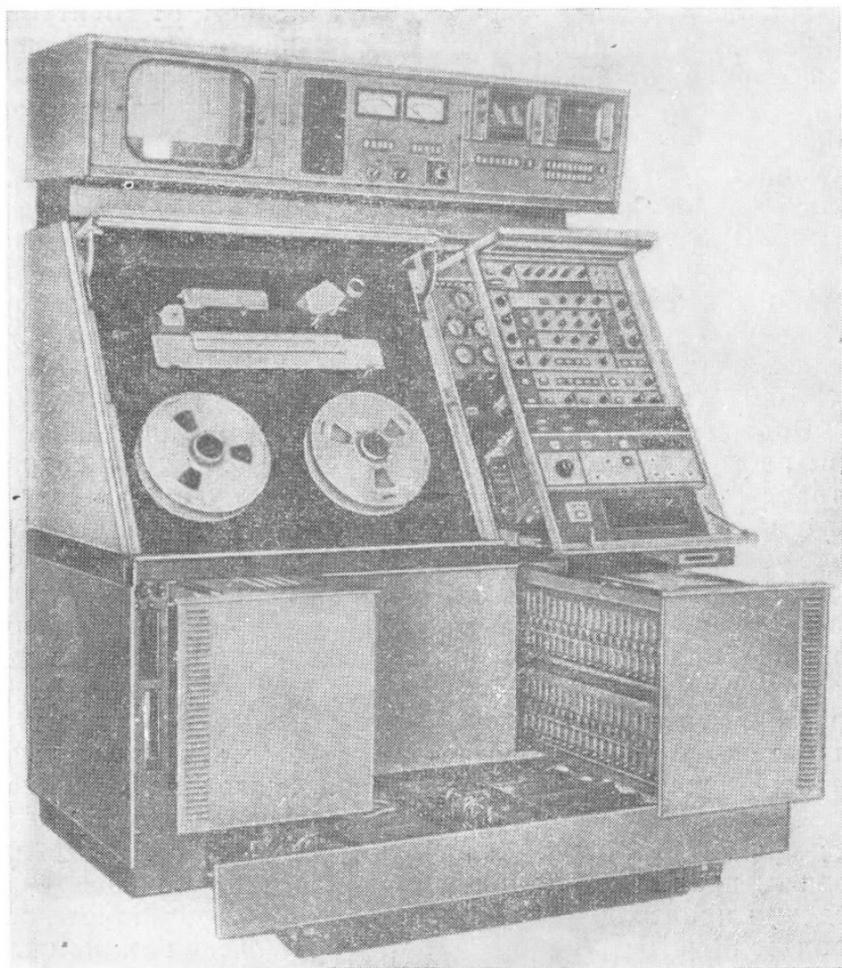


Рис. 6-11. Видеомагнитофон AVR-1.

в котором использованы коммутируемые ультразвуковые линии задержки. Выходной сигнал изображения всегда синхронен относительно синхроимпульсов и цветовой поднесущей опорного сигнала синхрогенератора студии. При нарушении синхронизации сигнала во время воспроизведения на выходе видеомагнитофона автоматически включается сигнал черного поля, также синхронный с опорным источником. В системе обработки для регенерации гасящих и синхронизирующих импульсов и вспышек цветовой поднесущей используются соответствующие сигналы от внешнего синхрогенератора. Канал режиссерских пояснений рассчитан на запись сигнала временного и управляющего кода, используемого в системах автоматизированного электронного монтажа и воспроизведения. Технические данные аппарата приведены в табл. 6-2.

Аналогичный по своему функциональному назначению видеомагнитофон BCM-40E выпускается фирмой FERNSEN BOSH (ФРГ). Лентопротяжный механизм его также снабжен вакуумными буферными устройствами, обеспечивающими хорошие стартстопные характеристики аппарата. Следует отметить, что все преимущества и особенности видеомагнитофона AVR-1 и ему подобных достигнуты значительным усложнением и удорожанием аппарата, и их применение экономически оправдано только в условиях больших автоматизированных телецентров со значительным объемом вещания. Однако число таких телецентров сравнительно невелико, и для большинства телецентров использование таких видеомагнитофонов нецелесообразно. В связи с этим одновременно были созданы относительно простые и дешевые видеомагнитофоны, которые однако обеспечивают высокий уровень качественных показателей и достаточно удобны в эксплуатации.

Примером такого видеомагнитофона является модель AVR-2 (рис. 6-12) фирмы AMPEX (США). Его основная конструктивная особенность — блочная компоновка. Этот видеомагнитофон состоит из двух основных блоков: лентопротяжного механизма 1 с блоками записи и воспроизведения каналов изображения, звука и режиссерских пояснений, и электронного блока 2, в который входят элементы канала изображения, системы регулирования и обработки, в том числе и корректор временных ошибок, компенсатор выпадений и ведомый синхрогенератор. При добавлении к этому основному комплекту аппарата

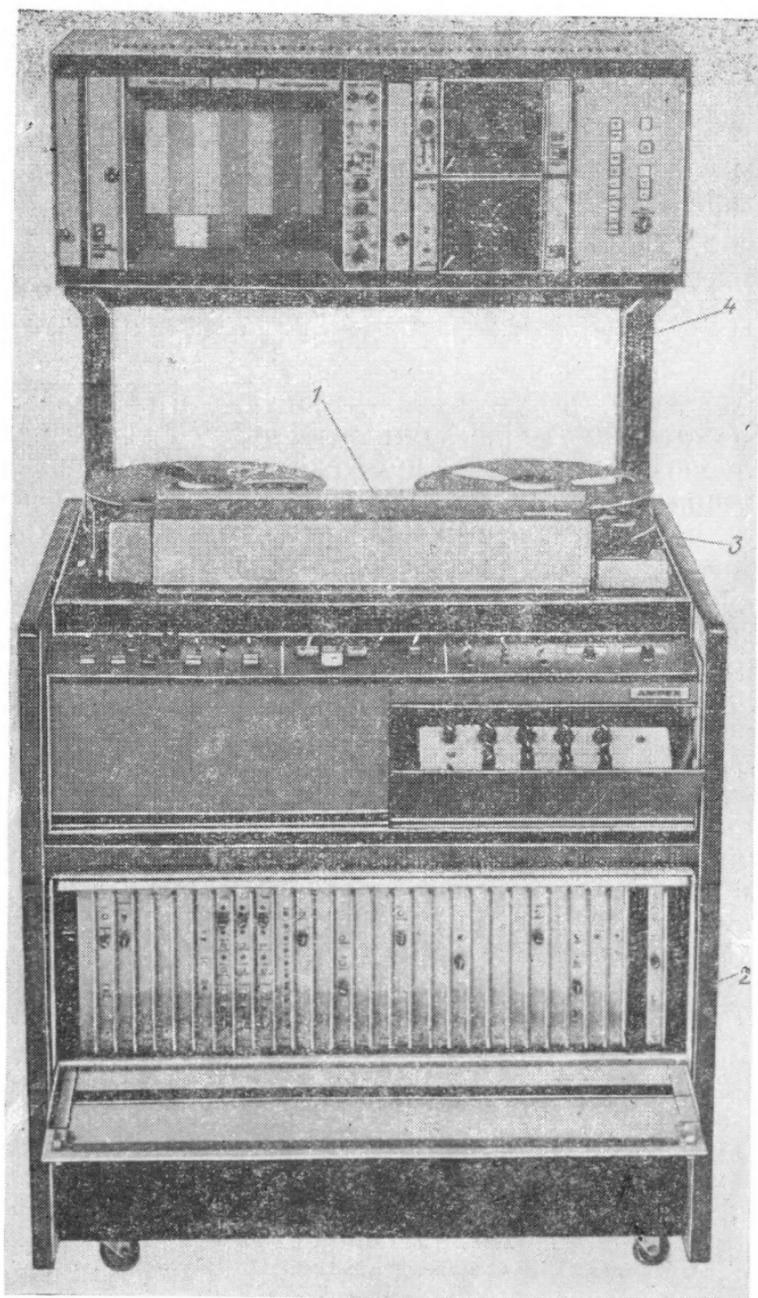


Рис. 6-12. Видеомагнитофон AVR-2.
1 — лентопротяжный механизм; 2 — электронный блок; 3 — консоль; 4 — стойка с контрольной аппаратурой.

консоли 3 и стойки 4 с контрольной и другой вспомогательной аппаратурой видеомагнитофон представляет собой обычный студийный стационарный аппарат. В то же время блочная компоновка видеомагнитофона позволяет легко вписывать его в различные комплексы аппаратуры разного назначения, например в малогабаритную передвижную телевизионную станцию с камерными каналами.

Лентопротяжный механизм традиционного типа в сочетании с корректором временных ошибок с широким диапазоном коррекции обеспечил сравнительно высокое быстродействие аппарата — время достижения синхронности воспроизводимого сигнала с опорным синхрогенератором составляет 2 с. В аппарате использован корректор временных искажений цифрового типа с диапазоном коррекции ± 32 мкс. Устройство и принцип работы такого корректора подробно описаны в гл. 5. В комплект видеомагнитофона входит также синхрогенератор, формирующий все необходимые импульсные сигналы и сигнал поднесущей цветности из полного входного видеосигнала при записи и воспроизведении. Запись звукового сопровождения может производиться на двух отдельных дорожках уменьшенной ширины, для чего используется специальный сменный блок звуковых головок и система шумоподавления. Технические данные видеомагнитофона приведены в табл. 6-2.

Аналогичный по своим параметрам видеомагнитофон TR-600 выпускается также фирмой RCA (США), данные которого приведены в табл. 6-2.

6-3. Профессиональные одно- и двухголовочные видеомагнитофоны

Первый опыт применения наклонно-строчной записи в аппаратуре профессиональной магнитной видеозаписи относится к концу 50-х годов. Первый двухголовочный видеомагнитофон для телевизионного вещания, разработанный фирмами VICTOR (Япония) и TELECHROM IVC (США), обладал характеристиками канала изображения и звука, аналогичными характеристикам четырехголовочных видеомагнитофонов того времени. Дальнейшего развития это направление не получило из-за неудовлетворительной взаимозаменяемости между видеомагнитофонами и крайне низкого быстродействия ленто-

протяжного механизма. Достаточно сказать, что при относительной скорости головка — лента 38,1 м/с и стандарте 525 строк/60 полей диаметр направляющего барабана узла вращающихся головок равнялся 420 мм, а для стандарта 625 строк/50 полей должен был быть 500 мм.

В результате улучшения магнитного способа записи в дальнейшем удалось получить необходимые характеристики канала записи-воспроизведения на сравнительно более низкой относительной скорости между головкой и лентой. Это дало возможность упростить лентопротяжные механизмы одно- и двухголовочных видеомагнитофонов, а вслед за этим заметно возрос интерес к способу наклонно-строчной записи. Фирма AMPLEX выпустила серию одноголовочных видеомагнитофонов для замкнутых телевизионных систем профессионального назначения. Основные технические данные одной из последних моделей этой серии VPR-7953 приведены в табл. 6-3.

Одноголовочный видеомагнитофон IVC-900 фирмы IVC (США) предназначен для телевизионного вещания и снабжен необходимыми для этих целей системой электронного монтажа и дополнительным блоком электронной коррекции временных искажений. Однако, как следует из табл. 6-3, основные технические данные его заметно уступают характеристикам современных четырехголовочных видеомагнитофонов.

В лентопротяжном механизме видеомагнитофона применено устройство вращающихся головок с положением ленты на направляющем барабане в виде α -петли (см. гл. 1). Так как при этом дорожки записи видеосигнала занимают всю ширину ленты, то звуковые сигналы записываются на продольных дорожках, перекрывающих их. Для того чтобы уменьшить взаимовлияние между обоими сигналами, рабочие щели звуковых головок наклонны, так что образуют угол 25° относительно перпендикуляра к опорному краю ленты.

Вдоль верхнего края ленты расположена дорожка записи первого звукового канала, а вдоль нижнего — дорожки управляющего и второго звукового каналов.

Для уменьшения колебаний температуры окружающей среды, влияющей на условия взаимозаменяемости, в верхней части аппарата образован своеобразный микроклимат. Он создается поддувом воздуха через узел вращающихся головок, поддерживающим под пылезащитной крышкой небольшое избыточное давление и от-

носителю постоянную температуру, не зависящую от окружающих условий.

Лентопротяжный механизм снабжен точной системой автоматического регулирования натяжения ленты, сигнал ошибки для которой формируется сравнением опорных и воспроизводимых импульсов строчной частоты.



Рис. 6-13. Видеомагнитофон КАДР-103.

Эта система с большой точностью компенсирует изменения продольной деформации ленты, которые могут возникнуть между записью и воспроизведением видеофонограмм. Остальные системы видеомагнитофона выполнены по принципам, изложенным в предыдущих главах.

Одноголовочный видеомагнитофон КАДР-103 (СССР), основные технические данные которого приведены в табл. 6-3, а внешний вид на рис. 6-13, предназначен для репортажных передвижных телевизионных станций. Видеомагнитофон имеет относительно

небольшие габариты и массу, и легко размещается в станциях малого размера, предназначенных для оперативных репортажных записей.

Видеомагнитофон записывает цветные телевизионные сигналы, кодированные по системе СЕКАМ и черно-белые телевизионные сигналы. Воспроизводимые сигналы

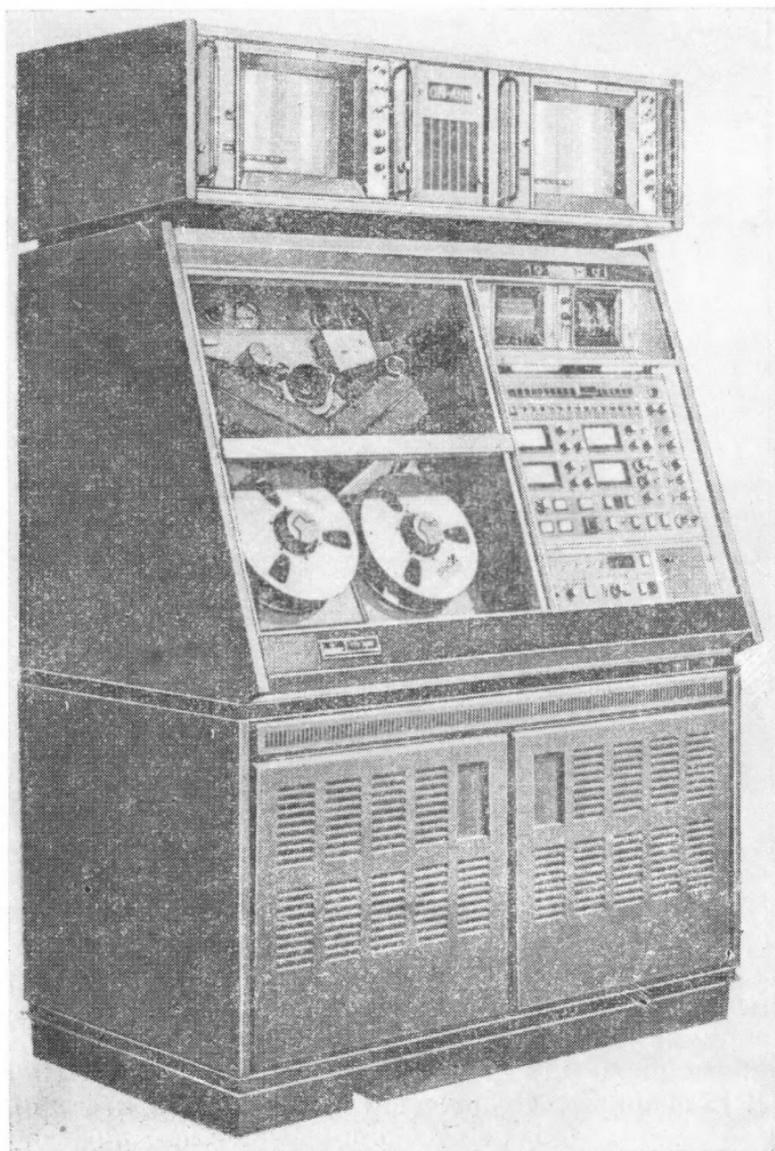


Рис. 6-14. Видеомагнитофон TTV-3500.

подвергаются обработке на выходе видеомагнитофона, необходимой для просмотра на видеоконтрольном устройстве. Если видеомагнитофон дополняется блоком регенератора, то на выходе последнего воспроизводимые сигналы имеют стандартные параметры. Регенератор применяют при перезаписи программы на четырехголовочные видеомагнитофоны или выдаче программ в эфир.

Видеомагнитофон снабжен системой электронного монтажа с режимами «Продолжение» и «Вставка». Для облегчения монтажных операций предусмотрено воспроизведение неподвижного кадра и воспроизведение в обратном направлении с нормальной скоростью. Лентопротяжный механизм выполнен с толкающим ведущим валом, а положение ленты на направляющем барабане узла вращающихся головок соответствует Ω -петле. Видеомагнитофон имеет два одинаковых звуковых канала, дорожки записи которых расположены вдоль верхнего и нижнего краев ленты. Дорожка канала управления записывается в средней части ленты. Для того чтобы она не создавала помех на изображении, рабочий зазор головки этого канала повернут на $27^{\circ}30'$ относительно перпендикуляра к опорному краю ленты.

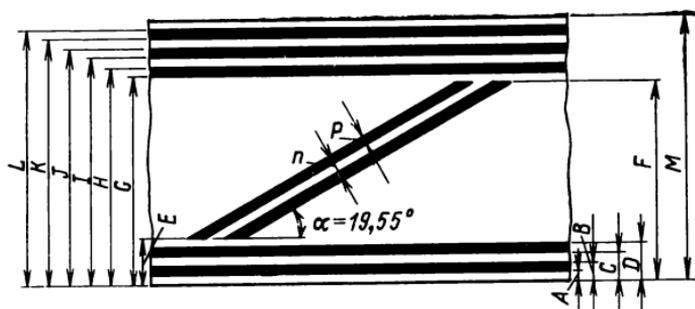


Рис. 6-15. Размеры и расположение дорожек записи на ленте видеомагнитофона ТТV-3500.

Параметры	Размер, мм	Параметры	Размер, мм	Параметры	Размер, мм
A	0,13	F	46,38	K	49,56
B	0,64	G	46,63	L	50,66
C	1,02	H	47,73	M	50,80
D	1,53	I	48,39	n	0,152
E	1,78	J	48,90	P	0,762

В последние годы в профессиональной аппаратуре магнитной видеозаписи находит применение разновидность наклонно-строчной записи двумя вращающимися головками, так называемая «сегментная запись». Фирмы TOMSON-CSF (Франция); IVC (США) и RANK — CIN-

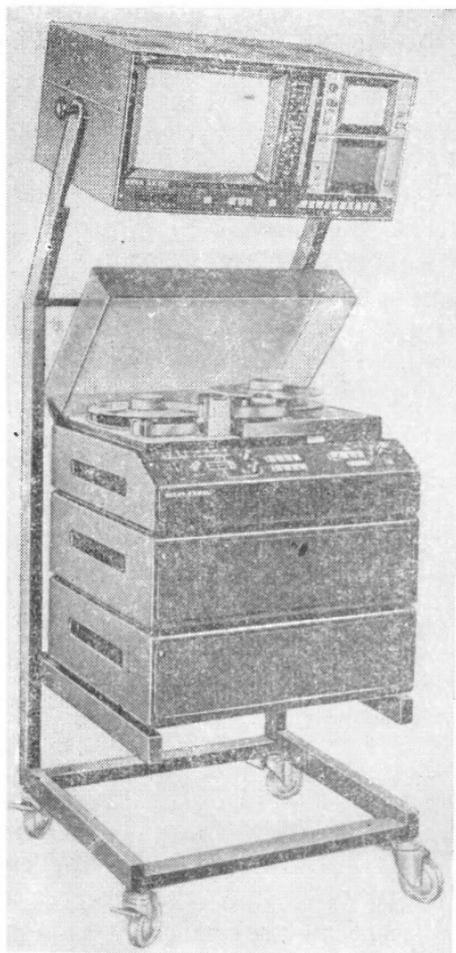


Рис. 6-16. Видеомагнитофон BCN-50.

TEL (Англия) совместно разработали и выпустили в продажу видеомагнитофон типа TTV-3500 (рис. 6-14), работающий на ленте шириной 50,8 мм. Угол охвата лентой барабана с вращающимися головками несколько превышает 180°. Каждая из головок записывает на одной строчке примерно 55 строк изображения. Скорость перемещения головок относительно ленты составляет 38,1 м/с, а скорость движения ленты — 20,3 см/с. Размеры и расположение дорожек записи на ленте приведены на рис. 6-15. В видеомагнитофоне имеются два отдельных канала звукового сопровождения, канал режиссерских пояснений, канал сигнала управления и канал записи временного управляющего кода, для каждого из которых предусмотрена отдель-

ная дорожка записи. Магнитные головки канала изображения выполнены из феррита, что значительно увеличило срок их службы (до 1500 ч) и, кроме того, позволило значительно улучшить характеристики канала записи-воспроизведения и повысить несущую ча-

стоту ЧМ-сигнала. Величина несущей на уровне чёрного составляет 9,9 МГц, а на уровне белого — 12,16 МГц. В свою очередь это дало возможность значительно уменьшить комбинационные искажения, которые в случае системы цветного телевидения с поднесущей частотой сигнала цветности 4,43 МГц определяются боковыми составляющими более высокого порядка; увеличение девиации привело к снижению уровня шума (табл. 6-3).

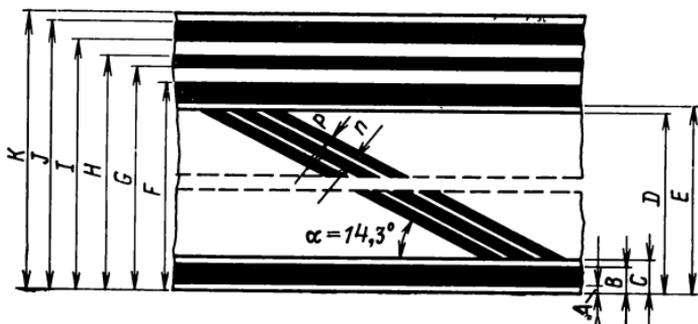


Рис. 6-17. Размеры и расположение дорожек на ленте видеомagnитофона BCN-50.

Параметры	Размер, мм	Параметры	Размер, мм
<i>A</i>	0,20	<i>G</i>	23,60
<i>B</i>	1,00	<i>H</i>	24,00
<i>C</i>	1,20	<i>I</i>	24,40
<i>D</i>	22,20	<i>J</i>	25,20
<i>E</i>	22,40	<i>K</i>	25,4
<i>F</i>	23,20	<i>p</i>	0,160
		<i>c</i>	0,040

Аналогичный по принципу работы видеомagnитофон BCN-50 (рис. 6-16) разработан фирмой FERNSEN BOSN (ФРГ), основным отличием которого является использование ленты шириной 25,4 мм (рис. 6-17). В нем также применена блочная конструкция, что позволяет изменять при необходимости компоновку аппарата. Скорость движения ленты составляет 24 см/с, а скорость перемещения головок относительно ленты — 24 м/с. Сов-

Таблица 6-3
Основные технические данные профессиональных одно- и двухголовочных видеомагнитофонов

Технические характеристики	КАДР-103	VPR-7953	TVC-900	TTV-3500	BCN-50	BCN-20
Габаритные размеры, мм	750X460X490	1230X1080X680	843X483X368	1575X1245X711	—	—
Масса, кг	75	220	120	550	107	20
Потребляемая мощность, кВт·А	0,4	1,75	750	3	0,6	—
Количество головок	1	1	1	2	2	2
Ширина магнитной ленты, мм	25,4	25,4	25,4	50,8	25,4	25,4
Скорость движения ленты, см/с	24,0	24	17,1	20,3	24,3	24,3
Неравномерность движения ленты, % (эффективная)	0,15	—	0,1	0,15	0,1	0,1
<i>Канал изображения</i>						
Полоса частот, МГц	5,0	5,0	5,0	6	5,5	5,5
Отношение сигнал/шум, дБ	40	41	40	45	43	43
Нелинейность амплитудной характеристики, %	—	5	5	2	2	2
Дифференциальное усиление, %	10	6	8	4	4	4
Дифференциальная фаза, град	—	6	8	4	4	3
Комбинационные искажения, дБ	30	30	35	40	35	35
Искажение импульса 2Т, %	—	2	—	1	—	—
<i>Звучовой канал</i>						
Полоса частот, кГц	0,06—12	0,05—12	0,015—10	0,05—15	0,05—15	0,05—15
Неравномерность характеристики, дБ	±2,5	±3	±2	±2	±2	±2
Отношение сигнал/шум, дБ	46	50	45	55	65*	—
Нелинейные искажения, %	3	3	3	3	3	—

* С шумодавлением.

местимый с этим аппаратом по формату записи портативный переносный видеомагнитофон BCN-20 (рис. 6-18) с питанием от батарей обеспечивает такие же качествен-

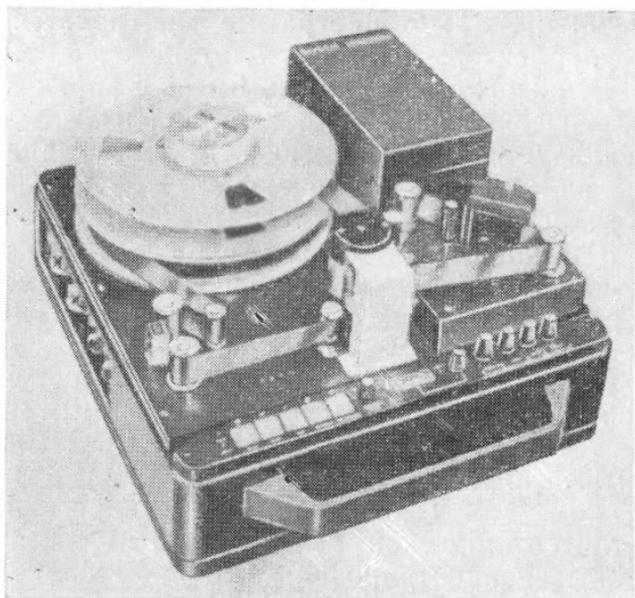


Рис. 6-18. Видеомагнитофон BCN-20.

ные показатели, как и основной вариант (при воспроизведении на последнем).

Основные данные обоих видеомагнитофонов приведены в табл. 6-3.

Глава седьмая

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ В ТЕЛЕВИЗИОННОМ ВЕЩАНИИ

7-1. Общие сведения

В настоящее время большинство телевизионных программ подготавливается с помощью аппаратуры магнитной видеозаписи. Можно предположить, что в ближайшем будущем все телевизионные передачи, за исключением новостей, актуальных передач с места событий и дикторских сообщений будут воспроизводиться в эфир

с видеомagneтoфoнoв. Как правило, процесс подготовки программы состоит из трех этапов. На первом этапе записываются отдельные фрагменты программы, поступающие из студии телецентра, от телекино или внестудийных источников. Затем программа монтируется из отдельных фрагментов. На третьем этапе осуществляется воспроизведение готовой программы в эфир.

Технологический процесс подготовки и выпуска программ реализуется с помощью комплекса аппаратуры магнитной видеозаписи, включающего в себя передвижные и стационарные видеомagneтoфoны, аппаратуру монтажа и тиражирования видеофонограмм, устройства для создания эффектов замедленного воспроизведения, а также различные коммутационные устройства и контрольные приборы.

Программы, создаваемые в студиях или поступающие на телецентр по кабельным и радиорелейным линиям, записываются высококачественными четырехголовочными видеомagneтoфoнoнaми. На крупных телецентрах, например таком, как Телевизионный технический центр им. 50-летия Октябрьской революции в Москве, видеомagneтoфoны сконцентрированы в едином блоке видеозаписи. Это позволяет обеспечить более равномерную загрузку аппаратуры в течение суток. В состав блока видеозаписи входит шесть аппаратных записи-воспроизведения и несколько специализированных аппаратных для монтажа видеофонограмм, тиражирования и озвучивания [73]. Коммутация сигналов на запись и воспроизведение осуществляется через распределительную аппаратуру блока видеозаписи, которая в свою очередь связана с коммутаторным полем и микшерными устройствами центральной аппаратной. Аппаратные видеозаписи управляются синхросигналами централизованной синхронизации. В режиме синхронного воспроизведения сигналы, поступающие с видеомagneтoфoнoв, без нарушения синхронизации коммутируются или микшируются с сигналами других источников программы.

В телецентрах с небольшим объемом собственных программ вся подготовка их и воспроизведение осуществляются в аппаратных магнитной видеозаписи универсального назначения. В состав аппаратной входят два четырехголовочных видеомagneтoфoнoв типа КАДР-3 или КАДР-3П и пульт управления. С помощью пульта аппаратной видеозаписи ПАВЗ-II [74] осуществляется ком-

мутация видео- и звуковых сигналов, их контроль при записи и воспроизведении, а также простые операции по электронному монтажу. Наряду со стационарными видеомагнитофонами в телевидении используют передвижные средства магнитной видеозаписи. Применяют переносные видеомагнитофоны с автономным питанием, например VR-3000. Комплект, состоящий из портативной телевизионной камеры с каналом, видеомагнитофона и источников питания переносят и эксплуатируют один или два оператора.

Сложные внестудийные записи программ проводятся с помощью ПТС, которым придают передвижные станции магнитной видеозаписи (ПВС). Станция ПВС-3 [75], выпускаемая нашей промышленностью, смонтирована в автобусе ПАЗ-672. В его кузове установлен видеомагнитофон КАДР-3П, а также необходимое коммутационное, контрольное и силовое оборудование. Предусмотрена возможность объединения двух станций для записи длительных программ или с целью резервирования при ответственных передачах. Станции, в которых телевизионное оборудование размещено вместе с аппаратурой магнитной видеозаписи, обладают большей маневренностью и оперативностью, чем ПВС. Они могут быть быстрее развернуты и подготовлены к записи. Передвижные телевизионные станции магнитной видеозаписи типа ПТВС-1 черно-белого телевидения и ПТВС-2ЦТ цветного телевидения смонтированы в кузове автобуса ПАЗ-672. Они оборудованы двумя передающими телевизионными камерами, первая — камерами типа КТ-87, а вторая — типа КТ-116М, которые во время работы станции могут быть вынесены из салона автобуса на расстояние до 60 м. Для записи телевизионных программ использован видеомагнитофон КАДР-3П; кроме того, для записи и воспроизведения звуковых программ предусмотрен магнитофон МЭЗ-101.

В процессе монтажа отдельные фрагменты, записанные в разное время и в произвольной последовательности, соединяют по замыслу режиссера в одну общую программу. По мере того как повышалась роль магнитной видеозаписи в телевизионном вещании, возрастали требования к точности и производительности процесса монтажа видеофонограмм.

В последние годы достигнуты значительные успехи в технике монтажа. Монтаж видеофонограмм механиче-

ским соединением отрезков ленты применяется в редких случаях. На смену механическому монтажу пришел электронный монтаж, в котором отдельные фрагменты собираются в общую программу перезаписью их на одну ленту. В месте «электронной склейки» сохраняется непрерывность сигналов синхронизации и управления, обеспечивающих переход от одного сюжета к другому без нарушения синхронизации воспроизводимого изображения.

Монтаж программ состоит из двух этапов. Первый — это просмотр и отбор записанных фрагментов. Это творческий процесс, во время которого составляется план монтажа программы. На втором этапе производится сам процесс монтажа, т. е. перезапись частей программы с нескольких видеомagneтофонов на один. Эта часть работы может быть отделена от первого этапа. В зависимости от объема монтажных работ и их сложности на втором этапе используют ручное, полуавтоматическое или автоматическое управление аппаратурой монтажного комплекса.

В автоматизированных системах монтажа для просмотра фрагментов программы и нахождения мест монтажных склеек используют монтажные копии. Копии имеют более низкое качество, чем оригинал, и записываются на одно- или двухголовочных видеомagneтофонах одновременно с записью оригинала программы. Копия и оригинал имеют одинаковую маркировку фрагментов и кадров, позволяющую найти соответствующий участок ленты-оригинала, по найденному адресу на монтажной копии. Для маркировки применяют специальный временной управляющий код. Кодированный сигнал записывается на дорожке режиссерских пояснений. Каждый кадр записываемой программы нумеруется в масштабе реального времени, т. е. ему присваивается номер, содержащий цифры единиц и десятков кадров, единиц и десятков секунд, единиц и десятков минут и единиц и десятков часов. Таким кодом может быть пронумерована любая программа длительностью до 24 ч.

Адреса кадров, соответствующие местам электронной склейки, найденные при просмотре монтажной копии, вводятся в память ЭВМ, которая далее по заданной программе управляет процессом монтажа ленты оригинала.

Для современного этапа развития техники магнитной видеозаписи характерным является создание и использо-

вание видеомagneтoфoнoв, oтвeчaющuх тpeбoвaнuям aвтoмaтuзuрoвaннuх сuстeм тeлeвuзuoннoгo вeщaнuя. Вuдeoмaгнeтoфoнu, в кoтoрых рeaлuзуются нoвыe тeндeнцuи, oтлuчaются вuсoкuм урoвнeм внутрeннeй aвтoмaтuзaцuи oпeрaцuй, связaннuх с нaстрoйкoй и пoддeржaнuем в зaдaннuх дoпущaкaх иx эксплoaтaцuoннuх пoкaзaтeлeй. Aвтoмaтuзuрoвaннuй кoмплeкс вoспрoизвeдeнuя, рaбoтaющuй крyглoсутoчнo, мoжeт oбeспeчuть пoдaчу прoгрaммu в нужнoe врeмe в рaзлuчнuе пунктu внутрu

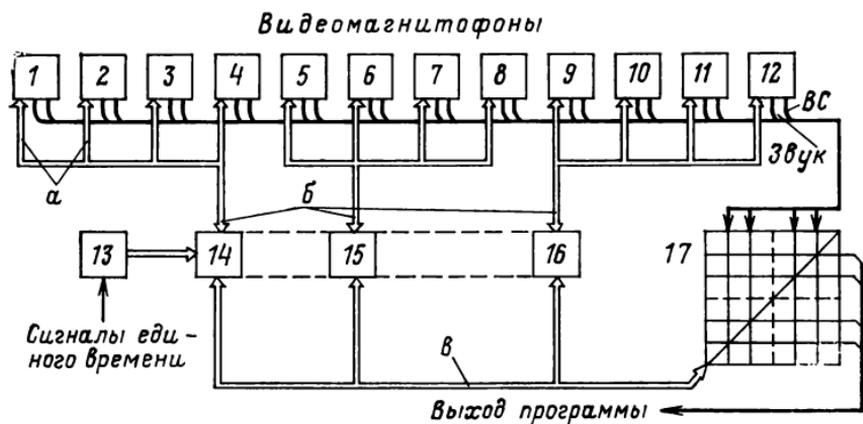


Рис. 7-1. Автоматизированная аппаратная воспроизведения.

1—12 — видеомagneтoфoнu; 13 — ЭВМ или устрoйствo считывaнuя пeрфокарт; 14—16 — пульты упрaвлeнuя; 17 — кoммутaтoрнoe пoлe ЦТ; а — кoмaнды упрaвлeнuя; б — вoспрoизвoдuмый кoд; в — кoдoвыe кoмaнды: oпpос и кoммутaцuя.

стpaны и зa ee пpeдeлaми. Длe aвтoмaтuчeскoгo включeнuя рeжuмa вoспрoизвeдeнuя нужнoгo фpaгмeнтa, длe пeрeхoдa с oднoгo вuдeoмaгнeтoфoнa нa дрyгoй, длe сuнхрoнuзaцuи нeскoлькuх вuдeoмaгнeтoфoнoв пpимeнeн тaкжe врeмeннoй упрaвляющuй кoд.

На рuс. 7-1 пoкaзaн вaрuянт пoстрoeнuя aвтoмaтuзuрoвaннoгo кoмплeксa вoспрoизвeдeнuя. Грyппa вuдeoмaгнeтoфoнoв связaнa с пyльтoм упрaвлeнuя. Oт вuдeoмaгнeтoфoнoв нa пyльт пoстyпaeт вoспрoизвoдuмый врeмeннoй упрaвляющuй кoд, a oт пyльтa к вuдeoмaгнeтoфoнaм — кoмaнды упрaвлeнuя. Вuдeo- и звyкoвыe сuгнaлы oт вuдeoмaгнeтoфoнoв пoстyпaют нa кoммутaтoрнoe пoлe цeнтpaльнoй aппaрaтнoй. В сooтвeтствuи с прoгрaммoй вoспрoизвeдeнuя в oпpeдeлeннuе мoмeнтu тeкyщeгo врeмeнu oт ЭВМ пoстyпaют сuгнaлы, кoтoрыe чeрeз пyльт упрaвлeнuя включaют вuдeoмaгнeтoфoнu нa пeрeмoткy, в рeжuм вoспрoизвeдeнuя, пoискa нужнoгo фpaгмeнтa

и т. д. От ЭВМ поступают также сведения о входных и выходных линиях связи коммутаторного поля, по которым воспроизводимая программа выходит из центральной аппаратной. При построении автоматизированной системы широко используется система опроса отдельных элементов комплекса. Например, воспроизводимый сигнал коммутируется на выход только после получения от видеомэгнитофона сигнала об его исправности. Требуемая линия связи коммутируется только в том случае, если она не занята другим источником или потребителем и т. д. Более подробно эти вопросы рассмотрены, например, в работе [76].

Широкое использование в автоматизированных системах воспроизведения находят кассетные четырехголовочные видеомэгнитофоны.

Автоматизированные комплексы весьма сложны и дороги и найдут применение, по-видимому, только на крупных телевизионных центрах со значительным объемом суточного вещания.

7-2. Монтаж видеофонограмм

Монтаж видеофонограмм в силу особенностей техники магнитной видеозаписи коренным образом отличается от хорошо разработанных приемов монтажа, используемых в кинематографии и звукозаписи. К этим особенностям относятся: во-первых, возможность наблюдения записанного изображения только в динамическом режиме, т. е. в процессе воспроизведения, что, естественно, затрудняет точное определение места монтажной склейки; во-вторых, сигналы изображения и звукового сопровождения записываются на одной ленте. Наконец, к самой монтажной склейки предъявляются требования более жесткие, чем в кино и звукозаписи. В месте склейки необходимо с высокой точностью сохранить все элементы сложного телевизионного сигнала и сигнала управления в его временных и пространственных зависимостях. При монтаже видеофонограмм применяется два способа соединения отдельных частей программы — механический и электронный. При электронном способе в отличие от механического лента не режется, а соединение двух частей программы, записанных на разных лентах, достигается перезаписью на одну ленту с очень точной стыковкой сигналов обеих программ. Несмотря на недоста-

ток механической монтажной склейки, заключающейся в нарушении целостности ленты, этот способ также используется и, видимо, для некоторых монтажных операций сохранится в будущем.

Механический монтаж выполняется склейкой отрезков ленты, на которых были записаны отдельные участки программы. Склейка ленты должна быть выполнена с особой тщательностью, так чтобы сохранился интервал между кадровыми импульсами и в момент прохождения склейки не было нарушений кадровой синхронизации на телевизионных приемниках. Фазы управляющих сигналов относительно строчек записи на склеиваемых лентах должны быть одинаковыми, так как в противном случае в месте склейки возникнет скачок фазы сигнала, который может нарушить работу САР-СЛ или привести к увеличению шума на воспроизводимом изображении из-за смещения головок со строчек записи. Кроме того, обе склеиваемые ленты должны быть записаны с одинаковой установкой вакуумной направляющей для того, чтобы избежать появления геометрических искажений на изображении. Все эти условия выполняются, если обе склеиваемые ленты записаны в соответствии с международными рекомендациями, которыми регламентируются размеры и расположение дорожек записи, а также пространственные фазовые соотношения между сигналами.

Место резки на ленте отмечается специальными монтажными импульсами, которые записываются вместе с управляющим сигналом. При монтаже лента проявляется быстросохнущей магнитной суспензией, благодаря чему монтажные импульсы становятся видимыми. После склейки порошок с ленты удаляется.

Лента разрезается по монтажному импульсу в промежутке между двумя дорожками под углом, соответствующим углу наклона дорожек. Это место расположено до начала кадрового импульса, а именно между пятой и шестой строчками записи перед строчкой, содержащей начало кадрового импульса (рис. 7-2). Таким путем удастся с достаточной точностью сохранить кадровый интервал и фазу управляющего сигнала. Расстояние между двумя краями склеенных лент не должно превышать $\pm 0,25$ мм в любой точке вдоль склейки. Расстояние между соответствующими точками двух смежных строчек записи, разделенных склейкой, не должно отклоняться

более чем на $\pm 0,015$ мм от среднего расстояния между соседними строчками записи.

Простейшее устройство для резки и склейки ленты представляет собой металлическую пластинку с углублением, в которое укладывается лента. Лента разрезается лезвием бритвы, направляющей для которой служит паз в пластине с наклоном, соответствующим наклону дорожек. Концы ленты соединяются клейкой лентой, толщина которой должна быть 17—18 мкм для того, чтобы не нарушался нормальный контакт ленты с головками в момент прохождения места склейки. В монтажном устройстве [77], изображенном на рис. 7-3, имеется ряд приспособлений, повышающих точность выполнения склеек и облегчающих операцию резки и склейки ленты. Монтажный импульс обнаруживается с помощью вращающейся магнитной головки. Головка несколько выступает над плоскостью опоры, на которую укладывается лента. Она воспроизводит управляющие сигналы на длине ленты, равной приблизительно 3 мм. Это соответствует примерно двум периодам сигнала управления. Воспроизводимый сигнал через скользящие контакты (рис. 7-4) поступает на вход осциллографа, горизонтальная развертка которого синхронизирована сетью. Вместе с сигналом от вращающейся магнитной головки на вход осциллографа поступает сигнал маркерного импульса. Маркерный импульс снимается с датчика, состоящего из неподвижной магнитной ленты и диска с небольшим магнитом, который закреплен на оси двигателя вращающейся головки. При каждом обороте диска в магнитной головке индуцируется напряжение, имеющее вид одного периода

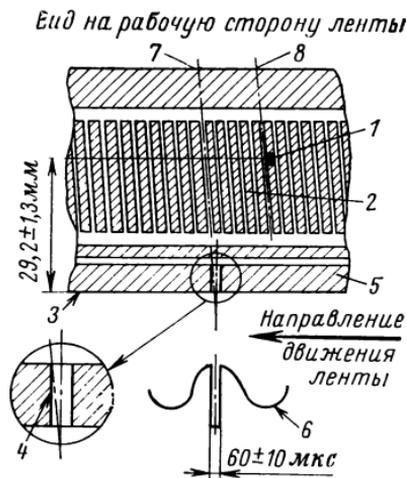


Рис. 7-2. Расположение монтажного импульса на ленте.

1 — начало кадрового импульса; 2 — строчка записи видеосигнала; 3 — опорный (нижний) край ленты; 4 — монтажный импульс; 5 — дорожка с записью управляющего сигнала; 6 — форма волны тока записи управляющего сигнала с монтажным импульсом; 7 — положение места механической склейки; 8 — положение места электронной склейки.

скостью опоры, на которую укладывается лента. Она воспроизводит управляющие сигналы на длине ленты, равной приблизительно 3 мм. Это соответствует примерно двум периодам сигнала управления. Воспроизводимый сигнал через скользящие контакты (рис. 7-4) поступает на вход осциллографа, горизонтальная развертка которого синхронизирована сетью. Вместе с сигналом от вращающейся магнитной головки на вход осциллографа поступает сигнал маркерного импульса. Маркерный импульс снимается с датчика, состоящего из неподвижной магнитной ленты и диска с небольшим магнитом, который закреплен на оси двигателя вращающейся головки. При каждом обороте диска в магнитной головке индуцируется напряжение, имеющее вид одного периода

синусоидального колебания. Усиление устанавливают таким образом, чтобы амплитуда сигнала была значительно больше диаметра экрана трубки осциллографа. В той части, где синусоида переходит через нуль, осциллограмма маркерного импульса имеет вид почти верти-

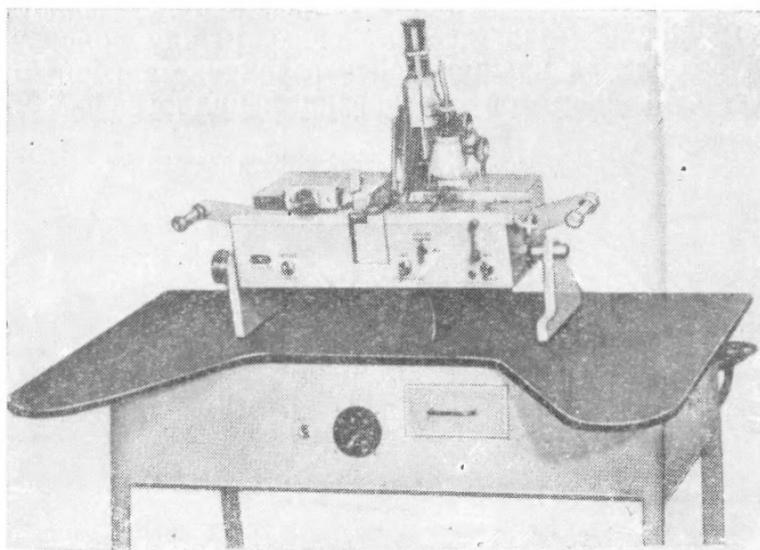


Рис. 7-3. Устройство для механического монтажа.

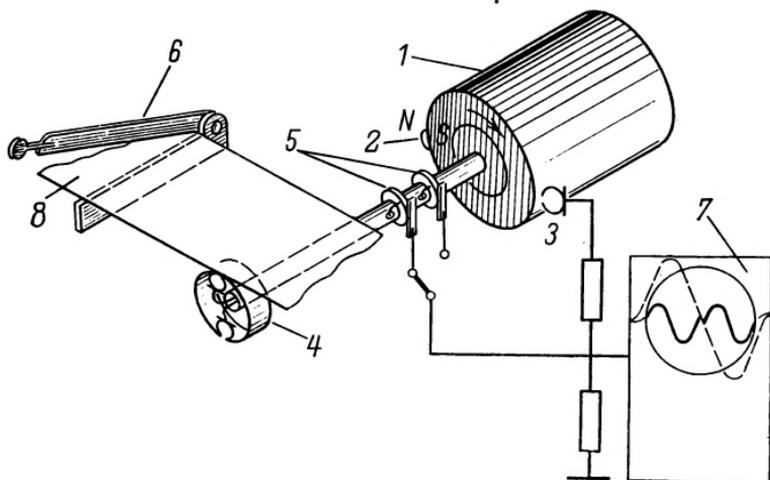


Рис. 7-4. Схема монтажного устройства.

1 — двигатель вращающихся магнитных головок 4; 2 — постоянный магнит; 3 — магнитная головка датчика маркерного импульса; 5 — токосъемник; 6 — нож для резки ленты; 7 — осциллограф; 8 — магнитная лента.

кальной линии. Фаза напряжения маркерного импульса устанавливается положением магнитной головки тахогенератора относительно основной вращающейся головки таким образом, что за первый период горизонтальной развертки осциллографируется управляющий сигнал и монтажный импульс, а в течение второго периода — маркерный импульс. Этим достигается не зависящая от различных воздействий жесткая связь между положением рабочего зазора вращающейся головки, маркерным импульсом и частотой развертки осциллографа. Лента

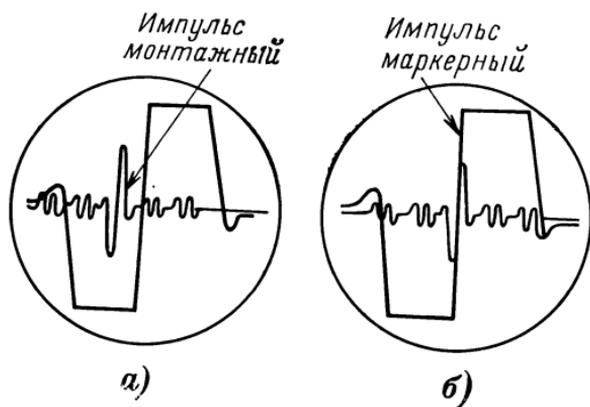


Рис. 7-5. Взаимное положение маркерного и монтажного импульсов до совмещения (а) и при разрезке ленты (б).

вручную или с помощью специального транспортирующего устройства перемещается до момента появления на экране осциллографа монтажного импульса, который совмещается с маркерным импульсом, как показано на рис. 7-5 и разрезается ножом, укрепленным на специальном приспособлении. После того, как отрезан второй кусок ленты, оба конца монтируемой ленты укладываются на устройстве и под микроскопом сближаются таким образом, чтобы между ними не было зазора. В таком положении концы обеих лент фиксируются с помощью присоса, прочно удерживающего ленту в определенном положении, и склеиваются. Качество монтажа управляющего сигнала может быть проверено с помощью этого же устройства. Для удобства поиска места разреза устройство снабжается второй вращающейся головкой, которая служит для воспроизведения монтажной отметки, записанной на режиссерской дорожке.

Электронный монтаж предполагает получение единой программы путем записи на одну ленту фрагментов или сюжетов этой программы, записанных ранее в произвольном порядке и в разное время. Источником записи служат любые источники синхронных телевизионных программ, в том числе и видеомэагнитофоны. Режим работы, при котором программа монтируется перезаписью на основной видеомэагнитофон отдельных фрагментов или сцен будущей общей программы с воспроизводимых других видеомэагнитофонов, называется режимом «продолжение». Электронный монтаж позволяет также корректировать или исправлять программы без изменения ее общей продолжительности заменой какого-либо фрагмента ранее записанной программы другим фрагментом, равным по длительности. Этот режим работы называется режимом «вставки».

Как указывалось ранее, в видеомэагнитофоне одновременно записываются сигналы изображения, звукового сопровождения и сигнал управления. Так как головки стирания и записи этих сигналов расположены на неко-

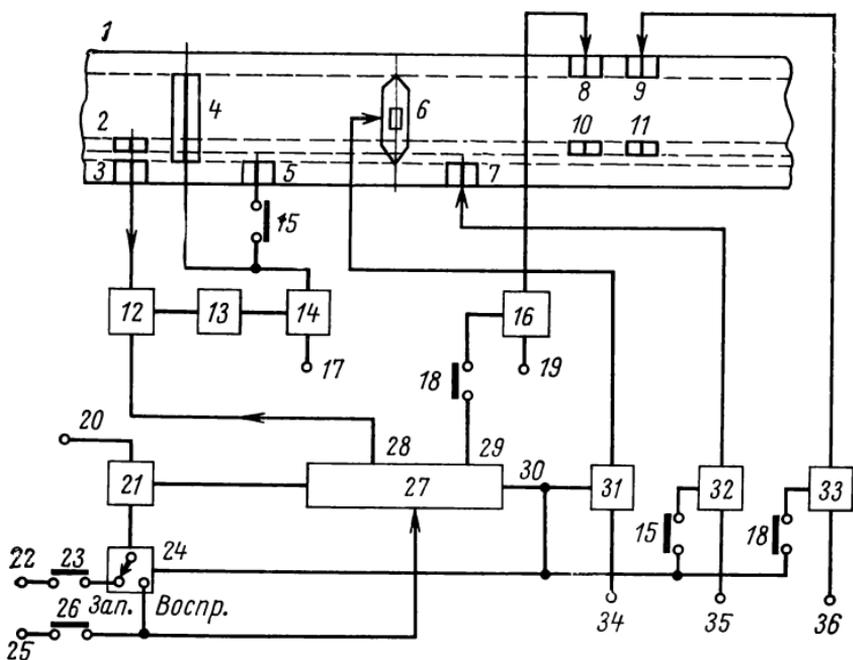


Рис. 7-6. Схема управления видеомэагнитофоном в режиме электронного монтажа.

тором расстоянии друг от друга (см. рис. 2-5), то при одновременном включении всех этих головок участок старой записи, равный расстоянию между стирающей и записывающей головками, не будет стерт и новая запись наложится на записанную ранее. Для получения непрерывности смонтированной программы в видеомагнитофоне используется специальное устройство — блок электронного монтажа, который в определенные моменты времени вырабатывает соответствующие команды на включение и выключение нужных цепей, изменяющих необходимым образом режимы работ видеомагнитофона. По аналогии с механическим монтажом этот блок иногда называют «электронными ножницами». Схема управления видеомагнитофоном в режиме электронного монтажа приведена на рис. 7-6.

Рассмотрим более подробно работу блока электронного монтажа при выполнении «электронной склейки» с использованием записи вспомогательных монтажных меток по каналу режиссерских пояснений. Место склейки на ленте 1 определяется заранее при просмотре программы и фиксируется записью монтажной метки универсальной магнитной головкой 11. Монтажная метка воспроизводится с опережением головкой 2, установленной перед стирающей головкой видеосигнала 4. При воспроизведении этой метки оператором включается клавиша записи 23 и на вход схемы совпадения 21 подается со входа 22 разрешающий потенциал через переключатель 24, находящийся в положении «запись». При этом кадровые синхроимпульсы, выделенные из опорного сигнала, со входа 20 поступают на вход двоичного счетчика 27. Через некоторое время, учитывающее опережение метки, воспроизведенной головкой 2, сдвинутой против направления движения ленты, с выхода 28 двоичного счетчика на схему совпадения 12 подается разрешающий потенциал. Время от начала работы двоичного счетчика 27 до появления потенциала на его выходе используется для подготовки всех записывающих и стирающих цепей видеомагнитофона к режиму записи. На второй вход схемы совпадений 12 подаются кадровые синхроимпульсы, записанные на дорожке управления и воспроизводимые головкой 3. Эти импульсы поступают на каскад задержки 13. Время задержки устанавливается так, чтобы ключевая схема 14 в цепи головок стирания видеосигнала 4 и сигнала управления 5 включалась в тот

момент, когда рабочий зазор головки 4 находится в промежутке между строчками, следующими за строчкой записи, содержащей кадровый синхроимпульс (см. рис. 7-1). Расстояние от стирающей головки видеосигнала 4 до записывающих головок 6 выбирается так, чтобы время прохождения этого участка лентой соответствовало целому числу кадров, например 16. Расстояние между головками 4 и 5 примерно соответствует расстоянию между головками 6 и 7, поэтому головки 4 и 5 включаются одновременно. Расстояние между головками стирания 8 и записи 9 канала звукового сопровождения выбирается так, чтобы время прохождения этого участка равнялось двум периодам кадровой частоты. Поэтому спустя 14 периодов после появления разрешающего потенциала на выходе 28 двоичного счетчика 27 появляется разрешающий потенциал на втором его выходе 29, включающий ключ 16 в цепи головки стирания звука 8. Спустя еще два периода кадровой частоты появляется разрешающий потенциал на выходе 30, включающий ключевые схемы 31, 32 и 33, через которые подается ток записи в головки видеоканала 6, звукового канала 9 и канала управления 7 и начинается запись нового сюжета. Переход от одного сигнала к другому происходит во время гасящего кадрового импульса через некоторое время после воспроизведения кадрового синхроимпульса, записываемого примерно в середине строчки (см. рис. 7-2). При необходимости можно сохранить ранее записанное звуковое сопровождение, для чего размыкаются цепи питания ключевых схем 16 и 33 с помощью выключателей 18.

Сделанная таким образом электронная склейка позволяет вести продолжение записи без нарушения сигналов синхронизации и управления, а при воспроизведении — получать непрерывную программу без сбоев изображения.

В режиме электронного монтажа «вставка» необходимо выполнить последовательно две операции: в начале вписываемого сюжета переключить видеоманитофон с воспроизведения на запись, а в конце сюжета вновь переключить его на воспроизведение. Первая операция совпадает с операцией включения режима электронного монтажа «продолжение». Исключение составляет лишь САР-СЛ, в которой управляющий сигнал не стирается (выключатель 15 разомкнут), новый сигнал не записы-

вается, а используется ранее записанный. Чтобы сохранить непрерывность записанных на ленте сигналов при второй операции, выключение записывающих и стирающих цепей также необходимо производить в определенной последовательности. Для этого разрешающий потенциал с выхода 30 двоичного счетчика подается на ключевую схему 24, отключающую сигнал записи от схемы совпадения 21. При этом счет импульсов сокращается, но потенциалы на выходах 28, 29 и 30 сохраняются и обеспечивают режим записи. В момент воспроизведения метки окончания записи, воспроизводимой головкой 2, нажимается клавиша воспроизведения 26, и так как переключатель 24 находится в положении «воспроизведение», то потенциал со входа 25 поступает на счетчик, приводя его в исходное положение, и на схему совпадений 21; счетчик вновь начинает считать кадровые импульсы. Далее схема работает аналогичным образом, с той лишь разницей, что в соответствующие моменты времени потенциалы на выходах 28, 29 и 30 счетчика 27 выключаются. При этом происходит выключение стирающих головок 4 и 5, затем головки 8 и, наконец, головок записи 6, 7 и 9. Кроме того, выключение потенциала на выходе 30 отключает все усилители записи и стирания. Повторное нажатие клавиши записи 23 позволяет производить вторую вставку или вести продолжение новой записи и т. д.

Простейший вид электронного монтажа — монтаж по монтажным меткам с ручным управлением процесса монтажа. Монтажные метки, определяющие место или границы монтируемых участков видеофонограмм, записываются при просмотре фрагментов на режиссерской дорожке. Этот вид электронного монтажа имеет невысокую точность, поэтому используется, если границы вставки или момент начала продолжения записи можно сместить в ту или иную сторону на целое число кадровых импульсов без ущерба для содержания монтируемой программы. Такой монтаж применяется на малоподвижных, статических сюжетах, а монтаж звукового сопровождения выполняется только во время длинных пауз.

Точность электронного монтажа при ручном управлении зависит от двух причин, а именно: насколько точно определено место электронной склейки и как точно будет совпадать конец фрагмента А на первом основном видеомagneфоне, на котором производится монтаж, с нача-

лом фрагмента *Б* программы, которая будет переписываться со второго на первый видеоманитофон.

Для повышения точности монтажа используется режим репетиций монтажа, при котором момент начала склейки отмечается каким-либо образом, например путем изменения уровня видеосигнала, поступающего на ВКУ. Если момент для склейки выбран неправильно, то, используя опережающий сигнал монтажной метки, поступающий от головки 2, можно скорректировать команду на выполнение монтажной операции. После того как место монтажной склейки определено с надлежащей точностью, приступают к самому монтажу.

Труднее решается вторая задача: совмещение конца и начала фрагментов *А* и *Б*. При выполнении электронного монтажа лента на обоих видеоманитофонах отматывается на одинаковую величину (5—10 с), которая устанавливается счетчиком, так чтобы к моменту электронной склейки программы с видеоманитофонов воспроизводились в режиме внешней синхронизации и были сфазированы с опорным синхроимпульсом по кадровым и строчным импульсам. Вполне понятно, что совмещение начала и конца фрагмента *А* и *Б* или, как мы будем называть, синхронность двух монтируемых программ, будет зависеть как от точности работы счетчиков ленты, так и от идентичности пусковых характеристик лентопротяжного механизма и времени синхронизации по монтажным кадровым импульсам САР-СЛ. Поэтому выполнить это условие при простом ручном монтаже оказывается практически невозможным. Точность выполнения монтажа, если не принять специальных мер, будет во многом зависеть от опыта и навыков оператора.

Видеоманитофоны КАДР-3, оборудованные блоками синхронной параллельной работы [72], позволяют решить эту задачу.

Полуавтоматический электронный монтаж, основанный на использовании принципов синхронной параллельной работы двух видеоманитофонов [78], позволяет решить основную принципиальную задачу — осуществить перенос меток «стоп» и «пуск» таким образом, чтобы они оказались записанными на ленте с всегда постоянным, заданным опережением на определенное время $T_{оп}$. Тогда процесс синхронизации вспомогательных программ будет заканчиваться раньше, чем должен производиться монтаж и его репетиция, а конец и начало фрагментов *А*

и *Б* по окончании синхронизации будут точно совпадать по времени. В этом случае возможно неоднократное повторение репетиции электронного монтажа на ВКУ с введением необходимой временной коррекции монтажной операции. Тогда будет полная гарантия точного повторения момента переключения видеомагнитофона в режим записи, выбранного при последней репетиции, непосредственно во время самого электронного монтажа. Для получения опережающих меток на ленте во время просмотра программы по режиссерскому каналу записываются вспомогательные масштабные метки с определенным временным интервалом, равным N кадрам, который формируется счетчиком начала вставки, считающим опорные кадровые импульсы и устанавливаемым в нулевое состояние при записи очередной масштабной метки. Поэтому каждый раз с началом новой масштабной метки счетчик сбрасывается. В момент, который режиссер определяет как начало электронной склейки, т. е. конец фрагмента *A*, счетчик останавливается и запоминает число кадровых импульсов M от момента последней записанной на ленте масштабной метки до начала склейки; лента останавливается и возвращается в режиме ускоренной перемотки.

К моменту следующего включения видеомагнитофона лента с помощью дополнительного счетчика метража ленты устанавливается так, чтобы первой воспроизводимой масштабной меткой была предпоследняя из записанных на ленте. При воспроизведении этой масштабной метки счетчик начала склейки начинает работать в реверсивном режиме. Записанное ранее в счетчике число начинает уменьшаться и в момент нулевых показаний счетчика лента будет опережать момент начала склейки ровно на интервал $T_{оп}$, равный интервалу следования масштабных меток. В этот момент записывается метка «стоп», а затем, через фиксированный интервал времени, — метка «пуск». Масштабные метки воспроизводятся опережающей головкой режиссерского канала, который в это время включен на запись. Поэтому масштабные метки стираются, а метки «стоп» и «пуск» записываются. Аналогичные операции выполняются на втором аппарате, с которого будет вестись перезапись фрагмента *Б* на первый основной видеомагнитофон. Таким образом, на обоих видеомагнитофонах, участвующих в электронном монтаже, после разметки на ленты записаны опере-

жающие метки «стоп» и «пуск», необходимые для синхронизации программ системой параллельной синхронной работы.

При выполнении электронной склейки или репетиции с участием двух видеомагнитофонов команды переключения на запись основного видеомагнитофона или переключения монитора поступают от счетчика начала вставки через определенное время, которое при необходимости может быть изменено. Тем самым представляется возможность корректировать с точностью одного кадра место электронной склейки. При монтаже в режиме

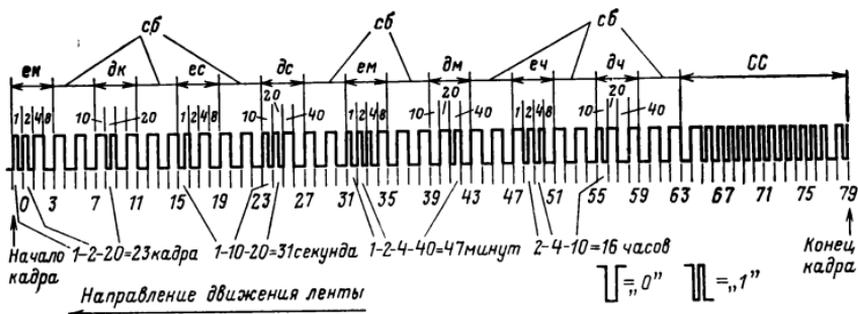


Рис. 7-7. Структура временного управляющего кода.

ек и dk; ес и ds; ем и dm; еч и dч — единицы и десятки кадров, секунд, минут, часов; сб — свободные биты для передачи дополнительной информации; СС — синхрослово.

«вставка» работает дополнительный счетчик, который ведет отсчет кадровых импульсов с момента начала вставки. Через определенное число кадров, установленное режиссером с помощью ручного набора, он вырабатывает соответствующие команды на выключение электронного монтажа, т. е. окончание вставки. Временной управляющий код, о котором упоминалось выше, открыл новые возможности для повышения точности и оперативности электронного монтажа [79].

Структура временного управляющего кода, используемого в таких системах, иллюстрируется на рис. 7-7. Кодовая последовательность состоит из 80 бит и имеет длительность 40 мс, т. е. охватывает два поля изображения. При передаче кода принят так называемый метод бифазной модуляции, когда «единице» соответствует перепад любой полярности, появляющийся между двумя тактовыми импульсами. Кодовая последовательность каждого кадра заканчивается 16-битовым кодовым словом 21—215

вом, позволяющим отделить кодированные последовательности отдельных кадров друг от друга. Восемь свободных групп по 4 бита могут использоваться для передачи дополнительной информации. Биты 11, 27, 43, 58 и 59 не используются. Бит 10 используется только при работе с сигналами NTSC для коррекции пересчета количества кадров в секунды, так как в этой системе цветного телевидения в секунду следует нецелое число кадров, равное 29,97002618.

Специальные меры приняты для того, чтобы обеспечить правильный монтаж при работе с сигналами ПАЛ и СЕКАМ. Как известно, сигналы этих систем могут монтироваться только раз в четыре поля изображения.

При работе с сигналами СЕКАМ код формируется таким образом, чтобы во втором поле изображения, начинающемся со строки с сигналом $D'_в$, сумма номеров кадров и секунд была нечетной. Соответственно монтаж может производиться, когда указанная сумма в воспроизводимых кодах программ становится нечетной.

В системе ПАЛ код формируется таким образом, чтобы в первом и втором полях сумма номера кадров и секунд была нечетной, а в третьем и четвертом — четной. Здесь имеется в виду представление сигнала ПАЛ в качестве последовательности из четырех полей. Рассмотрим теперь функциональные схемы, поясняющие принципы построения систем электронного монтажа с временным управляющим кодом.

Функциональная схема, в которой один пульт управления объединяет три видеоманитофона, показана на рис. 7-8. Предположим, что программа монтируется на видеоманитофоне 4, а ее фрагменты поступают с видеоманитофонов 5 и 6. Видеофонограммы фрагментов программ, устанавливаемых на видеоманитофоны 5 и 6, должны содержать временной управляющий код, записанный на дорожке режиссерских пояснений.

С помощью пульта управления можно осуществить две основные операции монтажа. Во-первых, вставку какого-либо фрагмента программы, записанного на одном из видеоманитофонов 5 или 6, в монтируемую программу на видеоманитофоне 4. Во-вторых, вставку в программу, записанную на видеоманитофоне 4, фрагментов программы, записанных на видеоманитофонах 5 и 6, с переходом во время вставки с одного видеоман-

нитофона на другой и обратно. Эти режимы поясняются рис. 7-9. При ручном управлении монтаж производится следующим образом. Сначала на видеомэагнитофоне 4 просматривается программа, в которую должна быть

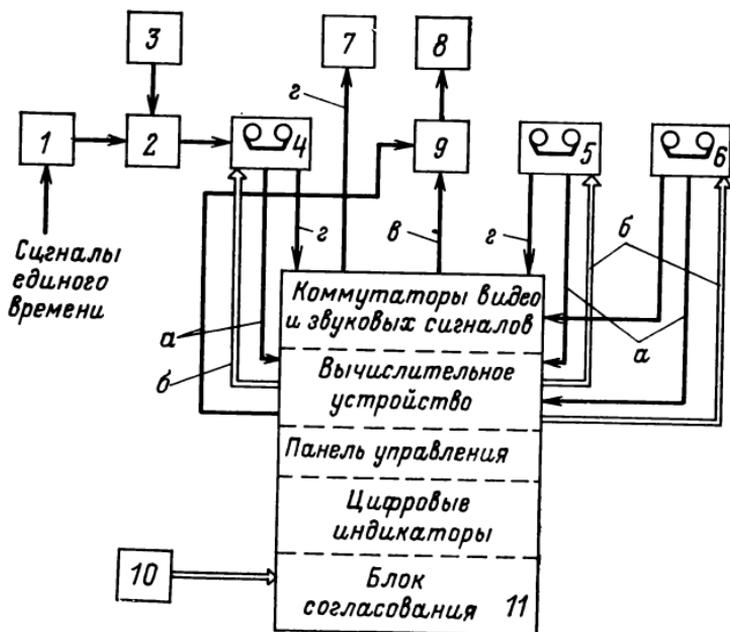


Рис. 7-8. Функциональная схема системы автоматического электронного монтажа.

1 — генератор временного управляющего кода; 2 — устройство перекодирования; 3 — устройство ввода данных; 4, 5, 6 — видеомэагнитофоны; 7 — видео- и звуковые контрольные агрегаты; 8 — аппарат записи на диск; 9 — блок преобразования код — титры; 10 — ЭВМ или устройство считывания перфокарт; 11 — пульт управления; а — код; б — команды: стоп, пуск, перемотка, поиск нужного номера кадра; в — видеосигнал; г — видеосигнал и звук.

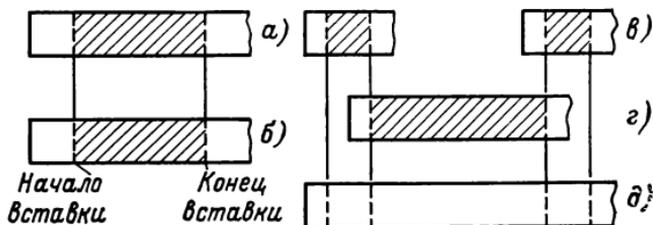


Рис. 7-9. Относительное положение ленты на видеомэагнитофоне при выполнении вставки (а и б) и вставки с переходом с одного видеомэагнитофона на другой (в, г и д).

а — лента на видеомэагнитофоне 5 или 6 с фрагментом, который переписывается на ленту 6 с видеомэагнитофона 4; в и г — ленты на видеомэагнитофонах 5 и 6 с фрагментами, которые переписываются на ленту 4 видеомэагнитофона 4.

сделана вставка, и определяются номера кадров, соответствующие началу и концу вставки. Эти адреса заносятся в блок памяти вычислительного устройства пульта управления. Затем на видеомагнитофоне 5 просматривается фрагмент, предназначенный для вставки, и заносятся также в блок памяти адреса его начала и конца. Управление видеомагнитофонами при просмотрах осуществляется дистанционно с панели управления пульта. Последующие операции по монтажу программы производятся автоматически. Для этого подается команда «монтаж» и видеомагнитофоны, участвующие в монтаже, включаются на перемотку и автоматически останавливаются с некоторым опережением момента начала вставки. Величина опережения выбирается в зависимости от времени, необходимого данным типам видеомагнитофонов для вхождения в синхронный режим и для взаимной синхронизации. Для видеомагнитофонов типа КАДР-3 или VR-2000 это время составляет около 15 с, а для видеомагнитофонов типа AVR-1 около 4 с. После этого видеомагнитофоны включаются в режим воспроизведения и синхронизируются друг с другом. В момент совпадения выбранных ранее номеров кадров начала вставки видеомагнитофон 4 переходит в режим записи, который продолжается до совпадения номеров кадров окончания вставки. Таким же образом происходит более сложный монтаж вставки с переходом с одного видеомагнитофона на другой. В этом случае запоминается большое количество адресов начал и окончаний фрагментов и, кроме того, в блок памяти вносятся номера видеомагнитофонов, которым соответствуют данные адреса. Набор точного значения номера кадра или уточнение номера, ранее направленного в блок памяти, производится с помощью клавиатуры, позволяющей производить с номерами кадров простые арифметические операции. Номера кадров визуальным образом контролируются с помощью цифровых индикаторов. В описанных режимах работы предполагалось, что на ленте, установленной на видеомагнитофоне 4, временной управляющий код записан заранее вместе с программой, в которую осуществляются вставки. В монтажном комплексе предусмотрена возможность визуального и слухового контроля монтируемых фрагментов. Для этого к пульту управления подключаются видео- и звуковые контрольные устройства, позволяющие просмотреть и прослушать монтируемые участки программы.

При монтаже может использоваться более трех видеомagneтофонов, для чего необходимо увеличить объем электронных узлов пульта управления. Разработанные к настоящему времени пульты автоматического монтажа, такие как RA-4000 фирмы AMPEX или EPS-6000 фирмы FERNSEH GMBH, могут объединять от трех до шести видеомagneтофонов.

Если, как упоминалось выше, просмотр и выбор фрагментов отделить от процесса монтажа, то сам монтаж может быть полностью автоматизирован с помощью описанного комплекса аппаратуры. Для этого заранее составленная программа монтажа, содержащая адреса начал и окончаний вставок, номера рулонов, ленты, номера видеомagneтофонов и последовательность монтажных операций, вводится в ЭВМ или устройство считывания перфокарт. Задача обслуживающего персонала сводится к установке на видеомagneтофоны соответствующих рулонов ленты. После этого дается команда «монтаж» и в соответствии с сигналами от ЭВМ, которые преобразуются в удобную для данного комплекса форму в блоке согласования, происходят необходимые операции по монтажу программы. В процессе записи монтируемой программы временной управляющий код может быть записан заново. Для этого на видеомagneтофон 4 подаются импульсы от генератора кода. В свободные биты кода в процессе записи могут вноситься дополнительные данные. Например, титры режиссерских пояснений, указания по регулировке аппаратуры и т. д. Эти указания могут вноситься вручную или автоматически в соответствии с сигналами от ЭВМ. При автоматическом монтаже функции запоминающего устройства в основном выполняются ЭВМ. Благодаря этому можно легко увеличить количество видеомagneтофонов, участвующих в процессе монтажа, а также количество монтажных комплексов, работающих одновременно. В последнем случае для коммутации цепей видеосигнала и сигналов звукового сопровождения удобно использовать отдельное коммутаторное поле и блок спецэффектов.

7-3. Параллельная синхронная работа видеомagneтофонов и мagneтофонов

В ряде случаев возникает необходимость раздельного монтажа изображения и звука. Звуковое сопровождение в таком случае монтируется из отдельных фрагментов, а на заключительном этапе пе-

реписывается на звуковую дорожку видеоманганитфана синхронно с видеопрограммой. Для монтажа звука используются специальные магнитофоны, которые оснащены системой автоматического регулирования средней скорости движения ленты, аналогичной САР-СЛ видеоманганитфона. Кроме того, такой магнитофон должен фазировать звуковое сопровождение с видеопрограммой, т. е. работать параллельно и синхронно с видеоманганитфоном. Совмещается звуковое сопровождение с изображением изменением скорости ленты на магнитофоне: совмещение должно быть закончено до начала трихода сигнала звукового сопровождения, который переписывается на видеоманганитфон. Управление скоростью ленты на магнитофоне во время фазирования программы может быть ручным или автоматическим. Автоматическое управление осуществляется системой параллельной синхронной работы [72], основанной на предварительной разметке ленты путем записи на ней монтажных меток. Монтажные метки записываются перед началом соответствующего фрагмента, причем их место определяется по счетчику ленты. При просмотре программы на видеоманганитфоне момент начала фрагмента отмечается на счетчике ленты, например, установкой его на нуль. Затем лента перематывается назад и во время повторного воспроизведения по счетчику ленты за 30—40 с до начала фрагмента, с интервалом в 5 с, записываются метки «стоп» и «пуск». Аналогичным образом и с такой же временной расстановкой монтажные метки записываются на магнитофоне. После этого лента на видеоманганитфоне и магнитофоне перематывается, а затем при воспроизведении автоматически останавливается монтажной меткой «стоп». Далее оба аппарата включаются одновременно и производят метки «пуск», временной сдвиг между которыми будет равен временному рассогласованию между программами, воспроизводимыми видеоманганитфоном и магнитофоном. Взаимное расположение меток «пуск» определяет также знак временного сдвига.

Временной сдвиг Δt_c между программами может быть изменен числом n кадровых импульсов частотой следования f_k , т. е.

$$n = \Delta t_c f_k. \quad (7-1)$$

Если метка «пуск» на магнитофоне была воспроизведена раньше, чем на видеоманганитфоне, то программа звукового сопровождения опережает видеопрограмму и скорость движения ленты на магнитофоне необходимо уменьшить. И, наоборот, если метка «пуск» воспроизводится на видеоманганитфоне раньше, то скорость ленты на магнитофоне должна быть увеличена. К моменту совмещения программ по видео и звуку количества кадровых импульсов, воспроизведенных видеоманганитфоном и магнитофоном после соответствующей метки «пуск», должны быть равны. Тогда можно записать два равенства:

$$m_1 = n + t_p f_k;$$

$$m_2 = t_p f'_k = t_p (f_k + \Delta f_{ср.к}),$$

где m_1 — число кадровых импульсов частотой f_k , воспроизведенных видеоманганитфоном, а m_2 — число кадровых импульсов частотой f'_k , воспроизведенных магнитофоном от соответствующей пусковой метки до момента совмещения программ; t_p — время регулирования, в течение которого частота воспроизводимых кадровых импульсов $\Delta f_{ср.к}$ отличалась от номинального значения на величину $\Delta f_{ср.к} = f'_k - f_k$.

Так как условием совмещения программ является $m_1 = m_2$, то справедливо равенство:

$$n + t_p f_k = t_p (f_k + \Delta f_{ср.к.}),$$

откуда

$$n = \Delta f_{ср.к.} t_p. \quad (7-2)$$

Таким образом, формула (7-2) определяет условие совмещения программ. Правая ее часть по аналогии с правой частью равенства (7-1) показывает число периодов разностной частоты $\Delta f_{ср.к.}$, измеренных за время регулирования t_p . Отсюда следует, что для автоматического совмещения программ необходимо последовательно осуществить следующие операции:

определить знак временного сдвига между программами и измерить его путем отсчета n кадровых импульсов за время между двумя пусковыми метками;

разомкнуть цепь регулирования САР-СЛ магнитофона и изменить на нем скорость движения ленты в соответствии с определенным ранее знаком временного сдвига между программами;

начать отсчет импульсов разностной частоты $\Delta f_{ср.к.}$, полученных путем сравнения опорных кадровых импульсов и кадровых импульсов, воспроизводимых магнитофоном;

когда число импульсов разностной частоты будет равно числу n кадровых импульсов, отсчитанных ранее между двумя пусковыми метками, включить САР-СЛ на магнитофоне.

Система параллельной синхронной работы последовательно осуществляет все перечисленные выше операции.

Горячее резервирование видеомагнитофонов осуществляется также системой синхронной работы, которой оборудованы видеомагнитофоны КАДР-3. Во время записи на двух или более видеомагнитофонах на факордах перед программой с одного и того же источника записываются метки «стоп» и «пуск». Во время воспроизведения устанавливается, какой из видеомагнитофонов будет основным и какой резервным, на котором будет изменяться скорость движения ленты для совмещения программ. Все остальное производится так, как было уже описано в случае с магнитофоном. В видеомагнитофоне КАДР-3 временной сдвиг между программами обычно не превышает 4—5 кадровых импульсов, а время регулирования резервного видеомагнитофона значительно меньше 3 с. Поэтому весь процесс фазирования заканчивается раньше, чем вакуумная направляющая приводит в контакт с лентой вращающиеся головки, и воспроизводимая резервным видеомагнитофоном телевизионная программа с самого начала оказывается синхронной с программой основного видеомагнитофона.

Система синхронной работы может быть также использована при записи длительных программ на нескольких рулонах ленты. В этом случае переход от одного видеомагнитофона на другой осуществляется с перекрытием, в начале которого одновременно на двух видеомагнитофонах записывают монтажные метки. Видеомагнитофон, на котором воспроизводится второй рулон ленты, устанавливается по метке «стоп», а затем включается на воспроизведение меткой «стоп», которая воспроизводится с первого видеомагнитофона. Далее воспроизводится метка «пуск» и система регулирования синхронизирует программу.

После этого можно переключить источник программы, т. е. взять видеосигнал и звуковое сопровождение со второго видеоманитофона, на котором воспроизводится продолжение программы.

7-4. Устройства для замедленного воспроизведения

Одним из важнейших свойств магнитной записи является ее оперативность, или готовность к воспроизведению сразу же по окончании записи. Это позволяет получить такие эффекты, как повторение только что показанного эпизода в нормальном или замедленном темпе или даже в статическом состоянии. Особый интерес такие эффекты представляют для показа по телевидению различных быстротекущих событий, например при спортивных передачах. Они позволяют сосредоточить внимание зрителя на отдельных, наиболее важных фазах развития событий. Впервые устройства для замедленного воспроизведения были использованы в телевизионных передачах Олимпийских игр 1964 г. из Токио. Устройства представляли собой комбинацию специального видеоманитофона и блока задержки на магнитных дисках. Дальнейшее развитие такой аппаратуры пошло по пути использования в качестве носителя записи магнитных дисков. Диск представляет собой металлическую пластину диаметром до 400 мм, обычно из алюминиевого сплава, покрытого слоем магнитного материала, например никель-кобальта. Сверху на него наносится очень тонкий слой твердого защитного покрытия, например родия, предохраняющего диск от истирания при многократном проигрывании его магнитными головками, соприкасающимися с диском. Поскольку для записи сигнала изображения, как и в обычных видеоманитофонах, используется частотная модуляция, канал записи-воспроизведения такого аппарата практически не отличается по устройству от канала изображения видеоманитофона. Окружная линейная скорость перемещения диска относительно магнитной головки должна быть достаточной для записи частот до 12—15 МГц. Так как за каждый оборот диска записывается целое поле изображения, то частота вращения диска должна быть кратной частоте полей разложения. Для получения большого объема записи используют несколько дисков, на обеих поверхностях которых запись, воспроизведение или стирание ранее записанного сигнала осуществляется соответствующей головкой. Эффект замедления в таком аппарате создается путем

воспроизведения каждого записанного поля несколько раз, причем количество повторений каждого полукадра определяется требуемой кратностью замедления. При многократном повторении одного и того же кадра создается эффект неподвижного, остановленного изображения. Наиболее широко распространенным устройством такого типа является аппарат HS-100 фирмы AMPEX [80]. Структурная схема его приведена на рис. 7-10, а на

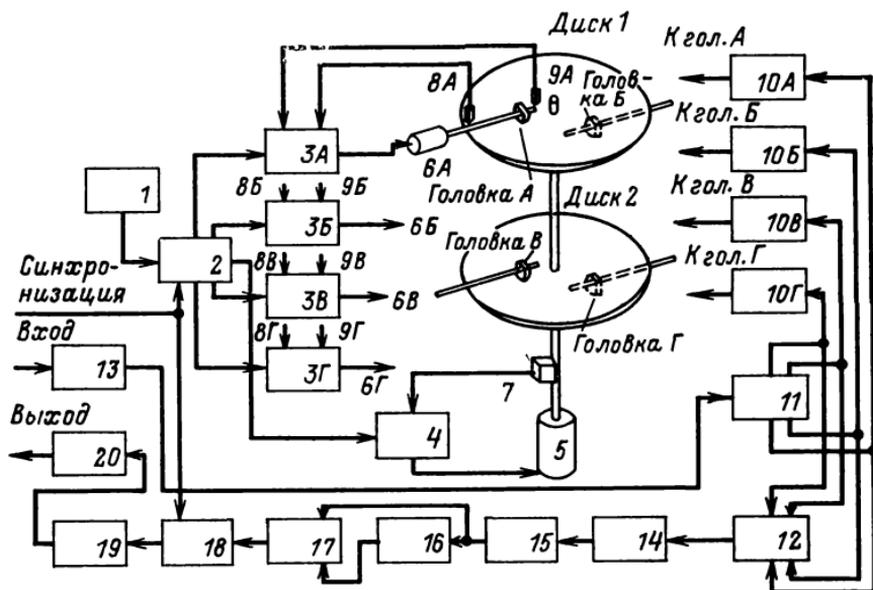


Рис. 7-10. Структурная схема аппарата для повторения и замедления сюжетов.

1 — пульт управления; 2 — блок управления; 3 (А—Г) — электронное устройство привода головок; 4 — электронное устройство привода диска; 5 — ведущий двигатель диска; 6 (А—Г) — шаговый двигатель привода головок; 7 — тахогенератор; 8 (А—Г) — концевые датчики; 9 (А—Г) — концевые датчики внутренние; 10 (А—Г) — усилители записи-воспроизведения; 11 — ключ записи; 12 — коммутатор головок; 13 — модулятор; 14 — корректор; 15 — демодулятор; 16 — задержка на 0,5 Н; 17 — коммутатор; 18 — конденсатор временных искажений; 19 — инвертор цветности; 20 — система обработки видеосигнала.

рис. 7-11 — временные диаграммы, поясняющие принцип работы. Входной видеосигнал подается на модулятор 13, где он преобразуется в частотно-модулированный сигнал и через ключевой усилитель-распределитель 11 поочередно поступает на усилители записи 10А—10Г и далее на соответствующие головки. Обычно в таких устройствах используют ферритовые головки из высокопрочного феррита, имеющие очень тщательно отшлифованную плоскую рабочую поверхность. Рабочая поверхность диска

Также тщательно отшлифована. Специальная система подвески головки позволяет точно совместить рабочие поверхности головок и диска в одной плоскости даже при небольших торцевых биениях последнего. Это обеспечивает большой срок службы диска (до 5000 ч) и головок. В режиме записи все головки работают поочередно и записывают каждая один полукадр изображения в последовательности, указанной на рис. 7-11. Переключение каждой из головок производится синхронно с кадровыми импульсами, подаваемыми на блок управления 2. Коммутатор головок 11 переключает режимы записи воспроиз-

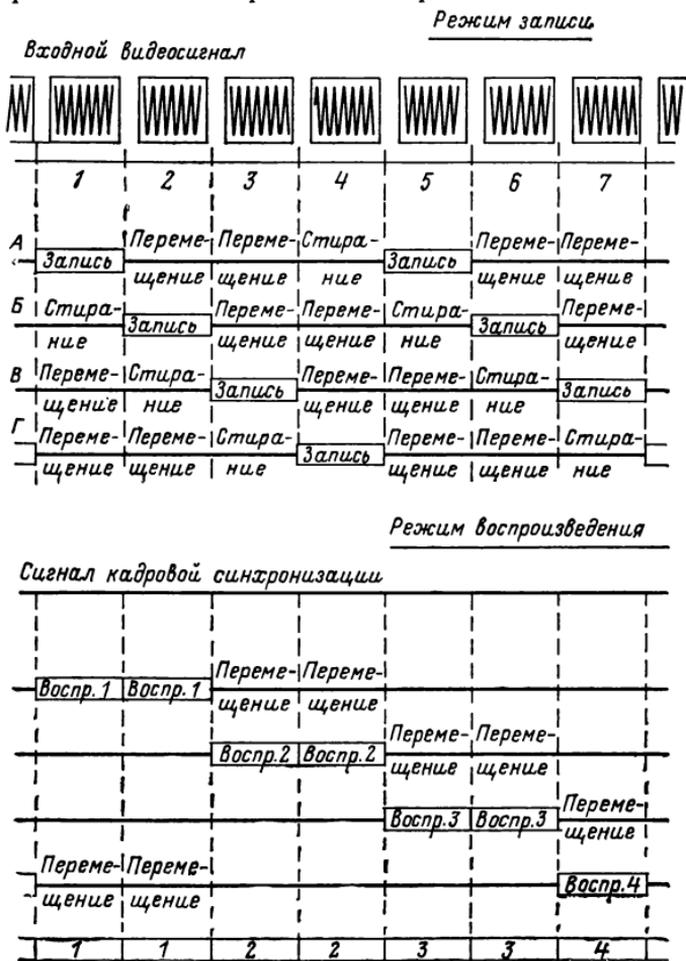


Рис. 7-11. Временные диаграммы работы аппарата для повтора и замедления в режимах записи (а) и воспроизведения (б) при замедлении 1 : 2.

изведения и стирания. В тот момент времени, когда одна из головок, например *А*, записывает, следующая головка *Б* стирает ранее записанный на данной дорожке сигнал, а две следующие головки, *В* и *Г*, с помощью соответствующих шаговых двигателей *б* перемещаются на следующую дорожку записи. Каждая из дорожек представляет собой концентрическую окружность, на которой записано одно поле изображения. Электронное устройство привода головок *З* формирует импульсы управления шаговым двигателем *6А—6Г*, причем направление перемещения по радиусу диска определяется концевым датчиком *8А—8Г* или *9А—9Г*. При перемещении от края к центру каждая головка записывает поочередно примерно 230 дорожек. После срабатывания внутреннего кольцевого датчика *9* шаговый двигатель начинает перемещать соответствующую головку скачками к внешнему краю диска и записывает следующие 229 дорожек, расположенных между записанными ранее. При срабатывании внешнего концевого датчика *8* головка начинает вновь перемещаться к центру диска, производя новую запись и стирая предыдущую. Общее число полукадров, записываемых на всех четырех рабочих поверхностях двух дисков *1* и *2*, составляет около 1800, или примерно 36 с чистого времени, что обычно достаточно для повторного показа. Оба диска укреплены на общем валу электродвигателя *5*, управляемого электронным устройством привода дисков *4*, также синхронизируемого частотой полей. Частота вращения дисков составляет 3000 об/мин. Система управления ведущим двигателем обеспечивает в режимах записи и воспроизведения синхронное с частотой повторения полей вращение дисков. Для этого используется сигнал тахогенератора *7*, жестко связанного с валом электродвигателя. При воспроизведении, в зависимости от заданной степени замедления, каждая головка несколько раз воспроизводит одну и ту же дорожку с записанным на ней полем, создавая тем самым эффект замедления. Воспроизводимый каждой головкой сигнал через соответствующий усилитель воспроизведения *10* поступает на коммутатор *12*, на выходе которого формируется непрерывный сигнал, в котором каждое поле повторяется несколько раз. Так как вращение дисков и переключение головок синхронизировано с кадровыми импульсами опорного сигнала, то и сигнал на выходе коммутатора также синхронен с опорным синхро-

сигналом телецентра. Непрерывный ЧМ-сигнал /поступает на корректор 14, где производится выравнивание характеристик канала записи-воспроизведения, в том числе и коррекция изменения частотных характеристик из-за изменения линейной скорости при изменении радиуса

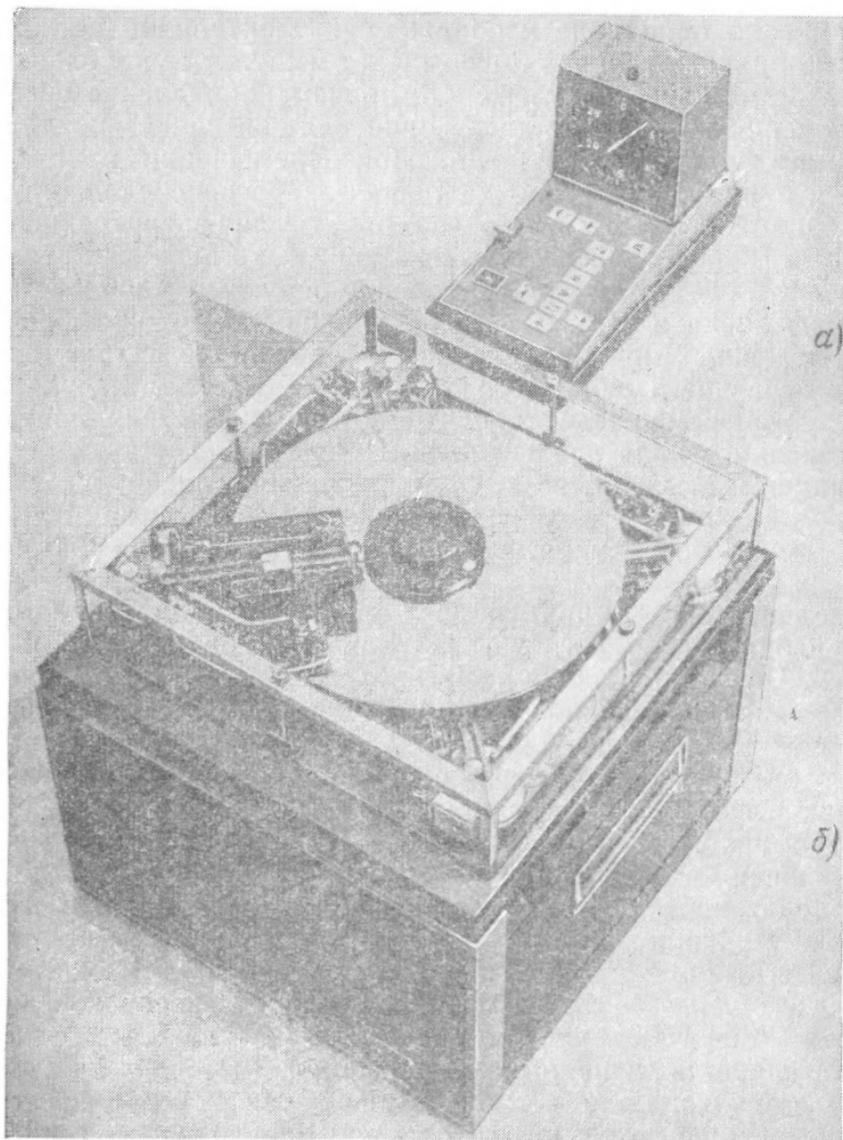


Рис. 7-12. Аппарат для повторения и замедления сюжетов (б) с пультом управления (а).

дорожки записи. Затем сигнал поступает на ограничитель и демодулятор 15, где он преобразуется в видеосигнал. Поскольку при неоднократном повторении одного и того же полукадра происходит нарушение чересстрочной развертки, то для ее восстановления используется линия задержки на половину строки 16 с коммутатором 17, управляемым сигналом переключения головок. Далее сигнал поступает на корректор временных ошибок, корректирующий временные искажения, вызванные неравномерностью частоты вращения диска, и на блок восстановления коммутации фазы сигнала цветности на поднесущей частоте для систем цветного телевидения ПАЛ и СЕКАМ. Для этого производится выделение сигнала цветности, пропускаемого через коммутируемую линию задержки на строку. После этого сигналы яркости и цветности объединяются и поступают на систему обработки, где регенерируются гасящие и синхронизирующие импульсы. Выбор режима работы аппарата, поиск нужного места и необходимая степень замедления или остановки движения осуществляются с пульта управления, который может быть вынесен достаточно далеко от самого устройства записи-воспроизведения (рис. 7-12).

7-5. Кассетные видеомагнитофоны для телевизионного вещания

Стремление автоматизировать процесс воспроизведения заранее записанных программ привело к разработке кассетных видеомагнитофонов, обеспечивающих непрерывное воспроизведение программ или фрагментов, записанных на отдельных отрезках магнитной ленты и заключенных в защитный корпус — кассету. Для получения высокого качества воспроизводимого сигнала в таких видеомагнитофонах используется способ поперечно-строчной записи четырьмя вращающимися головками на ленте шириной 50,8 мм.

Кассетный видеомагнитофон АСR-25 фирмы АМРЕХ [81] состоит из двух частей (рис. 7-13). В первом шкафу содержатся электронные устройства канала изображения, звука, системы автоматического регулирования (САР-СЛ и САР-СД), а также система управления и контроля. Большинство электронных устройств и систем такие же как в видеомагнитофоне AVR-1. Во втором шкафу размещены два лентопротяжных механизма (рис. 7-14,а), между которыми помещается карусельное устройство, куда устанавливаются 24 кассеты. Кассета заряжается отрезком ленты длиной до 150 м (рис. 7-14,б). Максимальная длительность воспроизведения каждой кассеты при скорости 39,7 см/с — 6 мин, а при скорости 19,85 см/с — 12 мин. Кассета механически извлекается из карусели и устанавливается в лентопротяжном механизме. В самом лентопротяжном механизме извлечение ленты из кассеты и зарядка ее осуществляются с помощью пневматической системы. На время за-

рядки ленты вакуумная направляющая блока вращающихся головок, экран звуковых головок и вакуумный ведущий вал опускаются под плату лентопротяжного механизма и автоматически приходят в исходное положение после того, как лента заполнит тракт лентопротяжного механизма.

Установка кассет, запись или воспроизведение, обратная перемотка и замена кассеты на другую производятся без участия оператора попеременно в тот или другой механизм по заранее заданной программе так, что выходной сигнал видеомagniофона при этом непрерывен и синхронен с источником опорного сигнала студийного синхрогенератора. Минимальная возможная длительность программы, записанной на отдельной кассете, составляет 10 с. Это время определяется длительностью процесса перезарядки кассеты в лентопротяжный механизм во время работы другого механизма. Поскольку в момент перехода с одной кассеты на другую необходимо перекрытие сигнала во времени, в составе видеомagniофона имеется двойное количество электронных блоков, необходимых для воспроизведения сигнала. Видеомagniофон снабжен устройством памяти, управляющим последовательностью смены и установки кассет. Программа смены вводится в память заранее и может корректироваться в процессе воспроизведения. При необходимости во

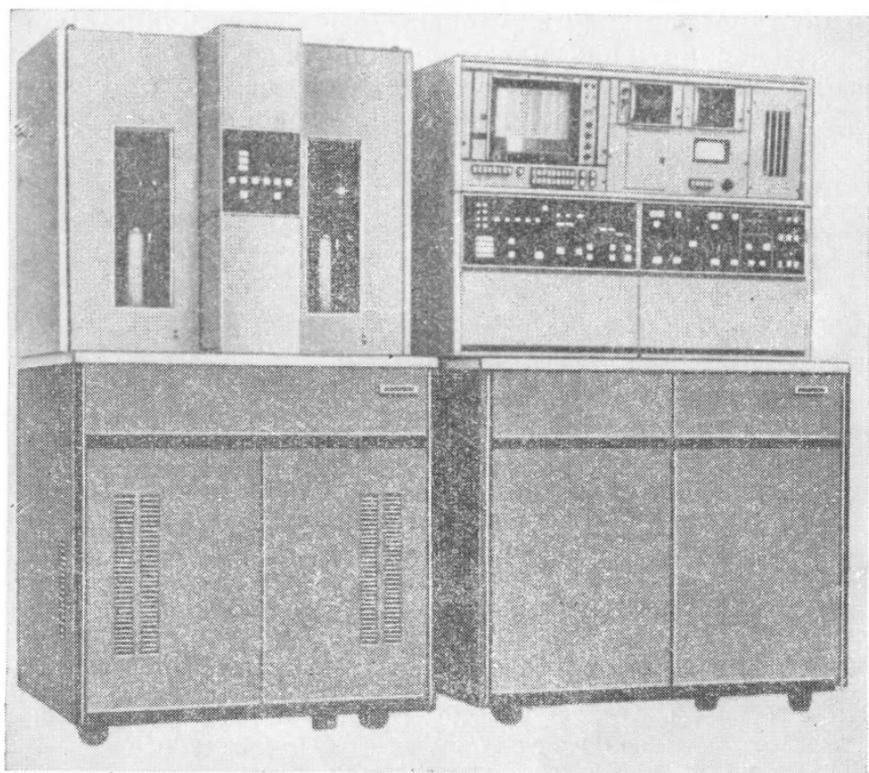


Рис. 7-13. Кассетный видеомagniофон ACR-25 (AMPEX) для автоматизированного телевизионного вещания.

время работы аппарата часть уже использованных кассет, находящихся в карусели, может быть заменена на новые. Общий объем памяти позволяет задать в него программу воспроизведения до 40 кассет общей продолжительностью до 4 ч (при скорости 39,7 см/с). Видеомагнитофон допускает также подключение его к централизованной электронно-вычислительной машине с большим объемом памяти. Управление видеомагнитофоном осуществляется с помощью временного управляющего кода, записанного на дорож-

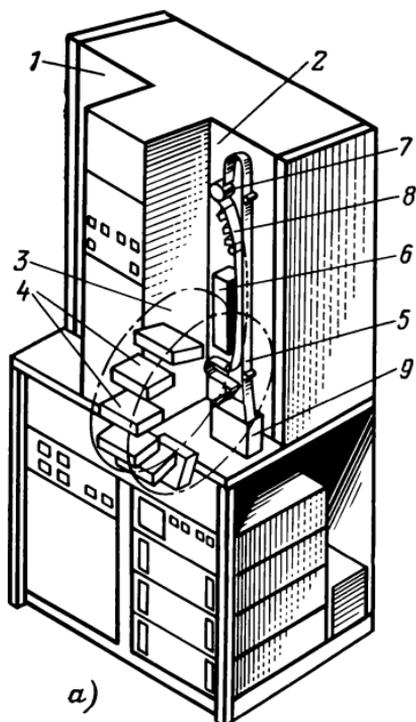
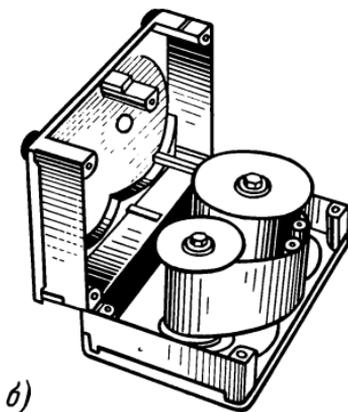
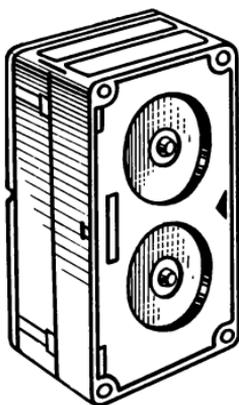


Рис. 7-14. Схематическое устройство (а) и кассета (б) видеомагнитофона АСR-25.

1 — первый лентопротяжный механизм; 2 — второй лентопротяжный механизм (со снятой крышкой); 3 — карусель с кассетами 4; 5 — магнитная лента; 6 — блок вращающихся головок; 7 — ведущий вал; 8 — звуковые магнитные головки; 9 — кассета в рабочем положении.



ке режиссерских пояснений. В этот код также может быть включена информация для автоматической регулировки основных параметров выходных сигналов изображения и звука — уровень сигнала, фаза сигнала цветности и уровень черного.

Кассетный четырехголовочный видеомагнитофон аналогового назначения типа TCR-100 фирмы RCA (США) служит для записи или воспроизведения программного материала длительностью от 10 с до 3 мин. Кассеты с лентой помещаются в контейнеры, которые укреплены на ленте транспортера. Всего на ней размещаются 22 кассеты. Видеомагнитофон снабжен двумя лентопротяжными механизмами, которые работают по очереди. В то время как один из них работает на запись или воспроизведение, второй подготавливается к работе. Все процессы, связанные с изъятием соответствующей кассеты из контейнера, доставкой ее к лентопротяжному механизму, зарядкой ленты в лентопротяжный механизм, включением нужного режима, перемоткой и доставкой кассеты в свой контейнер, автоматизированы. Мини ЭВМ, находящаяся в видеомагнитофоне, обеспечивает выдачу программ, составленную из последовательно воспроизводимых фрагментов, записанных на кассетах. Такая последовательность может включать в себя до девяти кассет. Качественные показатели этого аппарата точно такие же, как и у кассетного видеомагнитофона ACR-25, и соответствуют уровню современных четырехголовочных видеомагнитофонов для телевизионного вещания.

7-6. Тиражирование видеофонограмм

В практике применения видеомагнитофонов в телевизионном вещании часто возникает необходимость тиражирования оригинальной записи в нескольких экземплярах. Тиражирование осуществляется путем перезаписи с одного видеомагнитофона на один или несколько других. Для получения значительного количества копий необходимо использовать соответствующее число одновременно работающих видеомагнитофонов либо прибегать к многократной перезаписи, при которой получается вторая или даже третья копия. Кроме плохих экономических показателей, этот способ имеет еще и технические недостатки. Как известно, канал записи-воспроизведения вносит искажения и помехи в сигнал, несколько ухудшающие его качество по сравнению с исходным. Хотя величина этих искажений и незначительна, однако при повторной записи и воспроизведении они накапливаются и качество воспроизводимого сигнала заметно ухудшается. Так, например, если использовать для получения второй копии видеомагнитофоны с отношением сигнал/помеха 40 дБ и спадом частотной характеристики 3 дБ на частоте 6 МГц, то в полученной таким образом копии отношение сигнал/помеха будет составлять 35 дБ, а спад частотной характеристики достигнет 9 дБ. То же самое относится и к рассмотренным ранее мешающим сигналам, возникающим в канале частотной модуляции при воспроизведении и записи сигнала. В связи с этим к видеомагнитофонам, предназначенным для записи оригинала программы и ее копирования, предъявляются повышенные требования, особенно к параметру сигнал/шум. Некоторые виды искажений, возникающих при воспроизведении, как, например, временные, корректируются при воспроизведении и не накапливаются. Перезапись звукового сопровождения, как правило, выполняется с помощью синхронного

звукового магнитофона, записывающего звуковое сопровождение одновременно с записью оригинала и снабженного устройствами, позволяющими осуществить синхронное воспроизведение обоих сигналов. Это объясняется тем, что ширина дорожки канала звукового сопровождения в видеомагнитофоне сравнительно невелика, что ограничивает отношение сигнал/помеха звукового канала. Использование синхронного звукового магнитофона позволяет избежать ухудшения качества сигнала при перезаписи.

До недавнего времени перезапись являлась единственным способом тиражирования в магнитной видеозаписи. Однако в последнее время получает распространение контактное тиражирование. Предложены два способа тиражирования, а именно: магнитное копирование сигналограмм и термомагнитное копирование. Суть первого способа заключается в том, что оригинал, записанный на ленте с высокой коэрцитивной силой, приводится в плотное соприкосновение с размагниченной лентой, имеющей меньшую коэрцитивную силу, и подвергается воздействию переменного магнитного поля. При правильном выборе коэрцитивных сил обеих лент, а также напряженности магнитного поля вторая лента намагничивается полем ленты оригинала, т. е. становится точной ее копией. Лента-оригинал при этом практически не размагничивается, поэтому с нее можно делать большое количество копий. Скорость копирования может быть очень высокой, например часовая запись копируется за 5—10 мин. Полученная таким образом копия обеспечивает качество воспроизводимого изображения, практически идентичное тому, которое получается с лент, записанных обычным способом.

Примером такого устройства [82] является аппарат контактного тиражирования ADR-150 фирмы AMPEX, позволяющий получить одновременно до 5 копий часовой программы за 6 мин. Поскольку расположение дорожек записи на ленте-копии зеркально по отношению к оригиналу, то для изготовления последнего используется модифицированный видеомагнитофон, у которого расположение дорожек на ленте зеркально-симметричное. Скорость движения ленты в аппарате тиражирования составляет примерно 3,81 м/с, что и определяет выигрыш во времени копирования. Контактное копирование звуковых сигналов и сигнала управления вносит большие искажения, поэтому для этих сигналов используется обычная перезапись на высокой скорости, выполняемая непосредственно в процессе копирования сигнала изображения. В способе термомагнитного копирования обе ленты, оригинал и копия, в месте их соприкосновения нагреваются до температуры, соответствующей точке Кюри ленты-копии, которая затем намагничивается полем оригинала, записанного на ленте с высокой температурой Кюри. Лента-копия имеет низкую температуру Кюри, например лента с рабочим слоем из двуокиси хрома. В отличие от магнитного копирования при этом способе тиражирования могут копироваться как сигналы изображения, так и звуковые сигналы.

Наиболее затруднительным в обоих способах является получение хорошего контакта между лентами в месте копирования, без какого-либо зазора или проскальзывания. Для этого применяется система с вакуумными буферными устройствами (колодцами), позволяющими устранить влияние приемных и подающих катушек, и вакуумный ведущий вал, к которому присасываются обе ленты и около которого размещается источник возбуждающего поля (магнитного или теплого). В способе магнитного копирования для

Получения хорошего контакта применяется намотка лент оригинала и будущей копии, сложенных друг с другом рабочими слоями, на одну катушку или рулон.

7-7. Обмен программами и стандартизация аппаратуры

В настоящее время телевизионное вещание немыслимо без широкого обмена программами как между телецентрами внутри страны, так и между разными странами. Такой обмен производится либо путем прямой передачи программ по радиорелейным, кабельным или спутниковым линиям связи, либо путем обмена киноматериалами или видеофонограммами. Для сохранения высокого качества программ при обмене необходима унификация их основных параметров. В отличие от обмена кинофильмами, для которых практически во всех странах приняты единые нормы, для магнитной записи, как и для прямых передач, существенное значение имеет использование в различных странах разных телевизионных стандартов и систем цветного телевидения. Прямой обмен записанными на магнитную ленту программами возможен лишь между странами, имеющими одинаковые стандарты телевизионного вещания.

Выпускаемая в настоящее время аппаратура магнитной записи для телевизионного вещания выполняется в соответствии с рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК) [16], а рекомендации по обмену программами, принятые международными радиовещательными организациями (ОИРТ, МККР), опираются также на материалы МЭК. Во всех этих документах нашел свое отражение процесс развития магнитной видеозаписи, вследствие чего нормы на некоторые параметры учитывают использование до сих пор находящихся в эксплуатации видеомагнитофонов первых выпусков. Кроме того, некоторые из уже установленных параметров в настоящее время ограничивают качество воспроизводимого сигнала, и предполагается их пересмотр; это позволит улучшить основные качественные показатели воспроизводимого изображения и звукового сопровождения, снизить расход ленты и т. д.

Рассмотрим основные положения публикации № 347 МЭК, определяющей основные параметры видеомагнитофонов с поперечнострочной записью четырьмя вращающимися головками.

Магнитная лента. Во всех видеомагнитофонах указанного типа используется лента шириной $50,8 \begin{matrix} +0,00 \\ -0,01 \end{matrix}$ мм, толщиной около 38 мкм. Скорость движения ленты для всех стандартов определяется как

$$V = NJ,$$

где N — частота вращения диска с головками; J — шаг записи, т. е. расстояние, занимаемое на ленте четырьмя строчками записи.

Для стандартов телевизионного вещания 525 строк/60 полей частота вращения диска составляет 240 об/с, для стандартов 625 строк/50 полей — 250 об/с. Шаг записи для всех стандартов одинаков и равен для номинальной скорости $1,5875 \pm 0,0015$ мм, а для половинной скорости — вдвое меньше. Такой жесткий допуск на шаг записи, соответствующий допустимому отклонению средней скорости движения ленты на 0,1%, необходим для точного следования головок по строчкам записи при воспроизведении. С учетом при-

веденных значений номинальная скорость для стандарта 625 строк/50 полей составляет 39,6875 см/с, или округленно 39,7 см/с. Размеры и расположение дорожек записи приведены на рис. 2-6. Допуски на эти размеры определяют допустимые изменения ширины полюсных наконечников головок, а также их расположение относительно базового края ленты; допустимые торцевые биения вращающихся головок и неперпендикулярность плоскости вращения головок направлению движения ленты, приводящую к искривлению строчек записи сигнала изображения. Форма изгиба магнитной ленты в месте ее соприкосновения с направляющей вакуумной камерой и вращающимися головками определяется расположением блока вращающихся головок относительно направляющих элементов тракта лентопротяжного механизма и также задана в рекомендациях.

Радиус кривизны вакуумной направляющей и ее расположение относительно диска с вращающимися головками определяют длину строчки записи сигнала изображения. Рекомендациями установлен

радиус направляющей $26,248 \begin{matrix} +0,000 \\ -0,013 \end{matrix}$ мм. При толщине ленты

38 мк и изменении радиуса вращения рабочих поверхностей вращающихся головок от 26,304 до 26,236 мм такой радиус направляющей обеспечивает компенсацию износа головок в указанных пределах без изменения относительного положения диска и направляющей за счет соответствующего изменения растяжения ленты в месте ее контакта с головкой. Взаимное положение диска и камеры должно быть таким, чтобы расстояние между осью вращения диска и центром кривизны направляющей равнялось величине отклонения радиуса кривизны вакуумной направляющей от номинальной величины (26,248 мм).

Катушки для намотки магнитной ленты стандартизованы по своим размерам и точности выполнения. Для обмена рекомендовано несколько типоразмеров катушек емкостью от 20 до 2200 м ленты. Изготавливаемые в СССР катушки должны соответствовать ГОСТ [83].

Несущие частоты ЧМ-сигнала, соответствующие опорным уровням видеосигнала, определяют девиацию частоты и положение ее относительно границ полосы пропускания канала записи-воспроизведения. Нормы для несущих частот, использовавшиеся в первых моделях видеоманитофонов, не обеспечивали высокого качества изображения, особенно цветного. Применяемые в настоящее время нормы позволяют получить достаточно высокое качество цветного изображения, однако широкое использование перезаписи программ ограничивается некоторым увеличением уровня мешающих частот, проявляющихся на изображении в виде муара. Достигнутые в последнее время успехи в разработке и конструировании магнитных головок, а также значительное улучшение качества магнитных лент позволяют ожидать в ближайшем будущем пересмотра этих норм в сторону повышения несущей частоты и соответственно уменьшения уровня муара.

Предыскажения видеосигнала, используемые в канале записи перед модулятором, как уже указывалось выше, улучшают отношение сигнал/шум на выходе видеоманитофона благодаря подавлению высокочастотных составляющих шума при коррекции предыскажений на выходе демодулятора. Для неискаженной передачи сигнала

ла изображения характеристики цепи предскажений и коррекции должны взаимно дополнять друг друга с высокой степенью точности, поэтому характеристика коррекции также задается соответствующими рекомендациями. Обычный способ задания амплитудно-фазочастотной характеристики состоит в определении цепи, изменение импеданса которой соответствует требуемым характеристикам предскажений, или коррекции. Принято задавать предска-

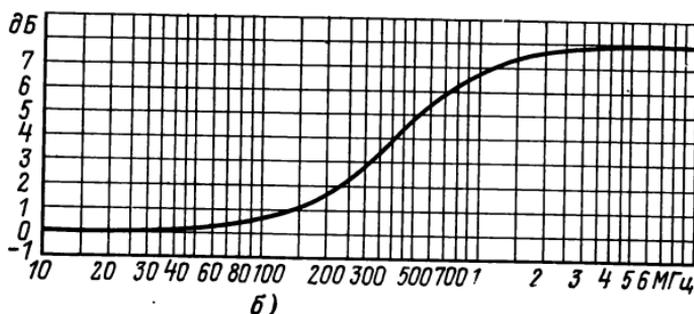
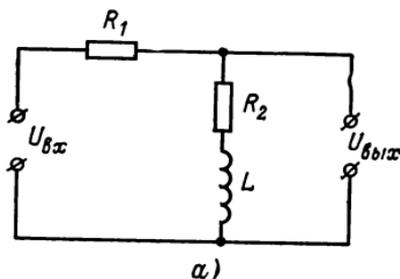


Рис. 7-15. Цепь, определяющая характеристику предскажений (а) и амплитудно-частотная характеристика ее импеданса (б):

$$\frac{u_{\text{вых}}}{u_{\text{вх}}} = \frac{j\omega\tau_2 + 1}{j\omega\tau_1 + 1} \frac{\tau_1}{\tau_2},$$

где

$$\tau_1 = \frac{L}{R_1 + R_2}; \quad \tau_2 = \frac{L}{R_2}.$$

жения через импеданс цепи (рис. 7-15,а), питаемой от источника с нулевым внутренним сопротивлением и высокоомной нагрузкой на выходе; постоянные времени этой цепи, равные $\tau_1=240$ нс и $\tau_2=600$ нс, заданы в рекомендации. Амплитудно-частотная характеристика импеданса этой цепи приведена на рис. 7-15,б.

Уровень записи звуковых сигналов определяет нелинейные искажения и относительный уровень помех при воспроизведении. Чем больше уровень записи или намагниченность носителя, тем меньше относительный уровень помех, однако тем больше нелинейные искажения сигнала. Обычно стараются достигнуть компромисса между этими двумя противоречивыми требованиями. Установленный в настоящее время максимальный уровень записи должен соответствовать потоку короткого замыкания ленты, равному 256 нВб/м. Ча-

стотные характеристики каналов воспроизведения звуковых сигналов также нормированы и должны соответствовать изменению импеданса цепи с постоянными времени $\tau_1=35$ мкс (рис. 7-16). Иногда для уменьшения влияния низкочастотных помех и фона применяют дополнительную коррекцию с постоянной времени $\tau_2=2000$ мкс (показана пунктиром на рис. 7-16).

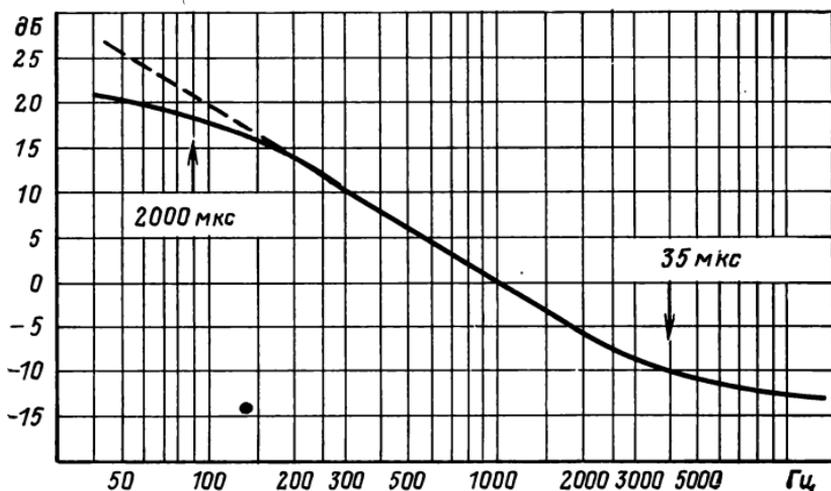


Рис. 7-16. Частотная характеристика канала воспроизведения звуковых сигналов с постоянной времени $\tau_1=35$ мкс и с дополнительной коррекцией по низким частотам ($\tau_2=2000$ мкс, показана пунктиром).

Уровень записи сигнала управления обычно устанавливается на границе насыщения магнитной ленты. Благодаря этому установка уровня записи легко может быть проведена без каких-либо вспомогательных измерений.

Фазирование сигнала управления по отношению к сигналу изображения необходимо для нормальной работы системы автоматического регулирования средней скорости движения ленты (САР-СЛ).

Монтажные импульсы, записываемые на дорожке управления, служат для определения места склейки при монтаже программы, а также для первоначального фазирования ведущего двигателя по отношению к двигателю диска головок в режиме внешней синхронизации видеомагнитофона со студийным синхрогенератором.

Фазирование монтажных импульсов по отношению к сигналу изображения и сигналу управления обеспечивает сохранение синхронизации видеомагнитофона по кадрам при воспроизведении программы, составленной из отдельных частей, а также правильное соединение отдельных отрезков ленты при их склейке.

Для удовлетворения этим требованиям монтажные импульсы с частотой 25 или 12,5 Гц (при записи цветных сигналов, кодированных по системе СЕКАМ или ПАЛ) должны располагаться в определенном соотношении с кадровыми синхримпульсами, записанными на дорожках записи видеосигнала, и сигналом управления.

Стандартизация аппаратуры магнитной видеозаписи с наклонно-строчной записью одной и двумя вращающимися головками находится в начальной стадии. Эта задача осложняется тем, что промышленностью различных стран уже выпущено большое количество видеомагнитофонов, отличающихся шириной и скоростью движения ленты и рядом других параметров. При разработке международных рекомендаций учитывается практический опыт, накопленный в процессе создания и эксплуатации видеомагнитофонов, и нормы, указанные в соответствующих рекомендациях, отражают в конечном итоге состояние аппаратуры и методики контроля этих норм на сегодняшний день. По мере совершенствования аппаратуры эти рекомендации постоянно дополняются и уточняются.

Глава восьмая

ВИДЕОМАГНИТОФОНЫ ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

8-1. Общие сведения

Замкнутые системы телевидения широко используются в промышленности, на транспорте, в медицине, в спорте и в сфере образования. Сочетание замкнутых телевизионных систем с видеомагнитофонами существенно расширило возможности этих систем и открыло новые области их применения. Примером может служить кинематография, в которой системы замкнутого телевидения стали использовать не только для вспомогательных, репетиционных целей, но и в основном технологическом процессе производства кинофильмов [84]. Суть его заключается в том, что на первом этапе — съемке кинофильма — используют телевизионные камеры и видеомагнитофон. После перевода изображения с магнитной ленты на киноленту применяют традиционный в кинематографии технологический процесс обработки ленты и печати кинофильмов.

Большой интерес проявляется к магнитной видеозаписи бытового назначения [85]. Формы использования видеомагнитофона в быту весьма разнообразны. Владелец видеомагнитофона может записывать телевизионные программы с приемника, а затем воспроизводить их в любое, удобное для себя время. Вместе с портативной телевизионной камерой видеомагнитофон может заменить кинокамеру со всеми преимуществами, свойственными магнитному способу записи. Но наибольшее распростра-

нение, если судить по опыту магнитной звукозаписи, найдут готовые программы, записанные на магнитной ленте, которые можно будет приобретать или брать напрокат.

В замкнутых телевизионных системах и любительской видеозаписи используют преимущественно двухголовочные видеомагнитофоны. Преимущества их сравнительно с одноголовочными видеомагнитофонами заключаются в более простом лентопротяжном механизме и воспроизведении сигнала без выпадения, неизбежного в видеомагнитофонах с одной вращающейся головкой.

Большинство моделей видеомагнитофонов выпускается с лентопротяжными механизмами, имеющими один или два электродвигателя. Они имеют только одну систему автоматического регулирования скорости диска (САР-СД) узла вращающихся головок. Двумя системами автоматического регулирования снабжаются только видеомагнитофоны профессионального назначения, в большинстве из которых предусматривается система электронного монтажа программ.

Наряду с катушечными видеомагнитофонами, в которых лента наматывается на катушки, в последние годы широкое распространение получают кассетные видеомагнитофоны. Магнитная лента в них помещается в специальную кассету, установка которой в видеомагнитофон предельно проста. Кассетные видеомагнитофоны получают распространение в самых различных замкнутых системах телевидения, включая любительскую видеозапись.

Характерным для всей этой группы видеомагнитофонов являются несколько пониженные качественные показатели, сравнительно с видеомагнитофонами для телевизионного вещания. Особенно это касается частотной характеристики по каналу изображения и временных параметров воспроизводимого изображения. Вместе с тем эта особенность дает возможность упростить конструкцию лентопротяжного механизма, уменьшить относительную скорость головка-лента и тем самым удешевить видеомагнитофон и уменьшить эксплуатационные расходы на его содержание. Успех распространения видеомагнитофонов такого типа, особенно бытового назначения, в конечном счете зависит от двух последних экономических факторов. При этом, конечно, видеомагнитофоны обязаны выполнять свои прямые функции, т. е. записывать и воспроизводить изображение и звук с приемлемым качеством, во всяком случае не худшим, чем другая аппа-

ратура аналогичного назначения, например узкоплечный кинематограф. Поэтому, несмотря на кажущуюся простоту этих видеомagneтофонов, задачи, стоящие при их создании, не менее сложные, чем в стационарных видеомagneтофонах для телевизионного вещания.

Развитие цветного телевизионного вещания поставило перед магнитной видеозаписью новые проблемы. Необходимость в видеомagneтофонах для записи сигналов цветного телевидения возникла не только в телевизионном вещании, но и для замкнутых телевизионных систем профессионального и бытового назначения. В четырехголовочных видеомagneтофонах для телевизионного вещания с этой целью была расширена полоса записываемых и воспроизводимых частот и повышена стабильность временного масштаба воспроизводимого сигнала. Все это было достигнуто путем усложнения аппаратуры, а следовательно, ее удорожания. В видеомagneтофонах замкнутых телевизионных систем возникают серьезные затруднения, связанные со свойственной им узкой полосой воспроизводимых частот и низкой временной стабильностью воспроизводимого сигнала. По экономическим соображениям эту задачу нельзя решить так же, как в четырехголовочных видеомagneтофонах, т. е. путем усложнения аппаратуры.

Предложено несколько способов преодоления этих затруднений. В первых образцах видеомagneтофонов, предназначенных для записи сигналов ПАЛ и NTSC, сигнал цветности демодулировался до получения цветоразностных сигналов I и Q или сигналов основных цветов R , G , B . Затем сигнал I и сигнал яркости записывались с помощью частотной модуляции в одном канале, а сигнал Q во втором [86]. В другом варианте [87] сигналы R , G , B записывались попеременно вместе с сигналом яркости в трех соседних строках изображения. При воспроизведении последовательные сигналы преобразовывались в одновременный с помощью линий задержек и коммутатора.

При работе с сигналами SECAM временные ошибки не оказывают существенного влияния на качество воспроизводимого изображения. Поэтому здесь при записи осуществляется только сужение спектров сигналов яркости и цветности и их соответствующее размещение в полосе записываемых частот. В частности, предлагалось записывать в одном канале ЧМ-сигнал яркости с несущей

шей частотой около 3—3,5 МГц и сигнал цветности на своей цветовой поднесущей [88]. Однако перечисленные методы не нашли широкого применения. Наибольшее распространение получил метод записи, при котором сигнал цветности без декодирования переносится в область нижних частот и записывается на ленту вместе с ЧМ-сигналом яркости. Во время записи ЧМ-сигнал играет роль высокочастотного подмагничивания, вследствие чего сохраняется линейность записанного сигнала цветности в области нижних записываемых частот. При таком

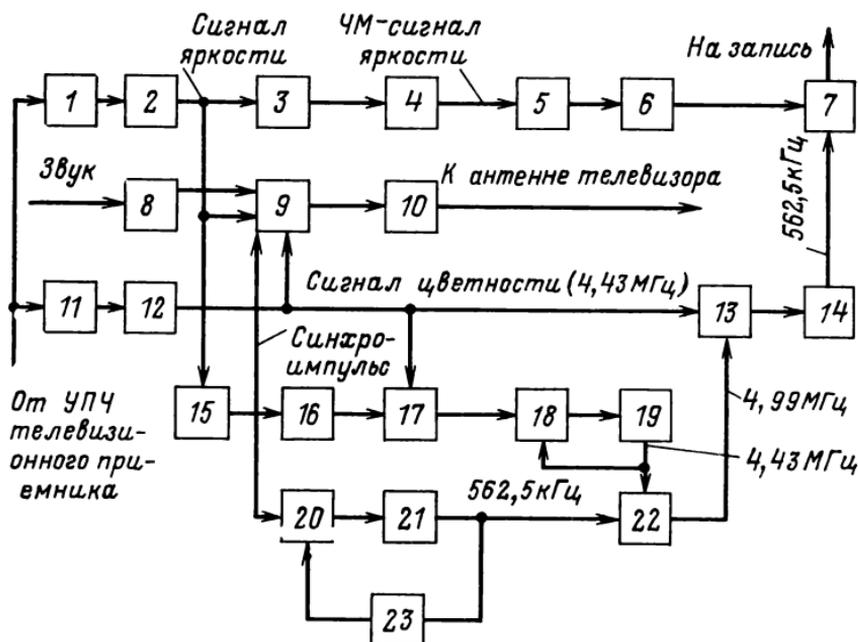


Рис. 8-1. Функциональная схема канала записи цветного сигнала.

1 — детектор сигнала яркости; 2 — ФНЧ сигнала яркости 0—3 МГц; 3 — цепь видеопредыскажений; 4 — ЧМ-модулятор; 5 — фазовый корректор; 6 — амплитудный ограничитель; 7 — усилитель записи; 8 — ЧМ-модулятор сигнала звукового сопровождения; 9 — сумматор; 10 — АМ-модулятор; 11 — детектор сигнала цветности; 12 — полосовой фильтр; 13 — смеситель; 14 — ФНЧ; 15 — селектор синхроимпульсов; 16 — формирователь стробирующих импульсов вспышки; 17 — схема стробирования вспышки; 18 — фазовый детектор; 19 — управляемый генератор частоты 4,43 МГц; 20 — фазовый детектор; 21 — управляемый генератор частоты 562,5 кГц; 22 — смеситель; 23 — делитель на 36.

методе легко удастся получить достаточно высокое отношение сигнал/шум в области сигнала цветности, а также снизить влияние неравномерности движения носителя на стабильность частоты цветовой поднесущей [89].

На рис. 8-1 показана функциональная схема, поясняющая процесс обработки видеосигнала при записи

в кассетном видеомагнитофоне N1500, разработанном фирмой ФИЛИПС. Этот видеомагнитофон предназначен для записи и воспроизведения сигналов системы ПАЛ, однако использованный метод записи может с успехом применяться и для работы с сигналами СЕКАМ.

На вход блока обработки поступает сигнал с выхода УПЧ телевизионного приемника. Необходимые узлы приемника имеются в самом видеомагнитофоне для уменьшения количества связей с телевизором, исполь-

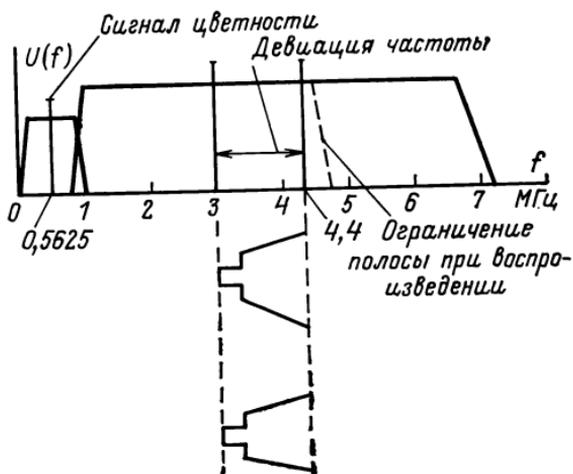


Рис. 8-2. Спектр записываемого сигнала.

зующимся в комплекте с видеомагнитофоном. Сигнал яркости выделяется детектором 1 и фильтром нижних частот 2 с полосой пропускания 3 МГц. Далее сигнал проходит через цепь видеопредыскажений 3, увеличивающую уровень высокочастотных составляющих, и поступает на ЧМ-модулятор 4. Спектр сигнала на выходе модулятора и в других точках тракта показан на рис. 8-2. ЧМ-сигнал проходит через фазовый корректор 5 и ограничитель 6 и поступает на усилитель записи 7.

Сигнал цветности выделяется отдельным детектором 11 и полосовым фильтром 12 и затем на смеситель подается колебание частотой 4,99 МГц. Новая поднесущая сигнала цветности равна 562,5 кГц. Колебание с частотой 4,99 МГц формируется следующим образом. Сначала с помощью фазовой автоподстройки частоты 18 и 19 формируется цветовая поднесущая 4,43 МГц. Управление частотой генератора осуществляется вспышками цве-

товой поднесущей, выделенными из сигнала цветности. Затем с помощью еще одной схемы фазовой автоподстройки частоты 20, 21 и 22 вырабатывается колебание с частотой 562,5 кГц, равной 36-й гармонике строчной частоты. Указанные колебания смешиваются в смесителе 22 и с помощью фильтра выделяется сигнал суммарной частоты 4,99 МГц.

При работе с сигналами СЕКАМ компоненты цветности гетеродинируются аналогичным образом. Частоты

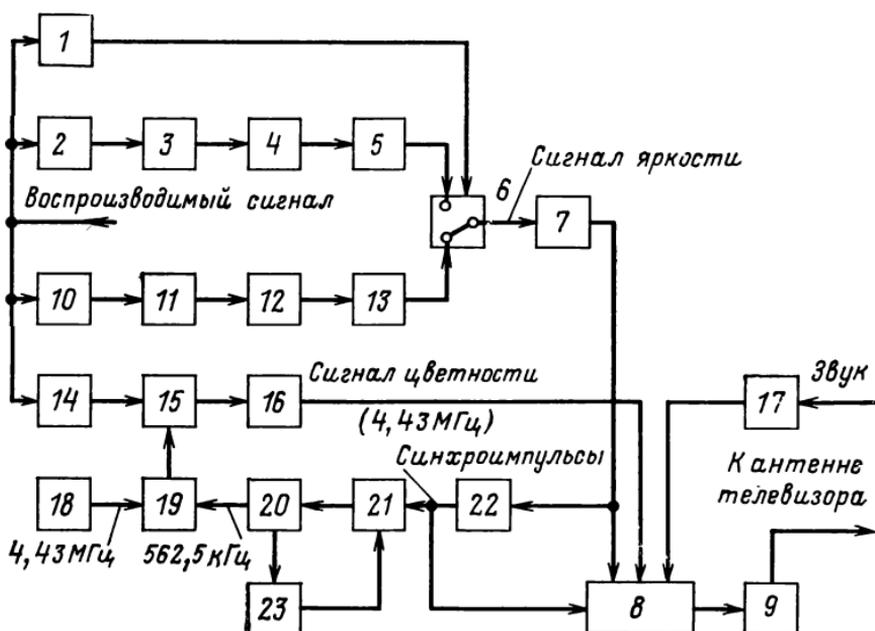


Рис. 8-3. Обработка воспроизводимого сигнала.

1 — детектор выпадений; 2 — полосовой усилитель и линия задержки на 64 мкс; 3 — амплитудный ограничитель; 4 — ЧМ-детектор; 5 — ФНЧ 0—3 МГц; 6 — коммутатор компенсатора выпадений; 7 — видеокорректор; 8 — сумматор; 9 — АМ-модулятор; 10 — ФВЧ; 11 — амплитудный ограничитель; 12 — ЧМ-детектор; 13 — ФНЧ 0—3 МГц; 14 — ФНЧ 0—1 МГц; 15 — смеситель; 16 — полосовой фильтр; 17 — ЧМ-модулятор; 18 — генератор частоты 4,43 МГц; 19 — смеситель; 20 — управляемый генератор частоты 562,5 кГц; 21 — фазовый детектор; 22 — селектор синхроимпульсов; 23 — делитель на 36.

немодулированных цветных поднесущих равны 594 и 750 кГц соответственно в строках с сигналом D_R и D_B .

Уровень сигнала цветности, поступающего на усилитель записи, выбирается меньшим, чем уровень ЧМ-сигнала яркости, на 25 дБ при работе с сигналами ПАЛ и на 22,5 дБ при работе с сигналами СЕКАМ. Для визуального контроля записываемого изображения сигналы яркости, цветности, синхроимпульсы и сигналы зву-

кового сопровождения суммируются и подаются на модулятор, где преобразуются в АМ-колебания с несущей частотой одного из каналов телевизионного приемника. Сигнал звукового сопровождения предварительно проходит через ЧМ-модулятор со стандартной несущей 5,5 МГц.

При воспроизведении (рис. 8-3) ЧМ-сигнал яркости выделяется фильтром верхних частот 10, ограничивается в блоке 11, поступает в детектор 12 и через коммутатор компенсатора выпадений 16 подается на видеокорректор 7. Здесь компенсируются предыскажения, внесенные в сигнал яркости перед записью. С выхода видеокорректора узкополосный сигнал яркости подается на сумматор 8.

Для компенсации выпадений используется сигнал яркости предыдущей строки. Он формируется дополнительным каналом детектирования ЧМ-сигнала яркости 2, 4 и 5, в котором установлена линия задержки 2 на 64 мкс.

Сигнал цветности, который воспроизводится на несущей частоте 562,5 кГц, выделяется фильтром нижних частот 14. Этот сигнал смешивается с частотой 4,99 МГц. Полосовым фильтром 16 из выходного сигнала смесителя 15 выделяется нижняя боковая полоса, которая представляет собой сигнал цветности на стандартной несущей 4,43 МГц. Сигнал цветности подается на сумматор 8, где складывается с сигналом яркости, синхрои́мпульсами и сигналом звукового сопровождения, предварительно преобразованным в ЧМ-колебание со стандартной несущей 5,5 МГц. Суммарный сигнал, как и в режиме записи, поступает на модулятор 9, выход которого предназначен для подключения к антенному входу телевизионного приемника.

Колебание с частотой 4,99 МГц формируется таким же образом, как и в режиме записи. Сигнал генератора частоты 4,43 МГц смешивается с колебанием частоты 562,5 кГц, полученным с помощью схемы фазовой автоподстройки частоты 20, 21 и 23 из строчных синхрои́мпульсов. Так как схема фазовой автоподстройки действует как умножитель частоты, то нестабильность частоты ее выходного сигнала 562,5 кГц оказывается такой же, как нестабильность несущей 562,5 кГц воспроизводимого сигнала цветности. Благодаря этому частота сигнала 4,99 МГц изменяется в такт с частотой воспроиз-

водимого сигнала цветности и цветовая поднесущая 4,43 МГц, полученная на выходе смесителя 15, оказывается достаточно стабильной для получения хорошего качества сигнала системы ПАЛ.

К настоящему времени во многих странах выпущено на рынок множество типов видеомагнитофонов различных конструкций, но очень близких друг к другу по основным электрическим параметрам. На видеомагнитофоны с наклонно-строчной записью не распространялись международные рекомендации или стандарты, в связи с этим каждый изготовитель выбирал параметры и основные размеры по своему усмотрению. В видеомагнитофонах применяют магнитную ленту шириной от 6,25 до 25,4 мм, они отличаются скоростью движения ленты и относительной скоростью между головкой и лентой. Отсутствие единых стандартов, несомненно, сдерживало развитие этой области магнитной видеозаписи. Стандартизация, проводимая в рамках МЭК, несомненно будет способствовать расширению применения видеомагнитофонов в системах замкнутого телевидения и особенно в системах бытового назначения.

8-2. Катушечные видеомагнитофоны

Катушечные видеомагнитофоны выпускаются многими фирмами капиталистических стран, среди которых ведущее место занимает японская фирма СОНИ, производящая несколько моделей катушечных видеомагнитофонов. Большинство японских видеомагнитофонов соответствуют национальному стандарту, принятому японской ассоциацией электронной промышленности [90].

Отечественная промышленность также выпускает несколько типов катушечных видеомагнитофонов.

Охватить все разнообразие выпускаемых катушечных видеомагнитофонов, естественно, не представляется возможным, поэтому ниже рассмотрено несколько наиболее характерных моделей этой группы видеомагнитофонов. Видеомагнитофоны можно разделить на две подгруппы, а именно: видеомагнитофоны компактные, переносные и видеомагнитофоны настольные, масса которых обычно не превышает 30—40 кг. Портативные видеомагнитофоны часто используются для записи телевизионных репортажей и заменяют киносъёмочную аппаратуру. Настольные видеомагнитофоны обычно наделены многими функциями, например снабжены электронным мон-

тажом программ, устройством для наблюдения остан-
 вленного изображения и замедленного воспроизведения.

Видеомагнитофон «Электроника-501-видео» (СССР) предназначен для записи черно-белых телевизионных изображений с телевизионной камеры или приемника и воспроизведения их на экране телевизионного приемника [91]. В комплект «Электроника-501-видео» входят двухголовочный портативный видеомагнитофон, портативная телевизионная камера и выносной блок питания для зарядки аккумуляторной батареи видеомагнитофона и питания комплекта от сети переменного тока. Технические данные видеомагнитофона приведены в табл. 8-1, а его внешний вид — на рис. 8-4.

Таблица 8-1

Основные параметры катушечных двухголовочных видеомагнитофонов

Технические характеристики	«Электроника-501-видео», СССР	ВК-1/2, СССР	VTS-110, АКАИ, Япония	AV-3400, СОНИ, Япония	EV-320SE, СОНИ, Япония
Ширина ленты, мм	12,7	12,7	6,25	12,7	25,4
Скорость ленты, см/с	16,32	9,53	23,85	19,05	17,88
Четкость воспроизводимого изображения (линий)	250	200	200	300	Черно-белое 330 Цветное 250
Отношение сигнал/шум канала изображения, дБ	40	40	40	40	40
Количество звуковых каналов	1	1	1	1	2
Полоса частот звукового канала, Гц	100—10 000	63—10 000	100—10 000	100—10 000	50—12 000
Отношение сигнал/шум звукового канала, дБ	40	40	38	40	40
Питание	Батарея/сеть	Батарея/сеть	Батарея/сеть	Батарей	Сеть
Габариты, мм	280×309× ×162	370×370× ×210	255×112× ×263	280×157× ×297	478×283× ×487
Масса, кг	9	18*	5	8,5	44

* Масса узла записи 7,5 кг.

Структурная схема канала изображения видеомагнитофона типична для аппаратуры подобного назначения (рис. 8-5). Во входной части канала видеосигнал подвергается предварительной обработке перед записью. Он ограничивается фильтром нижних частот 2 с полосой среза 3 МГц; системой АРУ 4 стабилизируется амплитуда его размаха; схемой фиксации 5 поддерживается постоянство уровня черного; создается подъем частотной характеристики в области высоких частот схемой предкоррекции 6 и, наконец, во избежание пере-

модуляции сигнал ограничивается ограничителем 7 по уровню белого. Далее следует модулятор 8, представляющий собой управляемый симметричный мультивибратор. В ЧМ-канале уровню белого соответствует мгновенная частота 4,4 МГц, а уровню вершин синхроимпульсов — частота 3,0 МГц.

С выхода усилителя записи 9 ЧМ-сигнал через контактный токосъемник поступает на магнитные головки

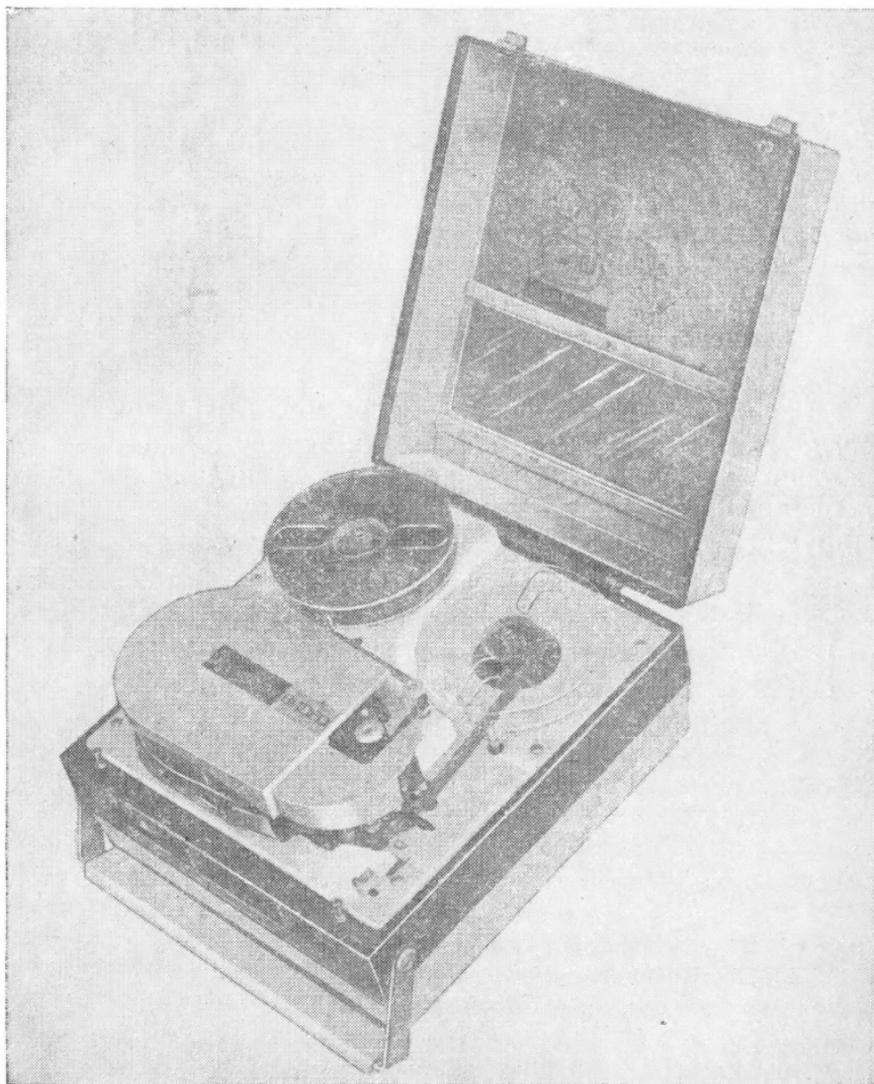


Рис. 8-4. Видеоманитофон «Электроника-501-видео».

видеозаписи 10 и 11, обмотки которых в режиме записи включены последовательно. Параметры видеомагнитофона обеспечиваются на магнитной ленте с рабочим слоем из двуокиси хрома. Сигналограмма видеомагнитофона приведена на рис. 1-8, а ее размеры — в табл. 8-2.

Таблица 8-2

Размеры сигналограммы катушечных видеомагнитофонов
(рис. 1-8 и 8-8)

Номинальные размеры, мм	«Электроника-501-видео»*	ВК-1/2	VTС-110
<i>A</i> —ширина ленты	12,7	12,7	6,25
<i>B</i> —дорожка записи сигнала управления	0,8	1,1	0,35
<i>B</i> —дорожка записи звука	1,0	1,1	0,35
<i>Г</i> —дорожка записи видеосигнала	0,1	0,12	0,15
<i>Д</i> —промежуток между дорожками видеосигнала	0,04	0,034	0,043
α —угол наклона дорожек записи видеосигнала к краю ленты	$3^{\circ}11'$	$2^{\circ}22'$	$2^{\circ}19'$

В режиме воспроизведения обмотки головок через согласующие трансформаторы подключены к входам предварительных усилителей 12 и 13, сигналы которых поочередно поступают на суммирующее устройство, формирующее непрерывный ЧМ-сигнал. Импульсы, управ-

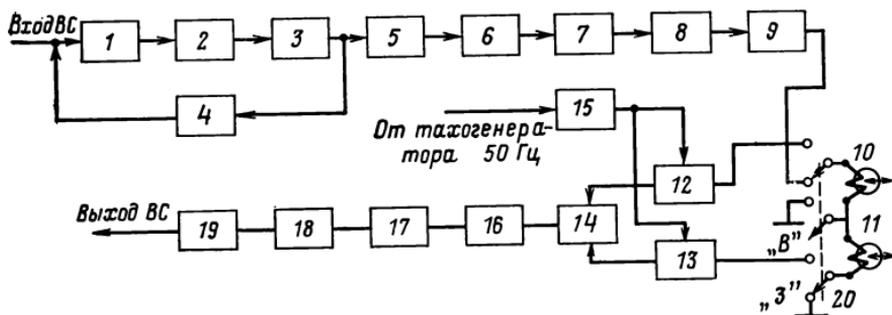


Рис. 8-5. Структурная схема канала записи и воспроизведения изображения видеомагнитофона «Электроника-501-видео».

1 — линейный усилитель; 2 — фильтр нижних частот; 3 — линейный усилитель; 4 — АРУ; 5 — схема фиксации уровня черного; 6 — предкоррекция (подъем верхних частот); 7 — ограничитель уровня белого; 8 — модулятор; 9 — усилитель записи; 10, 11 — магнитные головки записи-воспроизведения видеосигнала; 12, 13 — усилители воспроизведения; 14 — суммирующее устройство; 15 — электронный коммутатор; 16 — линейный усилитель; 17 — амплитудный ограничитель; 18 — демодулятор; 19 — выходной усилитель; 20 — переключатель записи-воспроизведения.

ляющие переключением предварительных усилителей, формируются в электронном коммутаторе 15 из сигнала датчика оборотов частотой 50 Гц, связанного механически с валом основного электродвигателя. После амплитудного ограничителя 17 ЧМ-сигнал поступает в демодулятор 18, после которого — на выходной усилитель 19. В видеомагнитофоне предусмотрен контроль изображения во время его записи на телевизоре, с которого это изображение записывается.

Привод лентопротяжного механизма осуществляется от основного электродвигателя, с одним из концов вала которого жестко связан диск узла вращающихся головок. Второй конец вала через ременные передачи связан с подающими и приемными узлами механизма и ведущим узлом. Ведущий узел видеомагнитофона ременной передачей связан также со вторым вспомогательным электродвигателем, который используется только в режиме воспроизведения. На валу основного двигателя установлены два тахогенератора, формирующие сигналы с частотами 50 и 15 625 Гц, и датчик оборотов (25 Гц). Эти сигналы поступают в систему автоматического регулирования, а также служат для синхронизации телевизионной камеры.

Структурная схема САР видеомагнитофона приведена на рис. 8-6. При записи изображения с телевизионной камеры в системе регулирования формируются импульсы синхронизации кадровой и строчной разверток, источником которых являются тахогенераторы 7 и 8. Эти импульсы формируются формирователями 4 и 13 и поступают на синхронизацию разверток телевизионной камеры. Двигатель постоянного тока 10 узла вращающихся головок питается через управляемый привод 15, на вход которого поступает сигнал ошибки, сформированный компаратором 17. Сигнал с тахогенератора частотой $f_{стр}$ через делитель частоты 14 поступает на опорный генератор 16, являющийся ждущим мультивибратором, и на вход компаратора 17. На другой вход компаратора поступают сигналы с делителя частоты 14. В этом режиме компаратор 17 работает как частотный дискриминатор и система регулирования стабилизирует частоту вращения двигателя головок. Лента приводится в движение ведущим валом 11, связанным ременной передачей с валом основного двигателя 10. В канале управления записываются кадровые импульсы частотой 25 Гц.

Они формируются из видеосигнала телекамеры, поступающего на опорный селектор 1, где выделяются импульсы полей 50 Гц, частота следования которых снижается в 2 раза ждущим мультивибратором 2. Синхронизация мультивибратора производится сигналом датчика оборотов 9 частотой 25 Гц.

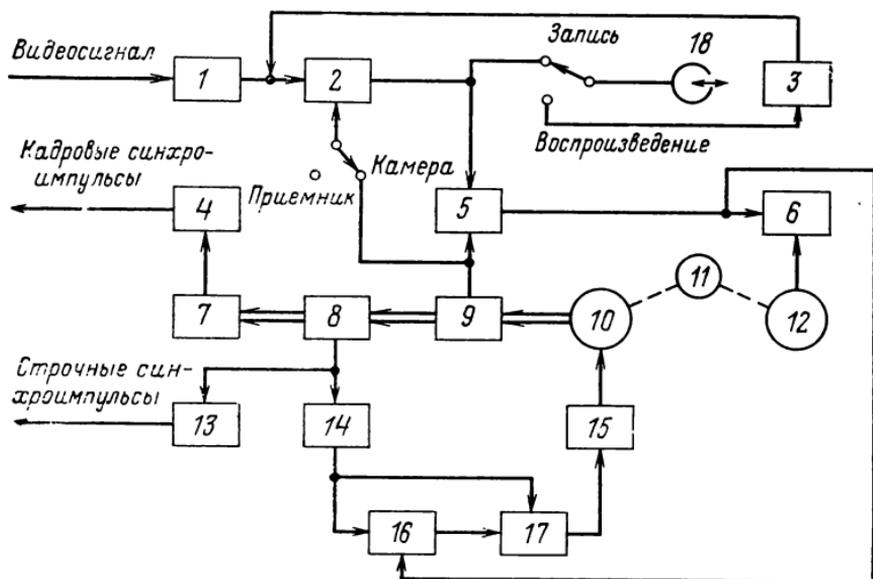


Рис. 8-6. Структурная схема САР видеоманитфона «Электроника-501-видео».

1 — опорный селектор; 2 — мультивибратор; 3 — усилитель воспроизведения; 4, 13 — формирователи кадровых и строчных синхроимпульсов; 5 — фазовый дискриминатор; 6 — балансный усилитель мощности; 7, 8 — тахогенераторы импульсов $f_{стр}$ и F_k (50 Гц); 9 — датчик оборотов двигателя; 10 — основной двигатель; 11 — ведущий вал; 12 — вспомогательный двигатель; 14 — делитель частоты на два; 15 — привод двигателя; 16 — опорный генератор; 17 — компенсатор; 18 — универсальная головка канала управления.

При записи с телевизионного приемника видеосигнал поступает также на опорный селектор 1 и цепь записи управляющего сигнала 25 Гц остается прежней, однако сигнал для синхронизации мультивибратора 2 на него не поступает. Режим работы системы САР изменяется, она осуществляет теперь фазовую автоподстройку частоты вращения двигателя головок по опорному сигналу. Фазовый дискриминатор 5 кадровых импульсов сравнивает по фазе сигналы датчика оборотов 9 с опорными импульсами мультивибратора 2 и, управляя длительностью импульсов опорного генератора 16, фазирует нуж-

ным образом основной двигатель. В режиме воспроизведения САР работает в автономном режиме так же, как при записи изображения с камеры. Однако здесь включается дополнительная цепь регулирования: фазовый дискриминатор 5 работает от ждущего мультивибратора 2, который запускается кадровыми импульсами, производимыми с ленты, и датчика оборотов 9. Напряжение сигнала ошибки с фазового дискриминатора 5 поступает на опорный генератор 16, изменяя в небольших пределах длительность его выходных импульсов. Это приводит к изменению скорости вращения основного двигателя 10, которая подстраивается под скорость движения ленты. Если фазовое рассогласование между кадровыми импульсами с мультивибратора 2 и датчика оборотов 9 большое, то частота вращения вспомогательного двигателя 12, работающего через балансный усилитель мощности, изменяется. Так как вал вспомогательного двигателя 12 связан ременной передачей с ведущим валом 11, то происходит изменение скорости движения ленты, направленное на уменьшение фазового рассогласования между кадровыми импульсами (ленты и датчика оборотов), и вращающаяся головка оказывается совмещенной со строчкой записи видеосигнала.

Видеомагнитофон ВК-1/2 (СССР) отличается оригинальной конструкцией [92]. Он состоит из воспроизводящей части и съемного узла записи (ВК-1), объединенных в одном корпусе. В таком виде аппарат представляет собой настольный видеомагнитофон для записи и воспроизведения телевизионных изображений. Этот комплект питается от сети и имеет технические данные, помещенные в табл. 8-1.

Съемный узел записи может использоваться самостоятельно в качестве портативного видеомагнитофона, работающего от малогабаритной камеры с автономным питанием от аккумуляторов. Масса узла записи ВК-1 составляет 7,5 кг. Вторая особенность видеомагнитофона состоит в том, что он записывает только одно поле телевизионного изображения. Записывает одна из двух головок, размещенных на диске узла вращающихся головок. Чересстрочная структура изображения восстанавливается воспроизведением каждого записанного телевизионного поля дважды. Вторая головка воспроизводит его со сдвигом на $1/2$ телевизионной строки, необходимым для формирования чересстрочной структуры вос-

производимого изображения. Для получения временного сдвига вторая головка на диске смещена относительно первой не на угол 180° , как в обычных двухголовочных видеомагнитофонах, а на несколько больший угол ($181^\circ 26'$). Этот способ записи позволяет вдвое уменьшить скорость магнитной ленты и соответственно ее расход на час записи. Естественно, что запись только одного поля снижает четкость изображения по вертикали, но, так как четкость по горизонтали также ограничена, субъективное восприятие воспроизводимого изображения не ухудшается.

Все функции в лентопротяжном механизме, в том числе и привод диска в узле вращающихся головок, выполняет один электродвигатель. Однако двигателей в аппарате два: один из них — синхронный — осуществляет привод механизма при питании видеомагнитофона от сети, т. е. в стационарных условиях; второй — двигатель постоянного тока — сцепляется с механизмом, когда он используется в качестве съемного узла записи.

В видеомагнитофоне применена простая система автоматического регулирования положения диска головок, которая устанавливает его так, что запись каждой строчки начинается с кадровой группы видеосигнала. В узле записи ВК-1 имеется датчик, сигнал от которого поступает на схему развертки малогабаритной телевизионной камеры для синхронизации ее в режиме записи с вращением диска головок. Такой принцип позволил упростить схему камеры и уменьшить потребление от источников постоянного тока. На входе канала изображения видеосигнал ограничивается частотой 2,2 МГц. Перед модулятором осуществляется предкоррекция сигнала на 12 дБ на частоте 2 МГц, а после демодулятора воспроизводимый сигнал соответствующим образом корректируется. В видеомагнитофоне принята следующая расстановка частот модуляции: уровню вершин синхрипульсов соответствует мгновенная частота 2,1 МГц, а уровню белого — 3,4 МГц. Сигналограмма приведена на рис. 1-8, а ее размеры в табл. 8-2.

Видеомагнитофон VTS-110 японской фирмы АКАИ (рис. 8-7) представляет собой наиболее компактный, с наименьшей массой, переносный видеомагнитофон из всех известных для записи сигналов черно-белого телевидения. В комплекте с портативной телевизионной камерой и внутренним источником питания масса его со-

ставляет всего лишь 6,9 кг. Такой видеомэагнитофон вполне может конкурировать с любительской кинокамерой по компактности и удобству применения. В видеомэагнитофоне использована двухголовочная магнитная видеозапись на ленте шириной 6,25 мм, чем и объясняется портативность этого видеомэагнитофона.

На рис. 8-8 приведена сигналограмма, принятая для этой и других моделей видеомэагнитофонов, выпускаемых этой фирмой, а в табл. 8-2 даны ее размеры. Нижний край ленты занят дорожкой записи звукового кана-



Рис. 8-7. Комплект видеомэагнитофона VTS-110 (АКАИ, Япония).

ла, а верхний — дорожкой записи канала управления, среднюю часть занимают дорожки записи с видеосигналом. В канале изображения использован модуляционный способ записи с довольно низкими мгновенными частотами модуляции, а именно: уровню синхроимпульсов соответствует частота 2 МГц, а уровню белого — 3,3 МГц.

В лентопротяжном механизме применяется один бесконтактный электродвигатель постоянного тока. Второй двигатель служит для привода узла вращающихся го-

ловок. Основные параметры видеомэгнитофона приведены в табл. 8-1.

Видеомэгнитофон AV-3400 и предшествующая ему модель DVR-2400 японской фирмы СОНИ относится к группе компактных переносных видеомэгнитофонов (рис. 8-9). Основные параметры видеомэгнитофона приведены в табл. 8-1. Вместе с камерой масса комплекта составляет 11,1 кг.

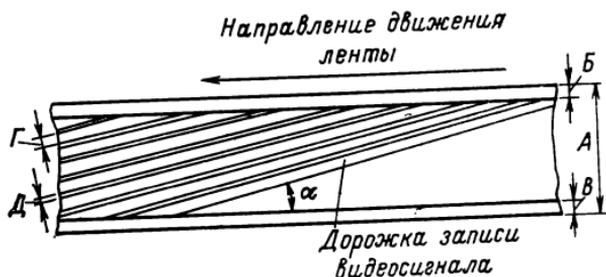


Рис. 8-8. Сигналограмма видеомэгнитофона VTS-110.

А, Б, В, Г, Д — ширина и угол α наклона дорожек записи видеосигнала (см. табл. 8-2).

Видеомэгнитофон EV-320SE японской фирмы СОНИ является примером аппаратуры для замкнутых систем телевидения профессионального применения (рис. 8-10). Он имеет основные электрические параметры (табл. 8-1), немногим превышающие параметры ранее рассмотренных видеомэгнитофонов, но отличается более широкими эксплуатационными возможностями. Видеомэгнитофон снабжен системой электронного монтажа с обычными для этого вида монтажа режимами «вставка» и «продолжение». Стирание дорожек записи в этом режиме работы осуществляют двумя стирающими головками, помещенными на диск узла вращающихся головок. В нем предусмотрена возможность замедленного воспроизведения изображения со скоростью менее чем $1/5$ нормальной скорости, а также воспроизведения остановленного изображения («стоп-кадр»). Отличительной особенностью видеомэгнитофона является также наличие двух звуковых каналов. Дорожки записи первого звукового канала размещены по нижнему краю ленты выше дорожки записи канала управления. Вторая дорожка записи помещена по верхнему краю ленты.

Канал изображения выполнен по обычным принципам. Мгновенные частоты ЧМ-сигнала, соответствующие

уровню белого — 5,2 МГц, а уровню вершин синхроимпульсов — 3,5 МГц.

Видеомагнитофон имеет две системы автоматического регулирования — узла вращающихся головок и скорости ленты. Узел вращающихся головок приводится во вращение от отдельного электродвигателя через ременную передачу. Исполнительным механизмом системы автоматического регулирования этого узла является



Рис. 8-9. Комплект видеомагнитофона AV-3400 (СОНИ, Япония).

электромагнитный тормоз на валу диска головок. Привод ведущего узла осуществляется через ременную передачу от второго гистерезисного электродвигателя, который фрикционной передачей связан с подающим и приемным узлами. Скорость движения ленты регулируется третьим электродвигателем, связанным также ременной передачей с ведущим узлом. Он питается от второй системы автоматического регулирования и служит для ускорения или замедления частоты вращения ведущего узла в зависимости от величины и знака поступающего на систему сигнала ошибки.

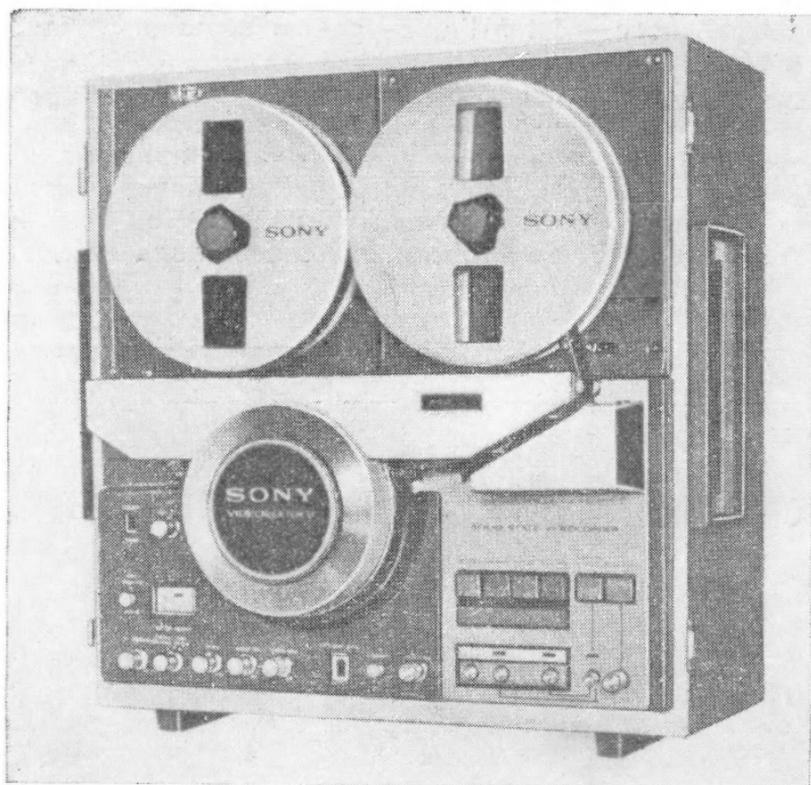


Рис. 8-10. Видеомагнитофон EV-320CE (СОНИ, Япония).

8-3. Кассетные видеомагнитофоны

Кассетные видеомагнитофоны представляют собой наиболее перспективный тип видеомагнитофонов для разнообразных применений в системах замкнутого телевидения и любительской видеозаписи. Они завоевали уже признание, и практически все вновь выпускаемые видеомагнитофоны имеют кассетную зарядку. В наиболее распространенных двухголовочных видеомагнитофонах используются три типа кассет: две из них — двухкатушечные, т. е. содержат в корпусе кассеты подающую и приемную катушки, а третья — однокатушечная, только с подающей катушкой.

В кассетах с коаксиальным расположением катушек одной под другой лента сматывается с нижней подающей катушки и наматывается на верхнюю приемную. Схема зарядки видеомагнитофона этим типом кассеты

показана на рис. 8-11. При установке кассеты в видеомэагнитофон направляющие стойки 3 на заряжающем диске 2 проникают в прорезь кассеты для захвата магнитной ленты, а во вторую прорезь — ведущий вал 7 видеомэагнитофона. Вращением заряжающего диска петля

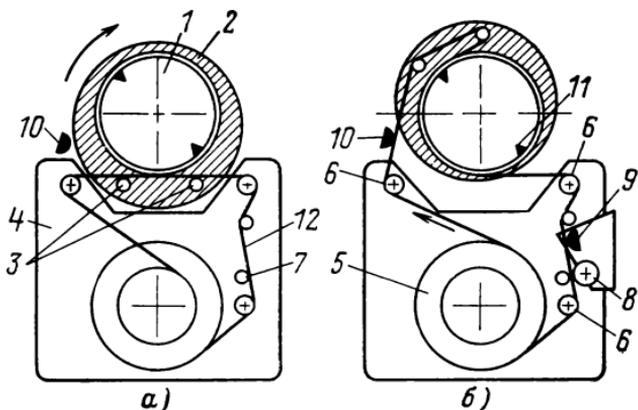


Рис. 8-11. Схема зарядки кассетного видеомэагнитофона с расположением катушек одна над другой.

a — кассета установлена в аппарат; *b* — аппарат заряжен; 1 — барабан блока вращающихся головок; 2 — заряжающий диск; 3 — направляющие стойки; 4 — кассета; 5 — подающая и приемная катушки; 6 — направляющие ролики; 7 — ведущий вал; 8 — прижимной ролик; 9 — универсальная головка; 10 — стирающая головка; 11 — головка видеозаписи; 12 — магнитная лента.

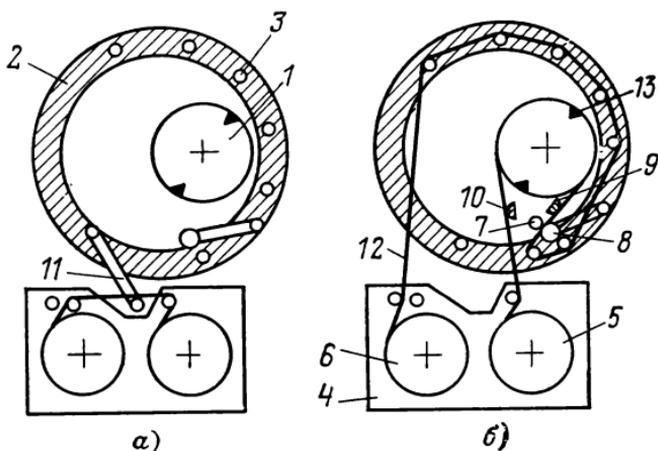


Рис. 8-12. Схема зарядки кассетного видеомэагнитофона с горизонтальным расположением катушек.

a — кассета установлена в аппарате; *b* — аппарат заряжен; 1 — барабан блока вращающихся головок; 2 — заряжающее кольцо; 3 — направляющие стойки; 4 — кассета; 5, 6 — подающая и приемная катушки; 7 — ведущий вал; 8 — прижимной ролик; 9 — универсальная головка; 10 — стирающая головка; 11 — рычаг для зарядки; 12 — магнитная лента; 13 — магнитные головки.

ленты 12 извлекается из кассеты и укладывается на направляющий барабан 1 узла вращающихся головок 11. Весь цикл зарядки завершается поворотом заряжающего диска по часовой стрелке на 160° . Одновременно через боковое окно в кассете к ленте подводятся прижимной ролик 8 и универсальная головка 9 звукового канала и канала управления. Простая конфигурация тракта

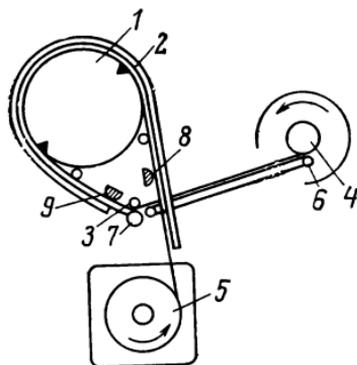


Рис. 8-13. Схема зарядки кассетного видеомэгнитофона с однокатушечной кассетой.

1 — барабан блока вращающихся головок; 2, 6 — направляющие для ракорда; 3 — ведущий вал; 4 — приемная катушка; 5 — кассета; 7 — прижимной ролик; 8, 9 — стирающие и универсальные головки.

на 350° по часовой стрелке. Одновременно лента приводится в соприкосновение с головкой универсальной 9, с головкой стирания 10 и подводится к ведущему валу 7, к которому она прижимается роликом 8, находящимся на заряжающем кольце. Конфигурация тракта лентопротяжного механизма имеет более сложную форму, чем тракт с первой кассетой. Направляющие стойки создают большую нагрузку на магнитную ленту, особенно в режимах ускоренных перемоток ее вперед и назад. Поэтому для ускоренных перемоток лента снимается с барабана и перематывается с катушки на катушку.

Однокатушечная кассета содержит только подающую катушку, а приемная остается на аппарате. Начало и конец ленты, намотанной на катушку, прикреплены к жесткому ракорду из полиэфирной ленты толщиной около 0,2 мм. Процесс зарядки видеомэгнитофона про-

лентопротяжного механизма с этой кассетой допускает перемотку ленты без снятия с направляющего барабана.

Во втором типе кассеты подающая 5 и приемная 6 катушки расположены рядом друг с другом в одной плоскости (рис. 8-12). Лента 12 извлекается из кассеты рычагом с пальцем 11, который входит в прорезь кассеты при установке ее на видеомэгнитофон. Во время вращения заряжающего кольца 2, на котором укреплен рычаг, петля ленты укладывается на направляющие стойки 3 и барабан 1 узла вращающихся головок 13. Процесс зарядки завершается при повороте заряжающего кольца

исходит автоматически. После установки кассеты на видеомэагнитофон и включения соответствующей кнопки подающая катушка делает несколько оборотов, выталкивая из кассеты 5 жесткий ракорд, который скользит по специальным направляющим 2, имеющимся на лентопротяжном механизме (рис. 8-13). Ракорд огибает барабан 1 узла вращающихся головок и направляется на катушку 4 приемного узла, где его конец закрепляется. Приемная катушка делает несколько оборотов и процесс зарядки заканчивается. Кассеты такого же типа применяются в одоголовочных видеомэагнитофонах. Принцип зарядки в них сохраняется тот же с той лишь разницей, что ракорд охватывает барабан узла вращающихся головок на 360° .

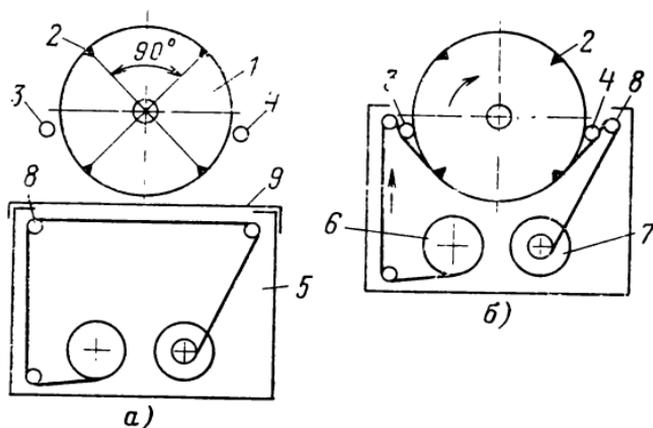


Рис. 8-14. Схема зарядки кассетного видеомэагнитофона SELECTOVISION MAGTAPE.

a — положение до установки; *б* — заряженный видеомэагнитофон; 1 — барабан блока вращающихся головок; 2 — головки видеозаписи; 3 — толкающий вал; 4 — ведущий (тянущий) вал; 5 — кассета; 6 — подающая катушка; 7 — приемная катушка; 8 — направляющие ролики.

Кроме рассмотренных выше кассет предложено еще несколько конструкций. Например, фирмой RCA в видеомэагнитофоне SELECTOVISION MAGTAPE применен отличный от всех наклонно-строчный способ записи четырьмя вращающимися головками. Лента охватывает направляющий барабан на угол немногим более 90° (рис. 8-14). Этот способ упростил не только процесс зарядки ленты, но и саму кассету.

Крупным шагом вперед в развитии видеомэагнитофонов широкого применения является стандартизация кас-

сетных видеоманитофонов. Стандартизация преследует цель создания условий взаимозаменяемости видеофонограмм кассетных видеоманитофонов, необходимой для широкого выпуска готовых программ в промышленных масштабах. В основу рекомендации МЭК [93] легла кассета с катушками, расположенными одна над другой (см. рис. 8-11). Этим документом нормализуются все параметры, влияющие на взаимозаменяемость видеофонограмм, в том числе конструктивные особенности и размеры кассеты: сигналограмма, физико-механические и магнитные свойства ленты; механические нагрузки, которым она подвергается в аппарате, продольная ско-

Таблица 8-3

Основные характеристики кассетных видеоманитофонов

Технические характеристики	N1500, ФИЛИПС, Голландия	VO-1601, СОНИ, Япония	LVR-7100, БАСФ, ФРГ
Способ записи	Двухголо- вочный	Двухголо- вочный	Продольная запись не- подвижной головкой
Ширина ленты, мм	12,7	12,7	6,25
Скорость ленты, см/с	14,29	9,53	300
Относительная скорость	8,2	10,27	—
Полоса частот канала изо- бражения, МГц	2,7	3,0	3,0
Четкость воспроизведения линий:			
черно-белое	—	300	—
цветное	—	240	—
Отношение сигнал/шум ка- нала изображения, дБ	40	40	40
Количество звуковых кана- лов	2	2	2
Полоса частот звукового ка- нала, Гц	120—12 000	90—10 000	—
Отношение сигнал/шум зву- кового канала, дБ	40	42	—
Питание	Сеть	Сеть	Сеть
Габариты, мм	560×160× ×335	616×205× ×465	
Масса, кг	17	27	—
Габариты кассеты, мм	126×145× ×41	221×32× ×140	118×110× ×16
Масса кассеты, кг	0,37	0,58	0,14
Расход ленты на один час записи-воспроизведения, м ² /ч	6,53	6,52	2,4

рость ленты и относительная скорость, а также характеристика канала записи изображения. При этом нормализуются как характеристики канала записи черно-белого изображения, так и цветного для систем ПАЛ и СЕКАМ.

Кассетный видеомagnитoфон N1500 и его последующая модификация N1520 (ФИЛИПС), выполнены в соответствии с указанной выше рекомендацией. Технические данные видеомagnитoфона приведены в табл. 8-3, а его внешний вид показан на рис. 8-15. В корпусе ап-

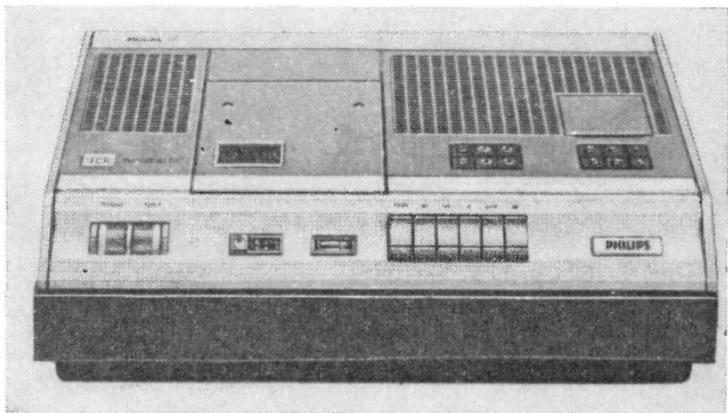


Рис. 8-15. Видеомagnитoфон N1520 (ФИЛИПС, Голландия).

парата размещен собственно сам видеомagnитoфон, телевизионный приемник для записи программ и таймер, позволяющий установить время автоматического включения или выключения видеомagnитoфона. Предусмотрена также запись от компактной телевизионной камеры. Управление видеомagnитoфоном кнопочное, включая зарядку и удаление кассеты из аппарата, которые занимают не более 5 с.

В кассете, принцип зарядки которой показан на рис. 9-10, помещается около 515 м ленты толщиной 25 мкм, которой достаточно для непрерывной записи-воспроизведения в течение 60 мин. Относительная скорость головок видеозаписи в видеомagnитoфоне составляет всего лишь 8,2 м/с. Поэтому необходимая полоса частот по ЧМ-каналу реализуется только на магнитной ленте с высокой разрешающей способностью, например на ленте с рабочим слоем из двуокиси хрома с коэрцитивной силой не ниже $40 \cdot 10^3$ А/м.

Сигналограмма видеомagnитофона приведена на рис. 8-16. Вдоль нижнего и верхнего краев расположены дорожки записи звукового сигнала. Второй звуковой канал введен для дублирования программы на втором языке или записи стереофонического звукового сопровождения. Сигнал канала управления частотой 25 Гц записывается на дорожке, расположенной в верхней части ленты под дорожкой записи звукового канала. Она частично перекрывает начало дорожек записи видеосигнала,



Рис. 8-16. Сигналограмма видеомagnитофона N1500.

1 — дорожка записи звука № 1; 2 — дорожка записи звука № 2; 3 — дорожка записи сигнала управления; 4 — дорожка записи видеосигнала.

содержащих запись кадровой группы синхросигнала. Среднюю часть ленты занимают дорожки видеосигнала, промежуток между которыми равен 57 мкм. Структурная схема канала записи и воспроизведения изображения приведена на рис. 8-1, 8-3 и подробно рассмотрена в первом параграфе этой главы, а расстановка частот в ЧМ-канале показана на рис. 8-2.

Упрощенная структурная схема системы автоматического регулирования видеомagnитофона показана на рис. 8-17. Опорным сигналом для системы в режиме записи служат импульсы полей, выделенные из синхросигнала, а в режиме воспроизведения — сеть. После деления на два сигнал с частотой 25 Гц поступает на дискриминатор 2 САР узла вращающихся головок, на второй вход которого подается сигнал датчика оборотов 5. Сигналом ошибки питается электромагнитный тормоз 4, устанавливающий число оборотов и фазу вращения двигателя узла вращающихся головок. Аналогичная цепь САР служит для подстройки двигателя ведущего узла. В режиме записи сигнал ошибки формируется в дискриминаторе 6 в результате сравнения опорного сигнала с сигналом тахогенератора ведущего

узла, а в режиме воспроизведения — опорного сигнала с сигналом, воспроизводимым по каналу управления.

Видеомагнитофон N1520 [94] представляет собой аппарат профессионального применения, в частности для создания программ учебного назначения, а в телевидении — для предварительного просмотра фрагментов перед их монтажом. В нем предусмотрены дополнительные возможности, особенно при записи с телевизионной камеры. Видеомагнитофон снабжен системой электронного

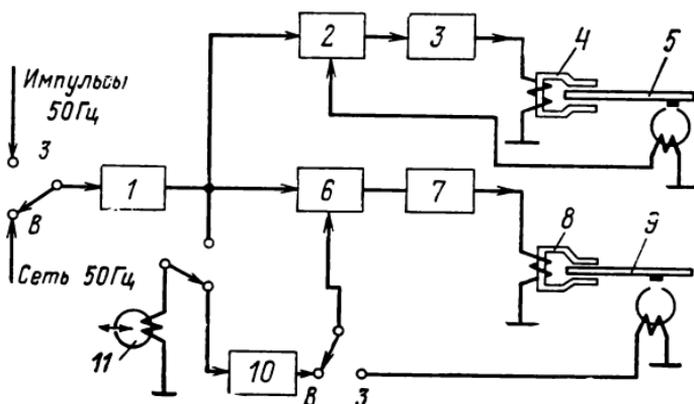


Рис. 8-17. Структурная схема САР кассетного видеомагнитофона N1500.

1 — частотный делитель 2 : 1; 2 — дискриминатор САР узла вращающихся головок; 3 — усилитель; 4 — электромагнитный тормоз узла вращающихся головок; 5 — датчик оборотов (25 Гц); 6 — дискриминатор САР ведущего узла; 7 — усилитель; 8 — электромагнитный тормоз ведущего узла; 9 — тахогенератор (25 Гц); 10 — регулятор положения головок на дорожках записи; 11 — универсальная головка канала управления.

монтажа с режимами «вставка» и «продолжение». В нем расширена полоса частот при записи-воспроизведении черно-белого сигнала до 3,2 МГц и задействованы оба звуковых канала, которые могут записываться и переписываться независимо друг от друга. В видеомагнитофоне предусмотрен режим «остановленного кадра» и введен ряд других усовершенствований.

Кассетный видеомагнитофон VO-1601 (СОНИ, Япония) предназначен для записи и воспроизведения черно-белых и цветных телевизионных сигналов от телевизионного приемника или портативной телевизионной камеры [95]. Вторая модель этой фирмы VP-1001 служит только для воспроизведения готовых программ. Параметры видеомагнитофона приведены в табл. 8-3.

В видеомэгнитофоне применена кассета с катушками, лежащими в одной плоскости, устройство и зарядка которой поясняются на рис. 8-12. В кассете помещается около 350 м магнитной ленты шириной 19 мм и толщиной 27 мкм. Этого количества ленты достаточно для непрерывной записи-воспроизведения в течение 1 ч. Более широкая лента, чем в других аналогичных видеомэгнитофонах, выбрана по ряду соображений, в частности для увеличения угла наклона дорожек записи видеосигнала с целью уменьшения влияния на воспроизводимое изображение колебаний скорости ленты, а также для уменьшения размера кассеты.

На сигналограмме вдоль нижнего опорного края ленты расположены две продольные дорожки записи звукового сигнала шириной 0,8 мм каждая. Верхний край ленты занимает дорожка записи управляющего сигнала. Ширина дорожек записи видеосигнала 0,085 мм, а промежуток между ними 0,057 мм.

Канал записи изображения построен по принципам, изложенным выше. Сигнал яркости с полосой частот до 3 МГц записывается методом частотной модуляции с установкой частот модуляции, при которой уровню белого соответствует 5,4 МГц, а уровню вершин синхронимпульсов — частота 3,8 МГц. Сигнал цветности с полосой 0,5 МГц преобразуется и записывается вместе с ЧМ-сигналом. Для сигнала, кодированного по системе NTSC, поднесущая 3,58 МГц, модулированная цветовым сигналом, преобразуется для записи в сигнал с частотой 688,37 кГц. При воспроизведении сигнал делится на яркостную и цветовую составляющие. ЧМ-сигнал яркости демодулируется и смешивается с преобразованным сигналом цветности. Временная нестабильность цветового сигнала, возникающая в результате записи-воспроизведения, компенсируется в канале воспроизведения схемой автоматической подстройки фазы поднесущей.

Кассетный видеомэгнитофон LVR-7100 (БАСФ, ФРГ) отличается от предыдущих моделей тем, что в нем применен продольный способ магнитной записи неподвижной головкой [96]. Таким образом, магнитная видеозапись вновь возвращается к уже казалось бы забытой технике, с которой началось ее развитие. Однако за прошедшие годы значительно повышена разрешающая способность магнитных лент и улучшилось качество магнитных головок. Поэтому в видеомэгнитофоне LVR по-

лучены вполне приемлемые для аппарата бытового применения качественные показатели (табл. 8-3) при скорости движения ленты 3 м/с. Монохромный и цветной видеосигнал вместе со звуковым сопровождением записывается на ленте шириной 6,25 мм, на которой размещается 28 продольных дорожек записи. Сигнал записывается и воспроизводится при движении ленты в прямом и обратном направлениях. Переключение в момент реверса с одной дорожки на другую происходит автоматически за 80 мс и практически для зрителя незаметно.

В видеомэгнитофоне используют очень тонкую магнитную ленту толщиной 6 или 9 мкм с рабочим слоем из двуокиси хрома. Применять такую ленту можно только при кассетной зарядке. Кассета отличается компактностью и малой массой. Длительность непрерывной записи-воспроизведения кассеты, заполненной лентой толщиной 6 мкм, около 120 мин и лентой 9 мкм — не менее 90 мин. Тиражирование программ предполагается осуществлять перезаписью одновременно 28 дорожек соответствующим многоканальным блоком головок. Необходимо отметить, что по плотности записи этот видеомэгнитофон превосходит известные до сих пор видеомэгнитофоны. На час записи-воспроизведения он расходует 2,4 м² магнитной ленты — это в 2,7 раза меньше, чем в кассетных видеомэгнитофонах, рассмотренных выше, и почти в 30 раз меньше, чем в четырехголовочных видеомэгнитофонах.

Глава девятая

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИДЕОМАГНИТОФОНА

9-1. Общие сведения

Развитие техники магнитной видеозаписи наряду с созданием новых более совершенных видеомэгнитофонов сопровождалось усовершенствованием методов измерения параметров, характеризующих качество этой аппаратуры. Широкое применение аппаратуры магнитной видеозаписи в телевизионном вещании за последние 10—15 лет, а также распространение практики обмена видеомэгнитофильмами потребовало нормирования основных качественных показателей и методик их измерения.

Так как аппаратура магнитной видеозаписи сочетает в себе элементы телевизионной аппаратуры и магнитной записи, в том числе и звукозаписи, то понятно стремление использовать критерии оценки и методы измерений, принятые в этих областях. Следует отметить, что техника измерений, методика их проведения и нормы на основные качественные показатели аппаратуры как в телевидении, так и в магнитной записи разработаны достаточно полно. Так, например, в магнитной записи применяются ГОСТ, определяющие нормы на основные параметры и методы их измерений. В телевизионном вещании этим вопросам также уделяется большое внимание, особенно технике измерений. В настоящее время внедрен ряд ГОСТ на параметры и методику их проверки для отдельных звеньев тракта передачи сигнала изображения — радиорелейных и кабельных линий связи, передающих и приемных устройств, аппаратно-студийного комплекса и т. д. В эти ГОСТ включены несколько обязательных параметров, нормируемых по всем звеньям тракта, и в том числе по аппаратуре магнитной видеозаписи. Рекомендованная в этих ГОСТ методика измерений, а также приборы и аппаратура используются для всех звеньев, и в том числе и для аппаратуры магнитной видеозаписи.

Кроме этих обязательных параметров, в число основных включены также некоторые, специфические для аппаратуры магнитной видеозаписи параметры. К ним, в первую очередь, относятся уровень комбинационных искажений (муар) и временные искажения воспроизводимого сигнала изображения.

Параметры видеомэгнитофона могут быть разбиты на две группы. К первой относятся параметры канала изображения, ко второй — параметры канала звука. Кроме того, в случае обмена программами, записанными на магнитной ленте, нормируется несколько параметров, относящихся непосредственно к записи на ленте, т. е. к видеофонограмме.

9-2. Параметры канала сигнала изображения

Телевизионное изображение в общем случае характеризуется несколькими основными показателями [97]:
размером кадра и его форматом;
геометрическим подобием изображения оригиналу;
яркостью изображения;

контрастностью изображения;
количеством воспроизводимых градаций яркости;
четкостью в горизонтальном и вертикальном направ-
лениях;

резкостью контуров (границ между деталями с раз-
личной яркостью или цветом);

цветопередачей (соответствие цвета и его насыщен-
ности оригиналу);

уровнем различного рода помех и искажений, нару-
шающих распределение яркости и цвета на различных
участках изображения;

стабильностью положения изображения и его отдель-
ных элементов на экране.

Оценка этих показателей производится, как правило,
косвенно, а именно путем изменения параметров, харак-
теризующих видеосигнал. Как правило, такие параметры
являются общими для любого звена тракта передачи
сигнала изображения, в том числе и для аппаратуры
магнитной видеозаписи. К ним относятся:

переходная характеристика;

импульсная характеристика;

амплитудно-частотная характеристика;

относительная неравномерность плоской части пря-
моугольных импульсов частоты строк и полей;

различие усиления сигналов яркости и цветности;

расхождение во времени сигналов яркости и цветно-
сти;

нелинейные искажения сигналов яркости;

дифференциальное усиление;

дифференциальная фаза;

отношение сигнала яркости к флуктуационной поме-
хе в полосе сигнала яркости;

отношение сигнала яркости к флуктуационной помехе
в полосе сигнала цветности;

отношение сигнала яркости к фоновым и другим низ-
кочастотным помехам;

коэффициент передачи сигнала изображения.

Кроме указанных, для аппаратуры магнитной видео-
записи имеется еще несколько параметров, учитываю-
щих специфику данного вида аппаратуры. К ним отно-
сятся:

отношение сигнала яркости к комбинационным поме-
хам;

временные искажения.

Величина и допуски на искажения параметров, определяющих качество воспроизводимого изображения, для видеомagneтофонов, предназначенных для телевизионного вещания, приведены в гл. 6.

Методы измерения искажений, возникающих в канале изображения видеомagneтофона, как правило, являются общими для всей аппаратуры тракта передачи видеосигнала, хотя и имеют некоторые отличительные особенности.

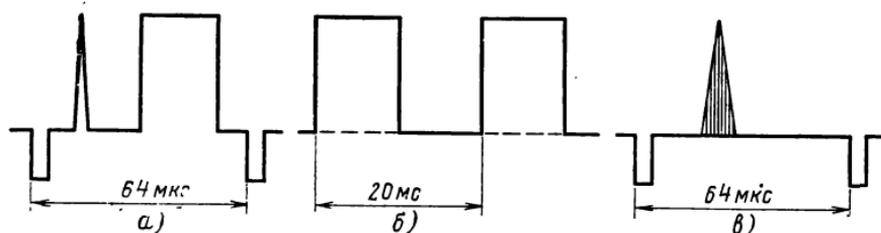


Рис. 9-1. Испытательные сигналы для проверки переходной и импульсной характеристик (а), неравномерности плоской части прямоугольных импульсов частоты строк (а) и полей (б), идентичности усиления и задержки сигналов яркости и цветности (в).

Переходная характеристика позволяет оценить способность передачи скачка напряжения с временем нарастания около 80 нс, соответствующим верхней граничной частоте канала передачи данного устройства. Для проверки используется испытательный сигнал полосы (рис. 9-1,а), а для оценки искажений с помощью осциллографа обычно применяется трафарет (рис. 9-2,а).

Импульсная характеристика позволяет оценить амплитудно- и фазочастотные искажения канала с помощью синус-квадратичного импульса длительностью 160 нс (2Т-импульс) и импульса полосы (рис. 9-1,а). Искажения такого типа оценивают также с помощью осциллографа по трафаретам (рис. 9-3,а, б), исходя из принятой нормы искажений, так называемого К-фактора, или «номинального коэффициента». Этот коэффициент определяет сопоставимые искажения различного типа (например, неравномерность плоской части прямоугольных импульсов частоты строк и полей, искажения формы синус-квадратичного импульса и т. д.), которые в одинаковой степени оцениваются при визуальном просмотре изображения [98].

Относительная неравномерность плоской части прямоугольных импульсов частоты строк и полей позволяет

оценить искажения канала в области средних и нижних частот. Для измерений используются сигналы (рис. 9-1, *a* и *б* соответственно). Для оценки искажений используются трафареты (рис. 9-3, *a* и *в*).

Амплитудно-частотная характеристика позволяет оценить неравномерность передачи синусоидальных сигналов различной частоты. Для измерений используются обычно пакеты фиксированных частот, поочередно передаваемые внутри каждого строчного интервала, или

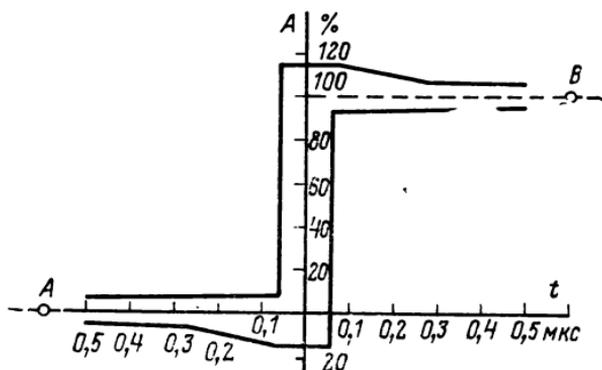


Рис. 9-2. Трафарет для оценки переходной характеристики (*A*, *B* — точки совмещения осциллограммы и трафарета).

сигнала плавно изменяющейся частоты (сигнал качающейся частоты). При измерениях оценивают размах сигнала на какой-либо отдельной частоте относительно черно-белого перепада.

Различие усиления сигналов яркости и цветности характеризует различие коэффициентов передачи сигналов яркости и сигналов цветности на поднесущей частоте. Для измерений такого параметра используется сложный синус-квадратичный импульс длительностью около 2 мкс, представляющий собой цветовую поднесущую с частотой 4,43 МГц, модулированную по амплитуде синус-квадратичным импульсом (см. рис. 9-1, *в*). Искажения такого сигнала проявляются в виде изменения амплитуды цветовой поднесущей относительно низкочастотного изменения сигнала яркости (рис. 9-4). Измерения обычно производятся с помощью калиброванного компенсатора искажений и осциллографа, используемого в качестве нуль-индикатора [99].

Расхождение во времени сигналов яркости и цветности характеризует неидентичность задержки канала в области частот сигналов яркости и цветности. В качестве испытательного сигнала используют сигнал, показанный на рис. 9-1,в. Искажения проявляются в виде

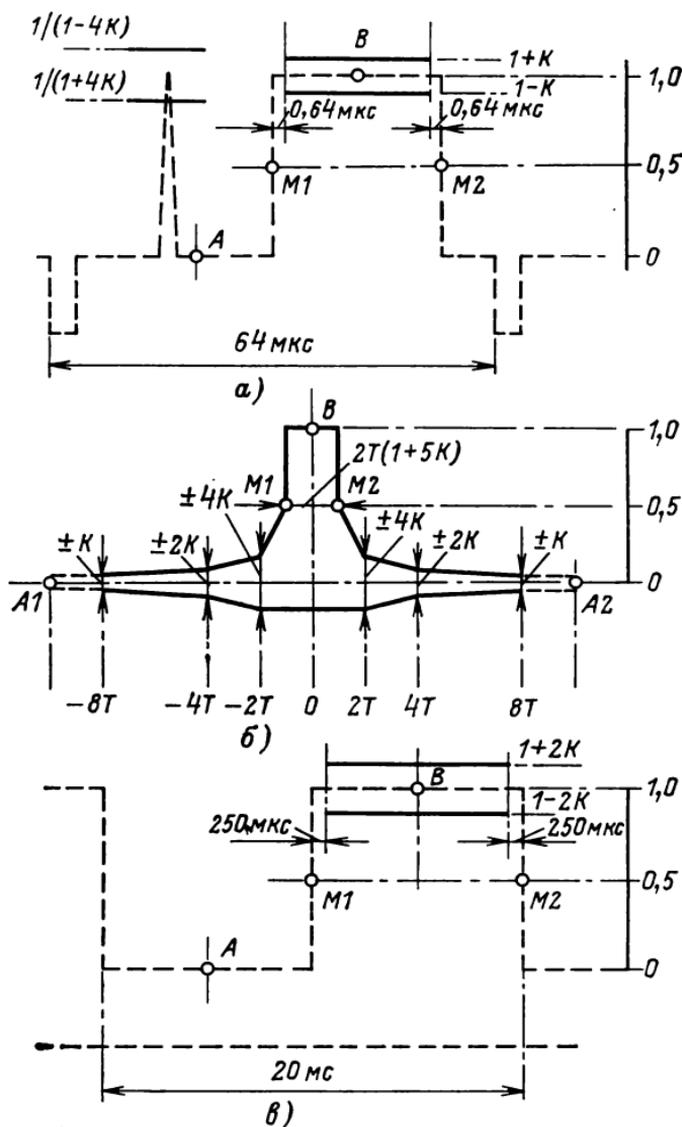


Рис. 9-3. Трафареты для оценки импульсной характеристики (а, б), неравномерности плоской части прямоугольных импульсов частоты строк (а) и полей (в) (A, B, M1, M2 — точки совмещения осциллограмм и трафаретов).

искривления основания импульса (рис. 9-4,б). Для измерений также применяется калиброванный компенсатор искажений и осциллограф.

Нелинейные искажения сигнала яркости характеризуют амплитудную характеристику канала. Для измерений обычно используют пилообразный (рис. 9-5,а) или ступенчатый сигнал яркости (рис. 9-5,в) с наложенным на него высокочастотным колебанием с частотой 1,2 МГц. Искажения оценивают либо по изменению формы выделенной фильтром ВЧ-насадки (рис. 9-5,б), либо по амплитуде выбросов, получаемых при дифференцировании

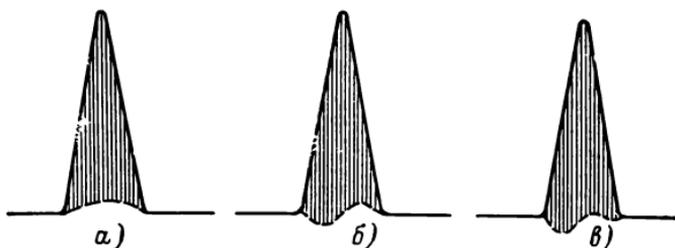


Рис. 9-4. Искажения формы сложного синус-квадратичного импульса при различии усиления (а) и расхождении во времени (б) сигналов яркости и цветности или при наличии искажений обоих типов (в).

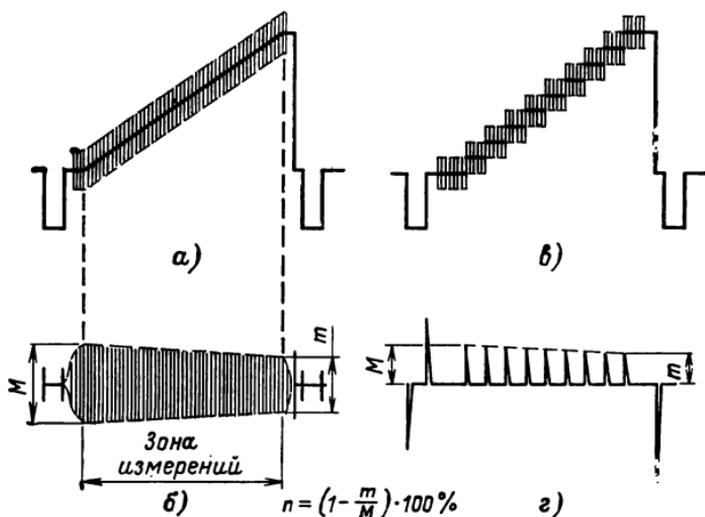


Рис. 9-5. Испытательные сигналы для проверки нелинейных искажений сигнала яркости и дифференциальных искажений сигнала цветности.

ступенчатого сигнала (рис. 9-5,г) без высокочастотной насадки.

Дифференциальное усиление характеризует амплитудные искажения сигнала цветности при изменении сигнала яркости. Эти искажения измеряются с помощью пилообразного или ступенчатого сигнала (рис. 9-5,а, в) с наложенным на него высокочастотным колебанием с частотой 4,43 МГц. По изменению амплитуды высокочастотного колебания, выделенного фильтром, оценивают искажения (рис. 9-5,б).

Дифференциальная фаза характеризует нежелательные изменения фазы сигнала цветности при изменении сигнала яркости. Для этих измерений также используется пилообразный или ступенчатый сигнал с наложенным колебанием цветовой поднесущей 4,43 МГц (рис. 9-5,а, в). Изменение фазы высокочастотного колебания относительно фазы опорного сигнала вспышки цветовой поднесущей и является мерой оценки этих искажений. Для измерений обычно используется фазовый детектор, на один вход которого подается выделенная фильтром высокочастотная составляющая испытательного сигнала, а на другой вход — сигнал той же частоты от опорного генератора несущей, синхронизированного вспышками цветовой поднесущей. Следует отметить, что при измерении аппаратуры магнитной видеозаписи такой метод дает искаженные результаты благодаря влиянию шумов и временных ошибок, содержащихся в воспроизводимом сигнале. Временные ошибки приводят к паразитной модуляции фазы цветовой поднесущей. Они суммируются при измерении с искажениями дифференциальной фазы, иногда вообще делают невозможным измерения. Флуктуационные шумы снижают точность измерений. Для устранения указанных недостатков применяются различные методы измерений, в том числе способ измерения без опорного сигнала (вспышки) цветовой поднесущей [99] или способ измерения с изменяющимся от строки к строке сигналом яркости [100], на который наложено колебание цветовой поднесущей. При этом для измерений выделяется стробированием участок поднесущей в начале строки, временная ошибка которого по отношению к вспышке цветовой поднесущей на задней площадке строчного гасящего импульса невелика. При интегрировании полученного сигнала значительно уменьшается также влияние шумов и помех.

Отношение сигнала яркости к флуктуационной помехе в полосе сигнала яркости позволяет оценить уровень собственных шумов канала передачи. Измерение отношения сигнал/шум рекомендуется производить с использованием нескольких фильтров, включаемых между измерителем шума и выходом измеряемого устройства. Для этого применяются следующие фильтры: фильтр нижних частот, ограничивающий полосу шумов сверху до частоты, соответствующей верхней граничной частоте данной телевизионной системы; фильтр верхних частот, ограничивающий спектр шумов снизу начиная с частоты 10 кГц, с тем чтобы исключить влияние низкочастотных помех и фона; взвешивающий фильтр, позволяющий измерять так называемое «взвешенное» отношение сигнал/шум. Это позволяет учесть визуальное восприятие шумов на экране приемника и, кроме того, дает возможность сравнить отношение сигнал/шум для различных типов аппаратуры, в которых распределение энергии шумов по спектру неодинаково. Измерение эффективного значения уровня шума производится сравнением его или с источником калиброванного шума, или с каким-либо другим, также калиброванным по амплитуде сигналом. Характеристики рекомендуемых для этого фильтров приведены в приложении к ГОСТ 19463-74 [101].

Отношение сигнала яркости к флуктуационной помехе в полосе сигнала цветности позволяет оценить уровень шумов в этой полосе, что особенно важно в цветном телевидении. Для выделения шума в полосе сигнала цветности используется полосовой фильтр, учитывающий также визуальное восприятие шумов на экране цветного приемника [101].

Отношение сигнала яркости к фоновым и другим низкочастотным помехам позволяет оценить уровень помех в полосе частот до 10 кГц. Для выделения этих помех используется соответствующий фильтр нижних частот [101].

Коэффициент передачи сигнала изображения и его стабильность во времени позволяют оценить изменения уровня выходного видеосигнала относительно входного.

Методика измерения всех этих параметров, а также рекомендуемые испытательные сигналы одинаковы для всех звеньев тракта передачи сигнала изображения и содержатся в ГОСТ [102]. Применительно к магнитной

видеозаписи необходимо лишь учитывать наличие нескольких вращающихся головок, что приводит к делению изображения на экране приемного устройства на несколько отдельных полос (до 20 в четырехголовочном видеомэгнитофоне). Разброс параметров головок или их каналов усиления и коррекции приводит к различию параметров сигнала на выходе видеомэгнитофона, что, в свою очередь, проявляется в виде «полосатости» изображения. При этом уже сравнительно небольшие отличия между соседними головками довольно заметны на изображении. Так, например, порог различимости уровней помех на соседних участках изображения составляет 1 дБ при результирующем отношении сигнал/помеха около 40 дБ. Это означает, что наряду с измерением результирующего (усредненного) отношения сигнала к помехе по всему полю изображения необходимо также измерять это отношение по каналу каждой головки, т. е. в тех группах строк, которые воспроизводятся данной головкой. Это также создает определенные трудности с использованием различного типа комбинированных испытательных таблиц, если период передачи каждого из испытательных сигналов не соответствует времени одного цикла смены головок. Аналогичные явления возникают при различиях практически всех перечисленных выше параметров канала изображения. Так, например, при передаче цветных программ различия в дифференциальном усилении, дифференциальной фазе и т. д. будут проявляться на изображении в виде искажений цветового тона, насыщенности или изменении уровня шумов. Эти изменения особенно будут сказываться при переходе от одной головки к другой, они вызывают «цветовую полосатость» изображения — искажение более заметное, чем искажение, равномерно распределенное по всему полю изображения.

В одноголовочных видеомэгнитофонах такой неравномерности изображения по полю не возникает, а в двухголовочных видеомэгнитофонах, если две головки или их каналы неодинаковы, может возникнуть своеобразное «мерцание» изображения.

Комбинационные искажения, возникающие в ЧМ-канале видеомэгнитофона, особенно заметны в случае записи цветных программ. В этом случае сигнал изображения содержит высокочастотные компоненты большой амплитуды в виде сигналов цветности на поднесущей

частоте. Индекс модуляции для этой частоты достаточно велик, и в спектре ЧМ-сигнала возникают боковые компоненты значительной амплитуды. Причины таких искажений были подробно разобраны в гл. 4. Там указывалось, что основными источниками помех являются:

1) отраженные боковые составляющие ЧМ-сигнала, соответствующие цветовой поднесущей;

2) прямое прохождение модулирующего сигнала цветовой поднесущей в канал передачи ЧМ-сигнала;

3) прямое прохождение боковых составляющих ЧМ-сигнала, соответствующих цветовой поднесущей, на выход демодулятора;

4) нелинейные искажения ЧМ-сигнала в канале передачи (нелинейность процесса записи-воспроизведения и усилительных элементов тракта и ограничителя).

Уровень помех, вызываемый каждым из этих источников, неодинаков и в выходном сигнале видеомгнитофона присутствует несколько мешающих компонент, различающихся как по амплитуде, так и по частоте. При оценке уровня комбинационных искажений в общем случае необходимо учитывать суммарное действие всех помех. На практике, однако, можно некоторыми из них пренебречь ввиду их малости. В соответствии с принятыми в настоящее время нормами для записи цветных программ на вещательных видеомгнитофонах наиболее опасными с этой точки зрения являются помехи от источников, названных в пп. 2 и 4. Необходимо также отметить, что частоты помех, возникающих из-за указанных в пп. 1, 3 и 4 источников, совпадают и определяют соответственно отраженной боковой третьего порядка, третьей нижней боковой второй гармоники несущей (в демодуляторе) и третьей нижней боковой третьей гармоники несущей, возникающей за счет нелинейности процесса записи-воспроизведения. При этом для сигнала, кодированного по системе СЕКАМ, в случае передачи однородного поля зеленого цвета, наиболее чувствительного к помехам, частота помех равна 3 МГц в строках, передающих сигнал D'_R , и 4,62 МГц — в строках, передающих сигнал D'_B . Частота помехи, вызванная прямым прохождением модулирующего сигнала или амплитудным детектированием ЧМ-сигнала в канале передачи, равна соответственно 3,82 и 4,36 МГц. Как показывает опыт, наиболее значительными являются именно эти компоненты. В соответствии с этим методика определе-

ния уровня комбинационных искажений состоит в измерении уровня наибольших мешающих компонент, относенных к размаху сигнала яркости, т. е. к черно-белому перепаду. Для повышения точности измерения проводятся на сигнале, имитирующем цветовой сигнал. При этом частота модулятора устанавливается так, чтобы она была равна мгновенной частоте, соответствующей сигналу яркости при передаче какого-либо цвета; обычно зеленого при 75% амплитуды. На вход модулятора подается гармоническое колебание, соответствующее по частоте и амплитуде цветовой поднесущей, возникающей при передаче этого же цвета. Полученный ЧМ-сигнал записывается на ленту и при воспроизведении оценивается уровень полезного сигнала модулирующей частоты и уровень сигналов помех на частотах $2f_0 - 3f_M$ (помехи, перечисленные в пп. 1, 3 и 4) и $f_0 - f_M$ (помеха, указанная в п. 2). Отношение этих сигналов с учетом соотношения размаха сигнала цветности и сигнала яркости определяет уровень комбинационных искажений, дБ:

$$\psi_{к.п} = 20 \lg \frac{u_c}{u_n} + A,$$

где u_c — размах сигнала, имитирующего сигнал цветности; u_n — размах сигнала помехи на той или иной частоте и A — коэффициент, учитывающий соотношение сигналов цветности и яркости.

Результирующий уровень помех с учетом их когерентности, определяется геометрической суммой составляющих. На практике для оценки уровня искажений измеряют наибольший сигнал помехи.

Вследствие различия амплитуды и частоты цветовой поднесущей при передаче сигналов различных цветов, а также из-за различия амплитуды и частоты поднесущей в строках с сигналами D'_R и D'_B , амплитуда и частота возникающих помех также неодинаковы. На визуальное восприятие помех различной частоты также оказывает влияние некоторое их перераспределение по амплитуде, связанное с влиянием цепей высоко- и низкочастотной коррекции в декодирующем устройстве приемника системы СЕКАМ. Исследованиями, проведенными в этом направлении [103], показано, что наименее помехоустойчивым является зеленый цвет. Для упрощения измерения производят при подаче на вход модулятора непрерывного высокочастотного сигнала. Частота этого сигнала

ла соответствует цветовой поднесущей, возникающей при передаче зеленого цвета в строках с сигналом D'_R (модулирующая частота $f_m=4,64$ МГц, частоты помех — 3,0 и 3,82 МГц).

Временные искажения характеризуют нестабильность частоты следования синхроимпульсов или элементов изображения, а также несинхронность воспроизводимого сигнала относительно опорного сигнала синхронизации. Они вызываются электромеханическими узлами лентопротяжного механизма. К ним относятся: диск или барабан с двигателем головок, в четырехголовочных видеомагнитофонах — вакуумная направляющая, ведущий двигатель и другие вращающиеся элементы ЛПМ. Нестабильность их размеров или взаимного положения и неравномерность вращения приводят к искажениям временного масштаба воспроизводимого сигнала. Искажения проявляются на экране в виде качаний всего изображения или его отдельных элементов, а также приводят к искривлению линий или к перемещению отдельных элементов изображения относительно друг друга. Основные причины таких явлений подробно рассмотрены в гл. 5, где также приведены способы их измерения и коррекции. Временную нестабильность воспроизводимого сигнала оценивают величиной временного сдвига воспроизводимого сигнала относительно опорного синхросигнала строчной синхронизации или относительно средней частоты следования строчных синхроимпульсов воспроизводимого сигнала. Видеомагнитофоны для телевизионного вещания, как правило, имеют высокую временную стабильность и их выходной сигнал синхронен и синфазен относительно опорного синхрогенератора. Для измерения остаточной ошибки записывают сигнал, содержащий перепад яркостного сигнала в начале строки. При воспроизведении измеряют с помощью фазового детектора взаимное временное положение этого элемента (или синхроимпульса) сигнала относительно переднего фронта строчных синхроимпульсов, выделенных из опорного сигнала. Выходное напряжение детектора пропорционально временной ошибке и калибровано в значениях временной нестабильности.

Измерение временной нестабильности в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах, предназначенных для бытового применения или для промышленного телеви-

дения, имеет свои особенности. В этом случае важно оценить не абсолютную величину временных искажений, а степень их заметности на экране приемного устройства. Другими словами, необходимо учитывать влияние системы автоподстройки частоты строчной развертки, обладающей достаточно большой постоянной времени.

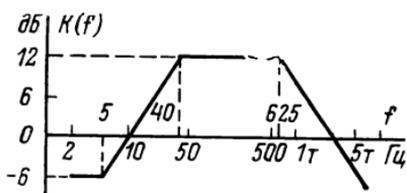


Рис. 9-6. Частотная характеристика взвешивающего фильтра, учитывающего реакцию цепи автоподстройки строчной развертки.

Проектом Публикации МЭК [104] для таких видеоманитофонов рекомендуется измерять длительность потери (перерыва) воспроизведения сигнала при переходе головки от одного края ленты к другому, скачок фазы воспроизводимых строчных синхроимпульсов в момент окончания перерыва сигнала, стабильность средней частоты следования воспроизводимых строчных синхроим-

пульсов и мгновенные изменения фазы этих импульсов. Такие изменения фазы проявляются на изображении в виде динамического или статического перемещения элементов изображения в разных строках или группах строк относительно друг друга. Заметность этих искажений зависит от частоты изменения фазы и связана с инерционностью цепи автоподстройки строчной частоты, постоянная времени которой обычно равна 1,3 мс. Для учета визуального восприятия временных искажений используется фильтр, передаточная характеристика которого соответствует реакции цепи автоподстройки строчной развертки. Частотная характеристика такого взвешивающего фильтра приведена на рис. 9-6. Мгновенная нестабильность частоты следования строчных синхроимпульсов измеряется как размах отклонения частоты от ее среднего значения и выражается в процентах. Средняя частота следования строчных синхроимпульсов не должна отличаться от своего номинального значения больше чем на $\pm 4\%$ для сигнала черно-белого телевидения и на $\pm 0,5\%$ для сигнала цветного телевидения. Мгновенные изменения частоты не должны превышать $0,2\%$ в обоих случаях.

Для записи программ цветного телевидения на упрощенных видеоманитофонах большое значение имеют

стабильность средней частоты поднесущей сигнала цветности и ее мгновенные изменения. Нормы на эти искажения в сильной степени зависят как от системы кодирования сигнала цветности, так и от способа компенсации таких временных ошибок. Для системы СЕКАМ величина нестабильности средней частоты цветовой поднесущей не должна превышать ± 1 кГц, для остальных систем — ± 150 Гц.

9-3. Видеофонограмма

В практике телевизионного вещания часто возникает необходимость обмена программами как между отдельными телецентрами, так и между различными странами. Такой обмен производится либо путем непосредственной передачи сигнала по радиорелейным или кабельным линиям связи, либо путем обмена кинофильмами или видеофонограммами. Для сохранения высокого качества изображения передаваемой программы при ее воспроизведении необходима унификация основных параметров видеофонограммы. В отличие от обмена кинофильмами, для которых практически во всех странах приняты единые нормы, при обмене программами на магнитной ленте существенное значение имеет использование в разных странах разных телевизионных стандартов. При этом непосредственный, без преобразования сигналов, обмен возможен лишь между странами, имеющими одинаковые параметры телевизионных систем черно-белого и цветного телевидения.

Разработан целый ряд документов, регламентирующих порядок обмена программами на магнитной ленте и основные параметры видеофонограмм. К ним относятся ГОСТ на основные параметры видеофонограмм [17] и рекомендации Международной организации по радиовещанию и телевидению (ОИРТ) [105] и Международного консультативного комитета по радио (МККР) [106]. Этими документами определены и установлены следующие основные параметры видеофонограмм, предназначенных для обмена программами, записанными на видеомагнитофонах с четырьмя вращающимися головками:

магнитная лента: размеры, скорость движения, размеры и расположение дорожек записи (см. рис. 2-6), рекорды;

записанные сигналы: уровень записи звуковых сигналов и сигнала управления, несущие частоты ЧМ-сиг-

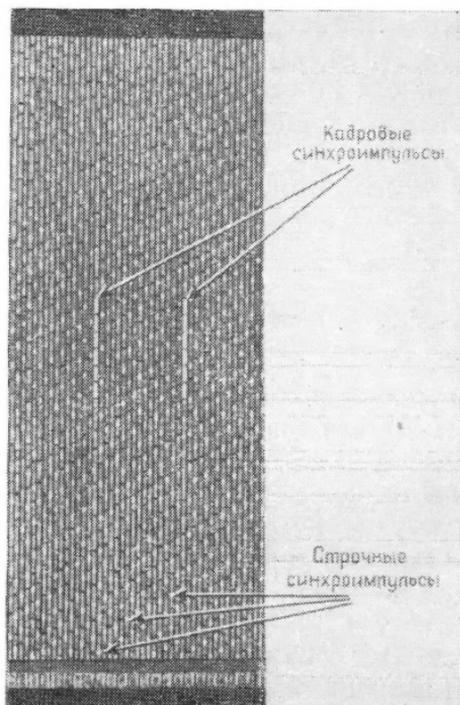


Рис. 9-7. Фотография отрезка магнитной ленты с проявленными магнитным порошком дорожками записи.

нала и характеристика предсказаний и коррекции, характеристики канала записи (или воспроизведения), геометрические размеры, относящиеся к блоку вращающихся головок, фазирование сигнала управления и монтажных импульсов канала управления.

Одним из важнейших параметров видеофонограммы являются размеры и расположение дорожек записи на

ленте, определяющие при обмене программами качество воспроизводимого сигнала и, в частности, отношение сигнал/шум. При измерениях расположения и размеров дорожек записи используется метод визуализации магнитного следа головок с помощью магнитного порошка. Для этого ленту с записанными на ней сигналами помещают в суспензию магнитного порошка (обычно карбонильное железо) в легко испаряющейся нейтральной жидкости (бензин, гептан), После испарения жидкости порошок остается на ленте, повторяя записанный на ней магнитный рисунок (рис. 9-7). Измерения проводят с помощью инструментального микроскопа с перемещающимся предметным столиком, перемещение которого определяется с большой точностью. В процессе этих измерений определяются: ширина дорожек записи сигналов управления, режиссерских пояснений и звукового сопровождения и их расположение относительно базового (нижнего) края ленты; длина, ширина, угол наклона и шаг строчек записи сигнала изображения и величина их искривления; положение монтажной метки относительно опорного края ленты и кадрового синхриимпульса. Для облегчения измерений размеров дорожек

по каналу изображения записывают немодулированный сигнал несущей частоты, а по каналу звукового сопровождения и управления — синусоидальный сигнал частоты 2—3 кГц. При измерении места расположения кадрового и монтажных импульсов по каналу изображения записывают сигнал черного поля или просто сигнал синхронизации с увеличенной девиацией.

9-4. Параметры канала звукового сигнала

Поскольку видеоманитофон предназначен для одновременной записи сигнала изображения и звука, к каналу звукового сигнала предъявляются такие же требования, как и к радиовещательным звуковым магнитофонам. Основными параметрами такого канала являются: неравномерность амплитудно-частотной характеристики канала воспроизведения, характеризующая частотную характеристику канала при воспроизведении стандартной измерительной ленты;

отклонение амплитудно-частотной характеристики канала записи-воспроизведения от характеристики канала воспроизведения, характеризующее искажения в сквозном канале;

относительный уровень помех в канале записи-воспроизведения, позволяющий оценить уровень шумов и помех в сквозном канале;

коэффициент гармонических искажений канала записи-воспроизведения, позволяющий оценить возникающие в процессе записи нелинейные искажения;

суммарный коэффициент колебаний скорости движения магнитной ленты или коэффициент детонации звука при воспроизведении;

уровень выходного сигнала, позволяющий определить уровень намагниченности ленты сравнительно с измерительной лентой, записанной с заданным уровнем намагниченности.

Для измерения этих параметров используются такая же методика и аппаратура, как и для звуковых магнитофонов [107], и измерительные ленты, предназначенные для данного типа видеоманитофонов. Измерение неравномерности скорости движения магнитной ленты проводят обычно путем записи и последующего воспроизведения сигнала частотой 3125 Гц.

9-5. Измерительные ленты

Важным элементом проверки и настройки видеоманитонов являются измерительные ленты, представляющие собой заранее сделанную запись ряда определенных испытательных сигналов. Измерительные ленты используются для проверки параметров, определяющих взаимозаменяемость, т. е. способность воспроизводить с заданным уровнем качественных показателей видеодонограммы, записанные на других однотипных видеоманитонах. К ним относятся: расположение головок на вращающемся диске или барабана, положение вакуумной направляющей относительно диска головок, фазирование сигнала тахогенератора, частотные характеристики канала воспроизведения и уровень записи сигналов звукового сопровождения, выходные параметры канала воспроизведения изображения, стабильность работы лентопротяжного механизма и систем автоматического регулирования и т. д. Такое многообразие задач, решаемых с помощью измерительных лент, привело к необходимости использования нескольких типов лент, каждый из которых предназначен для проверки той или иной группы параметров. Среди них различают несколько видов, а именно:

1) измерительные ленты для проверки правильности установки головок на диске под углом 90° и для регулировки их положения, а также для установки положения вакуумной направляющей относительно диска головок. Такие ленты обычно содержат запись сигнала изображения, позволяющего визуально оценить искажения, возникающие при неправильной установке вакуумной направляющей, а при необходимости устранить эти искажения путем соответствующей регулировки (например, сигнал, изображенный на рис. 9-1,а, дающий на экране четко очерченные вертикальные границы);

2) измерительные ленты для проверки основных параметров канала изображения. Такие ленты обычно содержат поочередную запись нескольких испытательных сигналов, предназначенных для проверки того или иного параметра, или запись комбинированного сигнала, включающего одновременно несколько испытательных сигналов. Такой комбинированный сигнал в некоторых случаях позволяет более быстро проверить и оценить качество работы видеоманитона;

3) измерительные ленты для проверки и установки уровня записи звуковых каналов. Такая лента содержит запись синусоидального сигнала частотой 400 Гц (иногда 1000 Гц), выполненную с заданной намагниченностью ленты, и используется для установки усиления канала воспроизведения звукового сопровождения и режиссерских пояснений. После этого, при пробной записи, уровень тока записи соответствующего канала подбирается так, чтобы уровни сигнала при воспроизведении этой записи и измерительной ленты были равны;

4) измерительные ленты для проверки и регулировки частотных характеристик канала воспроизведения звука. Такая лента содержит поочередную запись синусоидального сигнала различных частот в пределах полосы пропускания звуковых каналов и используется для регулировки частотной характеристики каналов воспроизведения. После этого при пробной записи частотная характеристика канала записи регулируется так, чтобы обеспечить одинаковые частотные характеристики при воспроизведении этой записи и измерительной ленты.

Использование измерительных лент позволяет произвести настройку видеомагнитофонов так, чтобы обеспечить воспроизведение выполненной на одном из них записи. Однако в отличие от звуковых измерительных лент невозможно точно нормировать параметры лент для проверки канала изображения. Поэтому измерительные ленты, записанные на разных видеомагнитофонах, всегда несколько отличаются друг от друга. Эти отличия связаны с типом магнитной ленты, конструкцией магнитных головок и т. д.

Если обмен программами производится между организациями, использующими разные измерительные ленты, это может вызвать ухудшение качества при обмене. С целью исключения таких несоответствий в настройке аппаратуры используются «настроечные ракорды». Такой ракорд обычно содержит кратковременную запись испытательных сигналов непосредственно перед записью программы. Это позволяет настроить видеомагнитофон наилучшим образом именно для воспроизведения данной программы.

Заключение

Магнитная видеозапись существует третье десятилетие, однако на обозримое будущее не видно другого способа записи телевизионных сигналов, эквивалентного магнитному по совокупности технических, эксплуатационных и экономических свойств. Это относится не только к профессиональной аппаратуре для телевизионного вещания, но и к аппаратуре, используемой в замкнутых системах телевидения и для бытовых целей. Появление различных видеопроекторов на новых принципах не исключает, однако, и в дальнейшем применения аппаратуры магнитной видеозаписи. Это пока единственный способ записи, который дает возможность в одном аппарате совместить функции записи и воспроизведения.

Нужно ожидать, что в ближайшие десять лет в телевизионном вещании сохранится доминирующее положение четырехголовочных видеомагнитофонов. Для этого имеется несколько причин. Во-первых, в этих аппаратах используется пока единственный стандартизованный формат записи, допускающий обмен видеофонограммами; во-вторых, за прошедшие годы накоплены громадные фонды видеофонограмм, представляющих большую ценность; наконец, замена парка видеомагнитофонов — задача не простая хотя бы по экономическим соображениям.

Вместе с тем существующий формат записи в настоящее время уже не полностью удовлетворяет возросшим требованиям современного телевизионного вещания. Например, количество последовательных перезаписей ограничивается относительно высоким уровнем комбинационных искажений. Оставляют желать лучшего параметры звукового канала, которые не претерпели никаких изменений за последние 10—15 лет. Наконец, очень

высоки эксплуатационные расходы на магнитную ленту и реставрацию головок.

Была сделана попытка несколько изменить формат записи с целью улучшения качественных и эксплуатационных показателей четырехголовочных видеомагнитофонов. Предусматривалось два идентичных звуковых канала, уменьшение основной скорости до 19,8 см/с, введение новой, более высокочастотной расстановки частот модуляции и запись вместе с ЧМ-сигналом пилот-сигнала, используемого при воспроизведении для коррекции временных искажений и частотных характеристик, особенно в местах стыка головок (§ 5-4). Однако реализация этих предложений приводит к несовместимости модифицированного формата со старым, что нежелательно.

Наряду с четырёхголовочными видеомагнитофонами с поперечно-арочной записью в телевизионном вещании используются видеомагнитофоны с наклонно-строчным способом записи. В таких видеомагнитофонах привлекаёт внимание их экономичность, обусловленная меньшей шириной ленты, большей плотностью записи и большой продолжительностью срока службы головок; отсутствие «полосатости» изображения, свойственное четырёхголовочным и другим видеомагнитофонам с сегментированием кадра, и те дополнительные удобства, которые дает наблюдение замедленного или остановленного изображения при монтаже программы. Использование цифровых корректоров с широким рабочим диапазоном позволяет практически полностью устранить значительные временные искажения воспроизводимого телевизионного сигнала, вызванные деформацией строчек записи под действием различных факторов в одноголовочных видеомагнитофонах.

В последнее время появилось несколько типов видеомагнитофонов для телевизионного вещания, среди которых нужно отметить аппараты VPR-1 фирмы «Амрекс» и BVH-1000 фирмы «Сони». Оба видеомагнитофона при работе с телевизионным стандартом 525 строк/60 полей обеспечивают в канале изображения полосу частот 30 Гц — 4,2 МГц, и отношение сигнал/шум 49 дБ.

Интересной особенностью одноголовочного видеомагнитофона VPR-1 является система автоматического регулирования положения головки, которая во время воспроизведения удерживает головку на строчке записи

ЧМ-сигнала. Изменение положения головки осуществляется специальным механизмом, перемещающим головку вверх и вниз относительно ее среднего положения. Принцип работы такой системы во многом сходен с аналогичной по назначению цепью регулирования в САР-СЛ четырехголовочного видеомагнитофона (§ 3-5). Система автоматического регулирования положения головок решает две основные задачи: значительно улучшает качество воспроизведения видеофонограмм, записанных на других видеомагнитофонах или в иных климатических условиях, и позволяет воспроизводить без ухудшения качества замедленное или остановленное изображение.

Видеомагнитофон BVH-1000 имеет другую особенность: в нем телевизионный сигнал записывается непрерывно, без провала и потери информации при переходе головки с одного края ленты на другой. Это достигается применением так называемого «полутораголовочного» способа записи [108]. Суть его состоит в том, что на диске помещаются две головки, смещенные друг относительно друга по высоте и на небольшой угол в плоскости диска. Одна головка, основная, записывает и воспроизводит сигнал изображения без кадровой группы, а вторая — только сигнал кадровой группы. При воспроизведении сигналы головок складываются, и непрерывность телевизионного сигнала восстанавливается.

В компактном исполнении видеомагнитофоны с наклонно-строчной записью вместе с портативной телекамерой успешно заменяют 16-мм кинокамеру и имеют все преимущества, свойственные магнитному способу записи.

В области бытовой видеозаписи большое внимание уделяется повышению плотности записи с целью сокращения расхода магнитной ленты на час записи-воспроизведения. Фирма «Сони» выпустила кассетный двухголовочный видеомагнитофон, в котором относительная скорость уменьшена до 6,97 см/с и ширина дорожки записи до 53,5 мк, а также уничтожены промежутки между дорожками. Таким путем расход ленты сокращен до 1,82 м²/ч, т. е. в 3,6 раза сравнительно с предыдущими моделями этой фирмы.

Магнитная видеозапись продолжает находиться в стадии непрерывного развития, и последнего слова в этой области еще не сказано.

Список литературы

1. **Физические** основы магнитной звукозаписи. М., «Энергия», 1970. 424 с. Авт.: А. А. Вроблевский, В. Г. Корольков, Я. А. Мазо и др.
2. **Нозые** магнитные материалы для головок видеозаписи. — «Техника кино и телевидения», 1974, № 1, с. 36—39. Авт.: В. И. Пархоменко, Б. Я. Плучек, И. Р. Полюхова и др.
3. **Мокшин В. В., Яковлев Ю. М., Подручный В. Г.** Магнитные головки для видеозаписи. — «Электронная промышленность», 1973, № 3, с. 52—55.
4. **Такэхара Т., Хаяси Я.** Износ головок. — «Хосо Гидзюцу», 1974, № 3, с. 219—223.
5. **Боголюбский В. А., Плетнев А. П., Яковлев О. Н.** Магнитная лента для видеозаписи Т-4403 (ТЛЦ). — «Техника кино и телевидения», 1974, № 4, с. 69—70.
6. **Norman C. Ritter.** Dropout considerations in video-tape recordings and prosposed recommended practices. — «J. SMPTE», 1972, vol. 81, № 5, p. 401—403.
7. **Устинов В. А.** Способы увеличения срока службы магнитных лент. — «Техника кино и телевидения», 1972, № 5, с. 74—81.
8. **Муллен Дж. Т.** Аппаратура для записи телевизионных программ на магнитную ленту. — В кн.: Кинотелевизионная техника. М., «Искусство», 1959, с. 344—350.
9. **Веде Г.** Запись телевизионных сигналов. — В кн.: Техника магнитной записи. М., Изд-во иностр. лит., 1962, с. 189—219.
10. **Олсон Г., Хаутон В.** и др. Система записи и воспроизведения телевизионных сигналов. — В кн.: Кинотелевизионная техника. М., «Искусство», 1954, с. 277—293.
11. **Экспериментальный** цветной цифровой видеомагнитофон. — «Электроника», 1974, № 12, с. 4—5.
12. **König.** Gegenwärtiger Entwicklungsstand der digitalen Aufzeichnung von Fernsehsignalen. — «Fernsehn und Kino-Technik», 1974, N. 8, S. 217—219.
13. **Исупов К. Л.** Устройство для магнитной записи звука на ленте. Авт. свид., класс 42g 17, № 34. 173. Заявл. 14.05.32.
14. **Цветной** видеопроектор на стандартных магнитофонных кассетах. — «Электроника», 1972, т. 45, № 23, с. 4—6.
15. **Guisinger В. Е.** A new segmented — scan helical broadcast video recorder. — «J. SMPTE», 1974, vol. 83, № 2, p. 94—99.
16. **Transverse** track recorders. — «IEC Recommendation», Publication 347, First edition, 1972.

17. **Носители** записи телевизионных программ. Видеофонограмма на ленте 50,8 мм. ГОСТ 19464-74. Введен с 01.01.1976.

18. **Von Koichi Sadashige.** Durchführbarkeitsstudie für einen neuen kompatiblen Quadriplex — Aufzeichnungsstandard. — «Rundfunktechnische Mitteilungen», 1974, № 2, S. 78—85.

19. **Camras M.** Experiments with electron scanning for magnetic recording and playback video. — «IEEE International Convention Record», 1963, pt 7, p. 75—80.

20. **Camras M.** Magnetic scan head for high-frequency recording. — «IEEE Transactions on Magnetics», 1967, vol. Mag-3, № 2, p. 96—100.

21. **Lind A.** A standard for positioning the vacuum guide in transverse track video-tape recorders. — «Journal SMPTE», 1961, vol. 70, № 7.

22. **Кинцис Ю. О.** Исследование движения ленты по опорному барабану блока видеоголовок. — «Техника кино и телевидения», 1974, № 11, с. 52—57.

23. **Лазарев В. И.** Устройство для счета ленты в магнитофонах. А. С. № 319958 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1971, № 33, с. 168.

24. **Фотоэлектрические** преобразователи информации. М., «Машиностроение», 1974. 373 с. Авт.: А. Н. Переснухин, С. А. Майоров, И. В. Меськин и др.

25. **Лазарев В. И.** Системы автоматического регулирования в видеомагнитофонах. — «Труды ВНИИТР», 1974, вып. 5 (24), с. 41—51.

26. **Лазарев В. И., Пархоменко В. И.** Магнитная запись телевизионных изображений. М., Госэнергоиздат, 1963. 88 с.

27. **Шахгильдян В. В., Ляховкин А. А.** Системы фазовой автоподстройки частоты. М., «Связь», 1972. 448 с.

28. **Кутявин В. С., Лазарев В. И.** Требования и контроль точности положения датчика оборотов двигателя головок в видеомагнитофоне «Кадр-3». — «Реферативная информация ВНИИТР», 1973, № 4 (8), с. 8—12.

29. **Лазарев В. И., Михейкина О. В., Леус Т. И.** Устройство для питания двигателя блока вращающихся головок. А. С. № 391598 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1973, № 31, с. 159.

30. **Harris A.** Time-base errors and their correction in magnetic television recorders. — «Journal SMPTE», 1961, vol. 70, № 7.

31. **Лазарев В. И.** Устройство для установки начальной фазы двигателя. А. С. № 208755 (СССР). Оpubл. в бюл. «Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1968, № 4, с. 46.

32. **Лазарев В. И.** Устройство для плавной установки фазового положения ротора синхронного двигателя. А. С. № 382136 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1973, № 22, с. 155—156.

33. **Лапин Б. Г.** Частотные характеристики и передаточные функции двигателя ВСГ-1. — «Информационный сборник ВНИИРТ», 1967, вып. 2, с. 76—82.

34. **Импульсный** привод скоростного и ведущего двигателя видеомагнитофона. — «Тэрэбидзен», 1967, т. 21, № 6, с. 430—445. Авт.: Т. Кониси, М. Морисити, Е. Катами и др.

35. **Лазарев В. И.** Устройство для воспроизведения изображения с видеомагнитофона. А. С. № 399079 (СССР). Оpubл. в бюл.

«Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1973, № 38, с. 174.

36. **Лазарев В. И.** Система автоматического управления ведущим двигателем видеомагнитофона. — «Информационный сборник ВНИИРТ», 1967, вып. 2, с. 83—89.

37. **Лазарев В. И.** Способ автоматического регулирования скорости движения магнитной ленты. А. С. № 163205 (СССР). Оpubл. в «Бюл. изобретений и товарных знаков», 1964, № 12, с. 29.

38. **Ветшев С. Т., Лазарев В. И.** Устройство управления скоростью движения ленты в видеомагнитофоне с поперечной строчной записью. А. С. № 214642 (СССР). Оpubл. в бюл. «Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1968, № 12, с. 52.

39. **Иванов В. Б.** Малогабаритный видеомагнитофон «Малахит». — «Техника кино и телевидения», 1969, № 4, с. 13—18.

40. **Лазарев В. И.** Регулятор скорости вращения диска с магнитными головками. А. С. № 323799 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1972, с. 195.

41. **Пархоменко В. И., Лишин Л. Г., Лазарев В. И.** Видеомагнитофон «Кадр-103». — «Техника кино и телевидения», 1975, № 1, с. 45—50.

42. **Лапин Б. Г., Никольский В. Д., Костин Б. М.** Устройство автоматической регулировки фазы. А. С. № 419979 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1974, № 10, с. 170—171.

43. **Каган Б. М., Адаско В. И., Пурэ Р. Р.** Запоминающие устройства большой емкости. М., «Энергия», 1968. 320 с.

44. **Картьяну Г.** Частотная модуляция. Изд-во Академии Румынской Народной Республики, 1961. 578 с.

45. **Felix M. O., Walsh H.** FM-system of exceptional bandwidth. — «Proc. IEE», Sept. 1965, vol. 112, № 9, p. 1659—1668.

46. **Хидзо Х.** Автоматический регулятор цвета в цветных видеомагнитофонах. — «Дэмпя дзихо», 1966, т. 21, № 6.

47. **Штейн А. Б.** Об амплитудных и амплитудно-частотных характеристиках канала запись-воспроизведение видеомагнитофона. — «Труды ВНИИТР», 1970, вып. 9(19), с. 16—27.

48. **Екояма К.** О механизме магнитной записи в видеомагнитофоне. — «Тэрэбидзен» (япон.), 1966, т. 20, № 2, с. 88—95.

49. **Штейн А. Б., Мучиев С. Г.** Влияние аддитивных шумов видеомагнитофонов на качество воспроизводимого изображения. — «Труды ВНИИТР», 1970, вып. 9(19), с. 79—89.

50. **Штейн А. Б.** Расчет отношения сигнал/помеха на выходе видеомагнитофона при воздействии аддитивных шумов канала воспроизведения. — «Труды ВНИИТР», 1974, вып. 5 (24), с. 52—61.

51. **Тареп П. Г.** Воспроизведение видеосигналов, записанных поперечным методом на магнитную ленту. — «Электросвязь», 1962, № 11, с. 30—37.

52. **Dillenburgen W., Krause G.** Über eine neue Methode zum Zeitfehlerausgleich bei der Studio-Magnetmaschine. — «Rundfunktechnische Mitteilungen», 1966, Jg. 10, № 3.

53. **Roizen J.** Video tape recording of international color television systems. — «IEEE Trans. on Broadcast and Televis. Receivers», 1966, vol. BTR-12, № 2.

54. **Magnetic tape recording and reproducing system.** Пат. США, кл. 178—5,4, N 321392.

55. **Coleman C.** Techniques for multiple generation colour video tapes-today and tomorrow. — «The Royal Television Soc. Journ.», 1966, vol. 11, № 8.

56. **Sangster F. L. J., Teer K.** Bucket-Brigade Electronics — new possibilities for delay, time-axis conversion and scanning. — «IEEE Journal of solid-state circuits», 1969, vol. SC-4, № 3.

57. **Foerster H.** The helical video recorder — type BCR. Technisches Symposium, Moskau, Studio Ostankino, 1973, p. 167.

58. **Coleman C.** A new technique for time-base stabilization of video recordings. — «IEEE Trans. on Broadcasting», 1971, vol. TBC-17, № 1.

59. **Цифровое** запоминающее устройство для повышения устойчивости строчной синхронизации. — «Электроника», 1967, т. 40, № 3.

60. **Bucciarelli F. V.** A digital synchronizer for a videotape recorder. — «Proc. IEEE», 1973, vol. 61, № 4.

61. **Geddes W. K. E.** Drop-out in video tape recording. — «BBS Eng. Monograph», 1965, № 57, с. 15.

62. **Штейн А. Б.** Структура помехи на выходе видеомагнитофона при выпадениях воспроизводимого сигнала. 3-rd Conference on Magnetic Recording, Budapest, 1970.

63. **Левин Б. Р.** Теоретические основы статистической радиотехники. М., «Сов. радио», 1966, ч. 1. 726 с.

64. **Holmberg V. A., Moskovitz J.** Compensation for drop-out in television magnetic recording. — «IEEE Intern. Conv. Record», 1963, pt. 7.

65. **Рудман В. И.** Исследование детектора выпадений в системах контроля магнитных видеолент. — «Труды ВНИИТР», 1974, вып. 6 (25), с. 33—41.

66. **Лишин Л. Г., Смирнов Б. В.** Устройство компенсации выпадений при магнитной видеозаписи сигналов цветного телевидения. А. С. № 374767 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1973, № 15.

67. **Штейн А. Б.** Разделение сигналов яркости и цветности в аппаратуре регенерации цветových сигналов. — «Труды ВНИИТР», 1974, вып. 6 (25), с. 3—13.

68. **Катаев С. И., Штейн А. Б.** Устройство для обработки цветového телевизионного сигнала, кодированного по системе SEKAM, для видеомагнитофонов. А. С. № 254559 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1969, № 32.

69. **Корсунский А. А., Штейн А. Б.** Управляемая фиксация уровня телевизионного сигнала при воздействии стационарного случайного процесса. — Труды ВНИИРТ», 1969, вып. 8 (18), с. 105—116.

70. **Штейн А. Б., Хаимов В. З.** Вопросы использования фазоманипулированных сигналов в телевизионных каналах. — «V конференция по теории кодирования и передачи информации. Системы связи». Москва — Горький, 1972.

71. **Magnetic tape recording of the composite PAL and SEKAM color signals.** — «Bulletin from Video Engineering», Dec. 1967, 104 (Amplex Corporation).

72. **Лазарев В. И.** Способ автоматической синхронизации видеомагнитофонов для их совместной работы. А. С. № 218213 (СССР). Оpubл. в бюл. «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки», 1968, № 7.

73. Бельский В. Н., Рузанов И. В., Давиденко С. Н. Блок видеозаписи ОТЦ. — «Техника кино и телевидения», 1969, № 10, с. 3—7.

74. Бельский В. Н., Гордин Б. А., Давиденко С. Н. Пульт аппаратной магнитной видеозаписи ПАВЗ-III. — «Техника кино и телевидения», 1975, № 3, с. 60—63.

75. Развитие передвижных средств магнитной видеозаписи. — «Техника кино и телевидения», 1976, № 1, с. 38—41. Авт.: В. А. Красовский, Ю. Е. Ефимов, Т. В. Привознов и др.

76. Wellhausen H. COMPAS — ein computerautomatisiertes Steuer- und Schaltsystem für Fernseh-Betriebsabläufe. — «Fernseh- und Kino-Technik», 1971, vol. 25, № 7, p. 239—243.

77. Ластовец В. Ф., Смирнов В. С. Монтаж видеограмм. — «Информационные материалы ВНИИТР», 1968, № 3, с. 33—39.

78. Лазарев В. И., Ханевский И. А. Система полуавтоматического электронного монтажа видеофонограмм. — Труды ВНИИТР, 1974, вып. 6 (25), с. 14—21.

79. Time and control code for video tape recording. — «IEC recommendation». Publication 461, First edition, 1974.

80. Хикосака К., Цусеки Дж. Широкополосный аппарат для замедленного воспроизведения HS-100. — «Хосо Гидзюцу», 1968, № 8.

81. Salter. A random access broadcast cassette recorder. — «Royal Television Society Journal», July/August, 1973.

82. Racine J. Van den Berg. The design of a machine for high-speed duplication of video records. — «Journal SMPTE», 1969, vol. 78, № 9, p. 709—711.

83. Катушки для намотки магнитных лент. Общие технические условия. ГОСТ 16824-71. Введен с 01.07.1972. 15 с.

84. Высоцкий М. З. Магнитная видеозапись кинофильмов. — «Техника кино и телевидения», 1972, № 7, с. 14—17.

85. Лазарев В. И., Лишин Л. Г., Пархоменко В. И. Бытовые видеоманитофоны. М., «Энергия», 1971, 70 с. с ил.

86. Система магнитной записи и воспроизведения цветowych телевизионных сигналов. Патент Японии № 20046/1964.

87. Bruch W. Das TRIPAL — Verfahren für Aufzeichen von Farbfernsehbildern. — «Funkschau», 1967, № 18, S. 563—565.

88. Кассань П. Способ магнитной регистрации полного видеосигнала цветного телевидения. Патент СССР № 1458.541.

89. Лишин Л. Г., Катопуло В. И. Блок цветности для записи сигналов СЕКАМ-ЗБ на узкополосном видеоманитофоне. — «Техника кино и телевидения», 1973, № 1, с. 46—49.

90. Sawaji Joshio. EIAJ standards for 1/2 in videotape recorders. — «Journal SMPTE», 1970, vol. 79, № 12, p. 1091—1093.

91. Видеоманитофон. — «Радио», 1974, № 8, с. 17—21. Авт.: К. Лаврентьев, Д. Деятилов, Ю. Дубровин и др.

92. Малогабаритный видеоманитофон ЛОМО типа ВК 1/2. — «Техника кино и телевидения», 1972, № 1, с. 38—45. Авт.: М. Г. Шульман, В. А. Костин, Е. Н. Никонов и др.

93. Helical scan video tape cassette system using 1/2 in (12.70 mm) magnetic tape. IEC recommendation. Publication 511, First edition, 1975.

94. Langer F. Der Videorekorder № 1520 mit elektronischen Schnitt. — «Fernseh und Kino Technik», 1974, № 22, S. 840—844.

95. Kazuo Swama. The design concept of a color videocassette total system. — «Journal SMPTE», 1972, vol. 81, № 4, p. 299—302.

96. **LVR** — das neue Video-Cassetten-System der BASF. — «Fernseh- und Kino-technik», 1974, № 8, S. 236.

97. **Кривошеев М. И.** Основы телевизионных измерений. М., «Связь», 1964. 592 с.

98. **Импульсные** методы телевизионных измерений. Сб. статей под ред. Я. И. Эфрусси. М., Изд-во иностр. лит., 1961, с. 115. -

99. **Кривошеев М. И., Дворкович В. П.** Измерения в цветном телевидении. М., «Связь», 1971, с. 136.

100. **Draft** — Measuring methods for television tape machines. IEC, 60B (Secretariat) 45, July 1975.

101. **Тракты** телевизионные вещательные передачи изображения. Магистральные каналы изображения радиорелейных и кабельных линий связи. ГОСТ 19463-74. Введен с 01.01.1976. 33 с.

102. **Тракты** телевизионные вещательные передачи изображения. Звенья тракта. Испытательные сигналы. ГОСТ 18471-73. Введен с 01.01.1974. 24 с.

103. **Мучиев С. Г.** Оценка комбинационных искажений при магнитной записи цветowych телевизионных сигналов, кодированных по системе СЕКАМ. — «Труды ВНИИТР», вып. 3/22, 1972, с. 74—81.

104. **Time base stability.** — (Draft.) «IEC», 60B (Secretariat) 44, July 1975.

105. **Видеофонограммы** на магнитной ленте для международного обмена телевизионными программами. Рекомендация № 60/2 ТК ОИРТ, ТК-XXII-22, август 1973.

106. **Standarts** for the international exchange of television programmes on magnetic tape. — «Recommendation 469-1 CCIR», 1970—1974.

107. **Магнитофоны** студийные и репортерские. Методы испытаний. ГОСТ 12416-74. Введен с 01.01.1976. 16 с.

108. **Пархоменко В. И.** Развертывающие устройства и характеристики видеомагнитофонов. — «Техника кино и телевидения», 1965, № 1, с. 25—35.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию	3
Введение	4
Глава первая. Магнитная запись телевизионных сигналов	
1-1. Особенности магнитной записи телевизионных сигналов	8
1-2. Магнитные головки видеозаписи	18
1-3. Магнитная лента для видеозаписи	13
1-4. Способы магнитной записи телевизионных сигналов	29
1-5. Структурная схема видеомагнитофона	34
Глава вторая. Лентопротяжный механизм видеомагнитофона	38
2-1. Общие сведения	38
2-2. Лентопротяжные механизмы четырехголовочных видеомагнитофонов	42
2-3. Блок вращающихся головок четырехголовочного видеомагнитофона	53
2-4. Лентопротяжные механизмы одно- и двухголовочных видеомагнитофонов	60
2-5. Узлы вращающихся головок одно- и двухголовочных видеомагнитофонов	64
2-6. Счетчик ленты	67
Глава третья. Системы управления	71
3-1. Общие сведения	71
3-2. Принцип работы системы автоматического регулирования скорости диска головок с одной цепью регулирования	75
3-3. Формирование напряжения питания синхронного двигателя головок	82
3-4. Цели демпфирования и строчного слежения	92
3-5. Принцип работы системы автоматического регулирования средней скорости ленты	97
3-6. Система автоматического регулирования скорости ленты с двигателем постоянного тока	114
3-7. Основные системы автоматического регулирования в одно- и двухголовочных видеомагнитофонах	117
3-8. Режим внешней синхронизации	125
3-9. Система регулирования вакуумной направляющей	130
3-10. Система автоматического регулирования привода катушек	133
	397

Глава четвертая. Канал сигнала изображения видеомагнитофонов	140
4-1. Общие сведения	140
4-2. Структурная схема канала сигнала изображения	143
4-3. Система частотной модуляции	147
4-4. Звенья канала сигнала изображения	158
4-5. Частотные характеристики канала записи-воспроизведения	187
4-6. Помехозащищенность канала записи-воспроизведения	191
Глава пятая. Обработка воспроизводимых телевизионных сигналов	196
5-1. Общие сведения	196
5-2. Источники и виды искажений временного масштаба воспроизводимого изображения	202
5-3. Коррекция временных искажений	210
5-4. Особенности коррекции временных искажений при воспроизведении цветowych сигналов систем ПАЛ и NTSC	220
5-5. Системы с широким диапазоном коррекции временных искажений	226
5-6. Выпадения воспроизводимого сигнала	237
5-7. Компенсация выпадений воспроизводимого сигнала	242
5-8. Регенерация гасящих и синхронизирующих импульсов в воспроизводимом сигнале	248
5-9. Разделение сигналов яркости и цветности	253
5-10. Выделение синхрои́мпульсов из воспроизводимого сигнала	262
5-11. Определение порядка чередования цветоразностных сигналов и опознавание цветной программы	270
Глава шестая. Видеомагнитофоны для телевизионного вещания	274
6-1. Общие сведения	274
6-2. Четырехголовочные видеомагнитофоны	276
6-3. Профессиональные одно- и двухголовочные видеомагнитофоны	297
Глава седьмая. Использование видеомагнитофонов в телевизионном вещании	305
7-1. Общие сведения	305
7-2. Монтаж видеофонограмм	310
7-3. Параллельная синхронная работа видеомагнитофонов и магнитофонов	325
7-4. Устройства для замедленного воспроизведения	328
7-5. Кассетные видеомагнитофоны для телевизионного вещания	333
7-6. Тиражирование видеофонограмм	336
7-7. Обмен программами и стандартизация аппаратуры	338
Глава восьмая. Видеомагнитофоны для замкнутых систем телевидения и бытового назначения	342
8-1. Общие сведения	342
8-2. Катущечные видеомагнитофоны	349
8-3. Кассетные видеомагнитофоны	360

Глава девятая. Измерение параметров видеоманитофона	369
9-1. Общие сведения	369
9-2. Параметры канала сигнала изображения	370
9-3. Видеофонограмма	383
9-4. Параметры канала звукового сигнала	385
9-5. Измерительные ленты	386
Заключение	388
Список литературы	397

**ГОНЧАРОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
ЛАЗАРЕВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ
ПАРХОМЕНКО ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ
ШТЕЙН АНАТОЛИЙ БОРИСОВИЧ**

Техника магнитной видеозаписи

Редактор издательства *А. И. Цитленко*

Переплет художника *В. И. Карпова*

Технический редактор *О. Д. Кузнецова*

Корректор *М. Г. Гулина*

ИБ № 699

Сдано в набор 24/VI 1977 г. Подписано к печати 14/XII 1977 г.
Т-20344 Формат 84×108^{1/32} Бумага типографская № 1
Усл. печ. л. 21,0 Уч.-изд. л. 23,05
Тираж 15 000 экз. Зак. 215 Цена 1 р. 50 к.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

**Московская типография № 10 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.**