

Л. Г. ЛИШИН



МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ



МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 990

Л. Г. ЛИШИН

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ
ЦВЕТНЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ



МОСКВА
ЭНЕРГИЯ 1979

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Берг А. И., Борисов В. Г., Белкин Б. Г., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Гороховский А. В., Демьянов И. А., Ельминович С. А., Жеребцов И. А., Корольков В. Г., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Чистяков Н. И.

Лишин Л. Г.

Л 67 Магнитная запись цветных изображений. — М.: Энергия, 1979. — 120 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 990).

60 к.

В книге описаны способы магнитной видеозаписи цветных телевизионных сигналов на магнитную ленту. Основное внимание уделено способам записи с разделением и преобразованием спектров цветового сигнала. Приводятся структурные схемы каналов изображения цветных видеоманитофонов и цветных приставок к черно-белым видеоманитофонам.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и может быть полезна специалистам, занимающимся магнитной видеозаписью.

30403-069
Л 051(01)-78 — 233-79. 2402030000

ББК 32.871

6Ф2.7

© Издательство «Энергия», 1979 г.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в технике телевизионного вещания стали широко применяться видеоманитофоны. Их появление в корне изменило технологию телевизионного вещания. Телевизионные программы записываются заранее. Записи программ от различных источников сначала монтируются и лишь затем передаются в эфир. Видеозапись позволяет эффективно использовать аппаратуру на телецентрах, расширяет творческие возможности создателей программ.

Особенно возросла роль видеозаписи в Советском Союзе в октябре 1968 г. с началом цветного телевизионного вещания. Первые передачи «Эстрадный концерт», «Парад и демонстрация на Красной площади» были записаны в аппаратной видеозаписи на Московском телевизионном центре с помощью двух видеоманитофонов «Кадр-1Ц» [5].

Подготовка цветных программ требует большего времени из-за повышения требований к освещению, костюмам, декорациям и пр. Ранее широко распространенный на телецентрах способ консервации программ — съемка на кинолентку в цветном телевизионном вещании используется мало. Поэтому роль видеозаписи трудно переоценить.

Современный студийный профессиональный видеоманитофон, предназначенный для записи цветных телевизионных программ, содержит высокоточные механические узлы, входящие в состав лентопротяжного механизма и блока вращающихся головок, сложные электронные системы автоматического регулирования двигателями, системы преобразования видеосигналов, устройства для обработки импульсной части воспроизводимого сигнала и коррекции временных искажений. Казалось бы, эта дорогостоящая техника не сможет появиться у телезрителей дома. Однако непрерывное совершенствование магнитных носителей, головок, способов записи и электронных схем позволило создать ряд сравнительно дешевых моделей видеоманитофонов, пригодных для непрофессионального использования. На бытовые видеоманитофоны обычно записывают сигналы, принимаемые телевизором или создаваемые портативной передающей телевизионной камерой. Эти записи с помощью видеоманитофона можно воспроизводить на том же самом телевизоре.

Способы записи цветных телевизионных изображений на бытовых и студийных видеомагнитофонах существенно различаются. Эти различия обусловлены не только стоимостью и качественными характеристиками аппаратуры, но и особенностями передачи цветových телевизионных сигналов в современных системах цветного телевидения [1].

В книге подробно описаны существующие способы магнитной видеозаписи цветových телевизионных сигналов. Особое внимание уделено способам записи с разделением и преобразованием цветového сигнала видеомагнитофона, так как они получили наиболее широкое распространение в бытовых видеомагнитофонах, записывающих цветové телевизионные сигналы.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСОБЕННОСТИ ЗАПИСИ НА ВИДЕОМАГНИТОФОНАХ СИГНАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В Советском Союзе принята система цветного телевидения СЕКАМ-ЗБ, полный видеосигнал которой состоит из трех компонент: сигнала яркости Y , сигналов цветности $R-Y$ и $B-Y$ и сигнала синхронизации.

Высококачественная запись сигналов цветного телевидения требует значительного усложнения видеомагнитофонов [3]. Это вызвано необходимостью обеспечения записи широкой полосы частот (до 6 МГц), высокого отношения сигнал/шум (свыше 40 дБ) по видеоканалу, линейности амплитудных, фазовых и переходных характеристик и требованиями высокой временной стабильности воспроизводимого сигнала. Наименее чувствительна к временным искажениям система СЕКАМ.

Современные студийные цветные видеомагнитофоны «Кадр-ЗП» [2], «Электрон-2М», имеющие высокие электрические параметры и оснащенные специальными системами для обработки цветových телевизионных сигналов, позволяют записывать сигналы системы СЕКАМ с достаточно хорошим качеством. Однако имеются еще значительные трудности с обеспечением необходимого отношения сигнал/шум при перезаписи программ, с сохранением низкого уровня дифференциально-фазовых искажений и достигнем ряда других параметров.

Запись сигналов цветного телевидения, кодированных по системе ПАЛ, принятой в ряде стран Европы, требует более совершенных видеомагнитофонов, например таких, как «Кадр-5» [17]. Дело в том, что эти сигналы очень чувствительны к искажениям типа «дифференциальное усиление», к временным искажениям и особенно к скачкам фазы при переключении головок. Для стабилизации фазы поднесущей цветности при воспроизведении приходится применять специальные корректоры.

Особенно высокие требования к временной стабильности воспроизводимых сигналов предъявляет запись сигналов, кодированных по системе НТСЦ, принятой в США, Японии и других странах. В видеомагнитофонах, используемых для записи сигналов этой системы, применяют корректоры фазы воспроизводимой поднесущей и ряд устройств, обеспечивающих линейность сквозной фазовой характеристики канала изображения. Вместе с тем телевизионные сигналы, кодированные по системе НТСЦ, занимают более узкую полосу частот и поэтому имеют более высокую помехозащищенность по сравнению с сигналами системы СЕКАМ.

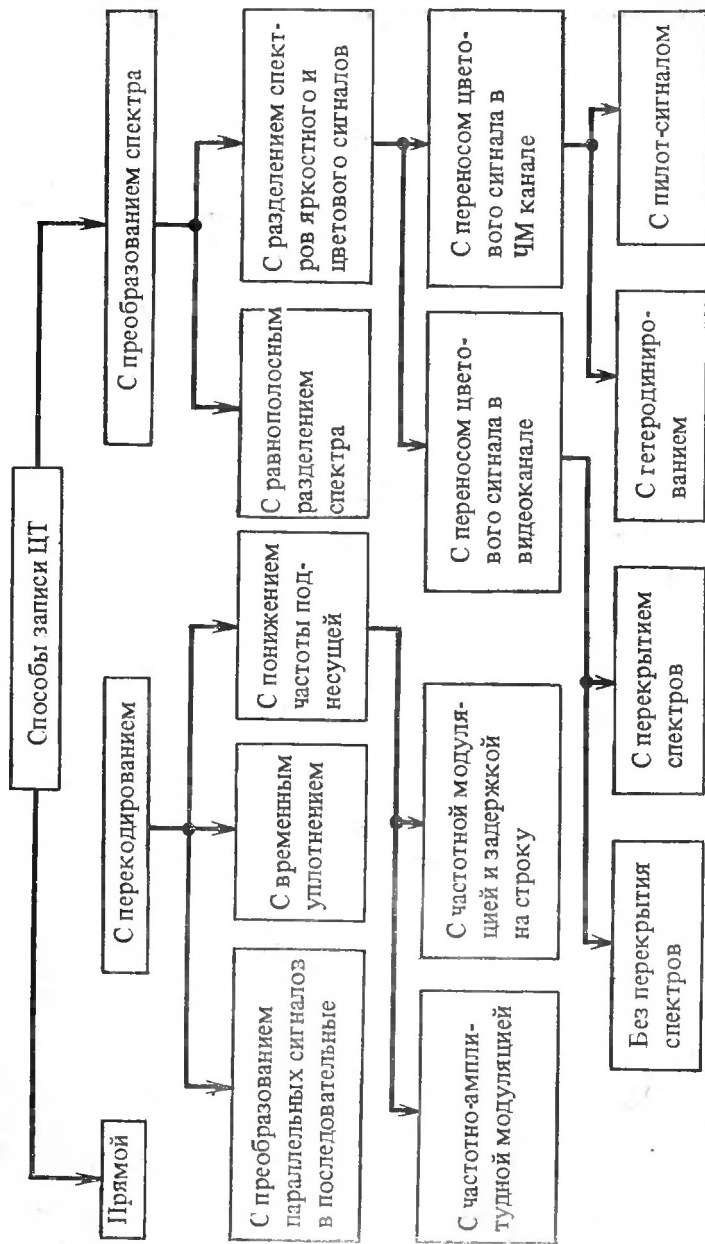


Рис. 1. Общая классификация способов магнитной записи цветных телевизионных сигналов.

Интенсивное развитие магнитной видеозаписи привело к появлению видеомэгнитофонов с различными характеристиками. В них полоса записываемых частот по каналу изображения может меняться от 2,5 до 6 МГц, отношение сигнал/шум — от 36 до 49 дБ, а временная стабильность — от 1,6 нс до нескольких микросекунд.

Общая классификация различных способов магнитной записи цветных сигналов приведена на рис. 1. Эта классификация построена в предположении, что на вход видеомэгнитофона подается цветовой видеосигнал, кодированный по одной из трех систем, принятых для телевизионного вещания (СЕКАМ, НТСЦ, ПАЛ).

Способы подготовки цветного телевизионного сигнала к записи могут быть разбиты на три основные группы: прямая запись цветного сигнала; запись цветного сигнала с перекодированием; запись цветного сигнала с преобразованием спектров. Любой из этих способов приводит к искажениям исходного цветного изображения. Величина искажений весьма различна. Для сравнительной оценки различных способов обычно выбирают три-четыре основных критерия.

Если допустить, что все способы обязательно должны сохранить нормальное декодирование цветных сигналов в стандартном телевизионном приемнике, то возможными критериями качества воспроизводимого сигнала можно считать разрешающую способность по сигналам яркости и цветности, отношение сигнал/шум по каналам яркости и цветности, уровень комбинационных составляющих и искажения цветопередачи, вызываемые временной нестабильностью воспроизводимого сигнала. Даже этот далеко не полный перечень искажений цветного сигнала трудно определить для существующих способов записи. Например, уровень комбинационных искажений в значительной степени зависит от качества выполнения преобразователей, характеристик фильтров и расположения составляющих спектра цветного сигнала по частотному диапазону. Влияние временной нестабильности видеомэгнитофона совершенно по-разному проявляется в зависимости от применяемой системы кодирования сигнала. Поэтому одним из наиболее универсальных способов оценки записи является расчет и сравнение коэффициентов сужения составляющих спектров исходного цветного сигнала и последующее вычисление по этим коэффициентам параметров воспроизводимого изображения.

Коэффициенты сужения вычисляют по формулам: $K_n = \Delta F_n / \Delta F'_n$ — коэффициент сужения полного спектра цветного сигнала; $K_Y = \Delta F_Y / \Delta F'_Y$ — коэффициент сужения спектра сигнала яркости, вычисляемый с учетом обработки сигнала при записи или воспроизведении; $K_{Cv} = \Delta F_{Cv} / \Delta F'_{Cv}$ — коэффициент сужения спектра сигнала цветности, вычисляемый с учетом обработки сигнала при записи или воспроизведении: здесь ΔF_n , ΔF_Y , ΔF_{Cv} — полоса частот, занимаемая соответственно спектрами полного, яркостного и цветного сигналов; $\Delta F'_n$, $\Delta F'_Y$, $\Delta F'_{Cv}$ — полоса частот соответственно суженных, гетеродированных или перекодированных спектров полного, яркостного или цветного сигнала.

При сравнительной оценке того или иного способа необходимо принимать во внимание также отношения сигнал/шум по сигналам яркости и цветности, уровень комбинационных помех и перекрестных искажений.

Совершенно ясно, что для прямого способа записи $K_H = K_V = K_{\text{цв}} = 1$ в том случае, когда полоса частот, записываемых по каналу изображения видеомагнитофона, равна или превосходит полосу частот, занимаемую цветовым сигналом. В этом случае прямой способ записи является всегда наилучшим, если не учитывать его некоторые недостатки, рассмотренные далее. Другие способы записи, используемые в узкополосных видеомагнитофонах, предполагают различную степень сужения исходных спектров цветового сигнала, учитываемую коэффициентами сужения, из-за чего воспроизводимое изображение имеет худшие параметры по сравнению с записываемым.

ГЛАВА ВТОРАЯ УСТРОЙСТВО СОВРЕМЕННЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для профессиональной магнитной видеозаписи обычно используются видеомагнитофоны с четырьмя вращающимися головками и поперечно-строчной записью [3]. Четырехголовочные видеомагнитофоны (рис. 2) широко распространены как на отечественных, так и на зарубежных телецентрах. Этому обстоятельству способствовало высокое качество записи на этих видеомагнитофонах и возможность широкого обмена программами как внутри страны, так и между странами, имеющими одинаковые телевизионные стандарты. Технология записи на четырехголовочных видеомагнитофонах хорошо отработана: созданы многочисленные фонды записей. Вместе с тем поперечно-строчная запись не экономична. Видеомагнитофоны с четырьмя головками требуют замены блоков головок через каждые 150—200 ч работы, применения широкой магнитной ленты, сложных регулировок и настройки электронных устройств и лентопротяжных механизмов [4].

Особые трудности вызывает составление программы из отдельных, часто весьма коротких кусков. В этом случае применяется электронный монтаж программ, осуществляемый с помощью внешних программных устройств и электронных блоков, встроенных непосредственно в видеомагнитофон. Современные профессиональные видеомагнитофоны позволяют монтировать цветные телевизионные программы любых систем и звуковое сопровождение в режимах «Вставка», когда в одну программу вставляют куски другой, и «Продолжение», когда первая программа переходит во вторую без сбоя синхронизации и искажений на стыках. Монтаж при этом производится либо по предварительной разметке, либо автоматически с помощью программного устройства и ЭВМ по коду. Современные монтажные комплексы, как правило, очень сложны, что затрудняет подготовку программ для передачи в эфир. Для облегчения процесса подготовки программы и его автоматизации разработаны кассетные видеомагнитофоны. Они имеют два лентопротяжных механизма. Кассеты, размещенные в контейнере, подаются в лентопротяжные механизмы автоматически по команде от электронного программного устройства. Подобный видеомагнитофон может непрерывно переда-

вать в эфир программы, составленные из пятиминутных частей, и при этом обслуживаться одним человеком.

Для получения специальных эффектов (замедления, ускорения или остановки кадров) применяются видеомагнитофоны, в которых запись производится на магнитный диск несколькими последовательно переключаемыми головками. Отрывки программы небольшой

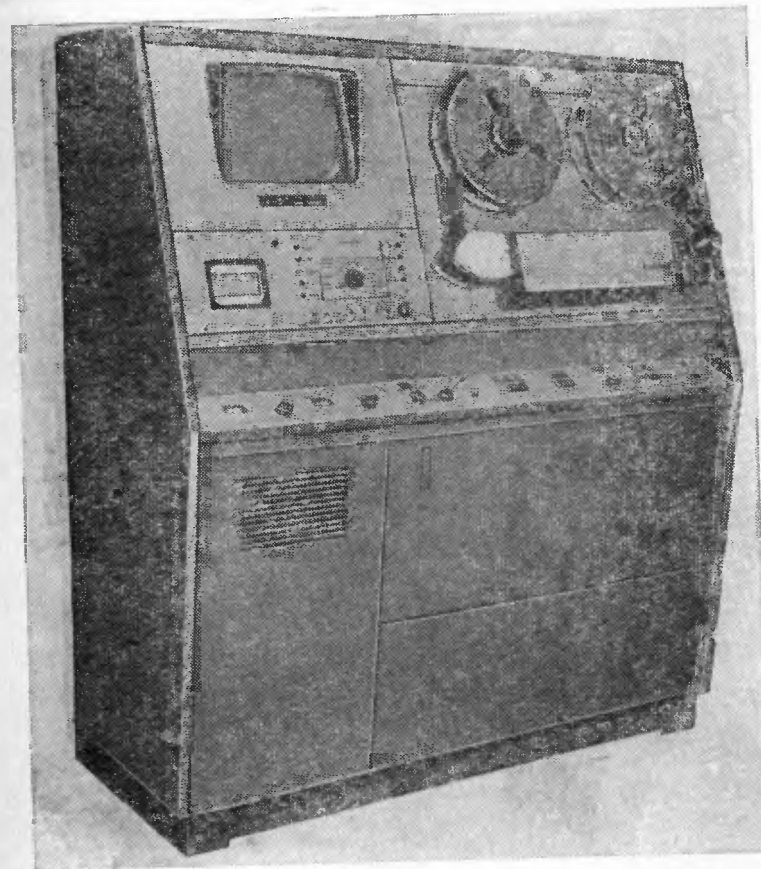


Рис. 2. Профессиональный цветной четырехголовочный видеомагнитофон «Кадр-3».

длительности записываются на концентрических магнитных строчках, причем за один оборот диска записывается один полукадр, что позволяет, перемещая головки с одной строчки на другую, получать требуемый режим воспроизведения.

В последнее время появились профессиональные видеомагнитофоны с так называемым сегментным способом записи двумя враща-

ющимися головками. При этом способе записи каждая головка записывает часть телевизионного полукадра (сегмент), а диск с головками охватывается лентой на угол, несколько больший 180° . В этих видеомэгнитофонах используется более рациональный формат записи, новые ферритовые магнитные головки, имеющие большую износостойкость, что позволяет вдвое снизить стоимость одного часа программы и сохранить высокое качество записи.



Рис. 3. Профессиональный цветной одголовочный видеомэгнитофон «Кадр-103».

Еще большую экономичность имеют одголовочные и сегментные двухголовочные видеомэгнитофоны, позволяющие записывать цветные телевизионные программы на ленте шириной 25,4 мм [6]. Эти видеомэгнитофоны (рис. 3) можно использовать как в студии,

так и для репортажных целей. Они имеют значительно меньшие массу и габариты, чем четырехголовочные видеомэгнитофоны. Для получения высокой стабильности воспроизводимого сигнала к таким видеомэгнитофонам подключают цифровые или аналоговые корректоры временных искажений с широкими пределами коррекции. В цифровых корректорах телевизионный сигнал сначала преобразуется в цифровую форму и запоминается. При считывании из запо-

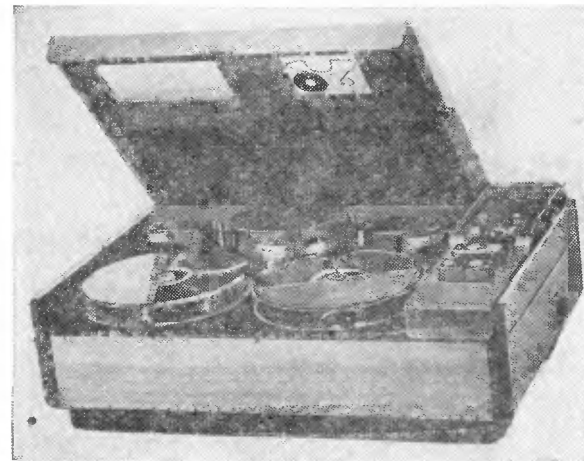


Рис. 4. Катушечный двухголовочный видеомэгнитофон «Электроника Л-1-08».

минающего устройства производится необходимая компенсация неустойчивости сигнала. Затем цифровой сигнал снова преобразуется в аналоговый цветовой телевизионный сигнал, но уже не содержащий искажений. Подобные корректоры имеют диапазон коррекции в несколько телевизионных строк и малые остаточные ошибки. С их использованием появилась возможность передавать в эфир сигналы, воспроизводимые даже с бытовых видеомэгнитофонов.

Для бытовой видеозаписи обычно применяется лента шириной 12,7 мм. Магнитные строчки записываются на ней двумя вращающимися головками под острым углом к базовому краю ленты. Бытовые видеомэгнитофоны выпускают с катушками или с кассетами. Советские бытовые катушечные видеомэгнитофоны «Электроника-501», «Электроника-502» предназначены для записи черно-белого изображения. При подключении приставки «Цвет» на них можно записывать цветные телевизионные программы.

Известный интерес вызывает видеомэгнитофон «Электроника Л-1-08» (рис. 4), позволяющий записывать программы большой длительности на небольших катушках. В нем одной головкой записываются только четные полукадры, а нечетные пропускаются. При вос-

Профессиональные четырехголовочные видеоматричные

Характеристика	AVR-1, «Амлекс» (США)	AVR-2, «Амлекс» (США)	AVR-3 «Амлекс» (США)	ЕСМ-40Е, «Фрэнсис Бош» (ФРГ)	«Кадр-3» (СССР)	«Кадр-3П» (СССР)	«Кадр-5» (СССР)
Габариты, мм	1950×1470×840	1657×940×813	1000×1473×757	2000×1420×680	1480×1690×750	1480×1690×750	—
Масса, кг	1000	290	500	730	550	550	—
Потребляемая мощность, кВт	5,3	1,3	—	3	1,8	1,8	—
Скорость ленты, мм/с	39,7/19,88	39,7/19,88	39,7/19,8	39,7	39,7	39,7	39,7
Время записки, с	0,2	2	1	0,5	5	5	0,5
Канал изображения							
Полоса частот, МГц	5,5±0,5 дБ	5,5±0,5 дБ	5,5±0,5 дБ	5,5±1 дБ	6,0±1 дБ	6,0±1 дБ	6,0±1 дБ
Отношение сигнал/шум, дБ	43	43	43	45	41	41	45
Комбинационные иска- жения, дБ	36	36	40	32	30	35	35
Стандарт записи	ВЧ	ВЧ	СВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
Запись цвета	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	СЕКАМ	СЕКАМ	СЕКАМ, ПАЛ

Дифференциальное усн- ление, %	4	4	4	5	10	5	5
Дифференциальная фа- за, град	4	4	4	5	—	5	5
К фактор $\sin^2 2\tau$, %	1	1	1	2	—	1,5	1
Тип КВИ	Аналоговый	Цифровой	Цифровой	Аналоговый	Аналоговый	Аналоговый	Аналоговый
Компенсация выпадений	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	НТСЦ, ПАЛ, СЕКАМ	СЕКАМ	СЕКАМ	СЕКАМ, ПАЛ
Диапазон коррекции КВИ, мкс	64	64	64	64	±0,47	±0,6	±8
Остаточные временные ошибки,нс	±2,5	±1,5	±1,5	±2,5	±30	±30	±10 СЕКАМ; ±2 ПАЛ
Канал звука							
Полоса частот, Гц	50—15 000	50—15 000	50—15 000	40—14 000	50—15 000	50—15 000	50—15 000
Отношение сигнал/шум, дБ	55	55	50	52	50	50	50
Особенности аппаратуры	Воздушные буфера; про- граммное уст- ройство для монтажа по коду	Запись кода: блочная кон- струкция	Механические буфера; про- граммное уст- ройство для монтажа по коду; коррек- ция по пилот- сигналу. Два звуковых ка- нала	Воздушные буфера; про- граммное уст- ройство для монтажа по коду	—	Разъемный каркас; до- полнительная амортизация	Воздушные буфера; про- граммное уст- ройство для монтажа по коду

произведенни одна и та же магнитная строчка воспроизводится двумя головками, сдвинутыми на угол 178°, по очереди. Это позволяет вдвое медленнее перемещать ленту и снизить ее расход.

Для бытовых видеоманитрофонов более удобны кассеты. На рис. 5 изображена кассета ВК-3,0 рекомендуемая для отечественных видеоманитрофонов. Основные характеристики некоторых видеоманитрофонов отечественного и зарубежного производства приведены в табл. 1—3.

Большой интерес вызывают новые бытовые видеоманитрофоны с повышенной плотностью записи. В видеоманитрофоне ЛВР фирмы «БАСФ» (ФРГ) запись цветных сигналов производится неподвижной головкой на продольных строчках. На ленту шириной 6,25 мм по очереди записываются 28 продольных строчек при относительной скорости головка/лента, равной 3 м/с. Время перехода со строки на строку при реверсировании ленты составляет 80 мс. Поэтому этот переход не заметен на изображении. Размер кассеты 118×110×11,6 мм. Для применения в быту предназначен видеоманитрофон «Бэтамакс» фирмы «Сони» (Япония). В нем на ленте шириной 12,7 мм записываются цветные телевизионные сигналы на узких строчках практически без промежутков, что позволяет программу длительностью 1 ч записать на ленте длиной 150 м. Повышенная плотность записи (табл. 3) позволила создать миниатюрную кассету.

Из приведенных таблиц следует, что ассортимент видеоманитрофонов довольно широк. Все профессиональные аппараты записывают цветные телевизионные сигналы прямым способом. Бытовые видеоманитрофоны обычно записывают сокращенную полосу частот и име-

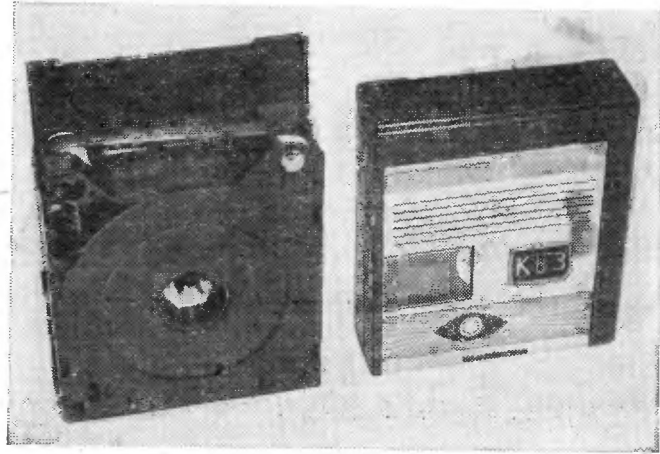


Рис. 5. Видеокассета.

Таблица 2

Отечественные бытовые двухголовочные видеоманитрофоны, работающие на ленте шириной 12,7 мм

Назначение	Характеристика	ВК-1/2	«Электроника-501»	«Электроника-502»	«Электроника-505» и «Сатурн-501 видео»	«Электроника-505»	«Электроника-51-1-08»	«Электроника-551»	«Спектр-203»	«Орион-501 видео»
Масса, кг		18(7,5)	12	15	10	15	10	12	16	10
Габариты, мм		370×370×210	260×290×160	420×195×340	—	420×195×340	410×282×135	410×282×160	450×340×170	300×300×125
Вид ТВ сигнала		Черно-белый	Черно-белый	Черно-белый	Цветной	Цветной	Черно-белый	Цветной	Цветной	Цветной
Тип упаковки ленты		Катушка	Катушка	Катушка	Кассета ВК-30	Катушка	Катушка	Катушка	Катушка	Кассета ВК-30
Скорость ленты, см/с		9,53	16,32	14,29	14,29	14,29	7,8	7,8	8,1	8,1
Время записи, мин		140	35	45	30	45	170	170	30	30
Скорость головка-лента, м/с		11,0	8,9	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Канал изображения		250	250	250	220	220	220	220	220	220
Четкость строк		40	40	40	40	40	40	40	38	38
Отношение сигнал/шум, дБ		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Число звуковых каналов		63—10 000	63—10 000	100—10 000	80—10 000	100—10 000	100—10 000	100—10 000	100—10 000	100—10 000
Полоса частот звукового канала, Гц		40	40	40	38	40	38	38	40	40
Отношение сигнал/шум, дБ		40	40	40	38	40	38	38	40	40
Питание		Сеть/батарея	Батарея	Сеть	Батарея	Сеть	Сеть	Сеть	Сеть	Батарея

Сравнительные характеристики кассет для бытовых видеомагнитофонов

Характеристика	И-матик, «София» (Япония)	ВК-30 (СССР)	КАРТРИДЖ «Матзюшита» (Япония)	ВК-120, «Филипс» (Голландия)	ВНЗ «Матзюшита» (Япония)	БЭТАМАКС 2 «София» (Япония)	ЛВР, «БАСФ» (ФРГ)
Габариты, мм	221×140×32	145×127×41	128×29× ×130	145×127× ×41	188×104× ×25	156×96×25	113×105× ×17
Масса, г	435	343	349	343	280	210	160
Ширина ленты, мм	19,05	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	6,25
Скорость ленты, см/с	9,5	14,23	16,32	6,56	3,35	2,0	400
Площадь ленты на 1 ч записи, м ²	6,84	6,7	8,5	3,09	1,58	0,95	2,56
Скорость головка- лента, м/с	8,56	8,08	9,1	3,08	5,8	6,9	4,0
Диаметр барабана, мм	110	105	116	105	62	74	—
Полоса частот видео- канала, МГц	3,8	2,7	4,0	2,7	3,0	3,0	2,7
Отношение сигнала/шум, дБ	48	40	45	40	42	40	40

ют сравнительно низкую временную стабильность. Применение специальных способов преобразования цветových сигналов, рассматриваемых ниже, дает возможность записывать и воспроизводить на них цветные программы довольно высоким качеством.

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

Упрощенная структурная схема четырехголовочного профессионального видеомагнитофона «Кадр-3» изображена на рис. 6. В нее входит лентопротяжный механизм (ЛПМ), содержащий ведущий 5, подающий 2 и приемный 6 узлы, блок стационарных головок 4 и блок вращающихся головок 3. В состав видеомагнитофона также

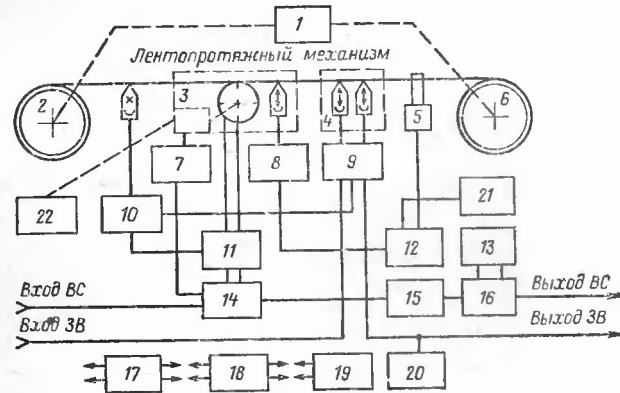


Рис. 6. Упрощенная структурная схема четырехголовочного профессионального видеомагнитофона «Кадр-3».

входят: канал изображения 14, предназначенный для преобразования видеосигнала в частотно-модулированный (ЧМ) сигнал и обратного его преобразования в видеосигнал; ЧМ канал 11 для записи ЧМ сигнала на ленту и последующего воспроизведения, коррекции; звуковые каналы 9 для записи звукового сопровождения и режиссерских пояснений; канал управления 8 для записи контрольного сигнала; системы автоматического регулирования скоростью двигателем 7 (САР—СД) и скоростью движения ленты 12 (САР—СЛ); системы компенсации выпадений 15 (СКВ), коррекции временных искажений 13 (КВИ); обработки импульсной части воспроизводимого сигнала 16 (СО).

Кроме того, в состав четырехголовочного видеомагнитофона обычно вводятся: система электронного монтажа программ 10 (ЭМП); система синхронного пуска 21; система регулирования натяжения ленты 1 (САР—Н); вакуумная система 22, отсасывающая воздух из вакуумной направляющей блока головок; воздушная система, питающая сжатым воздухом воздушные подшипники блока головок; система питания и охлаждения 17, система контроля и коммутации 18 с измерительным осциллографом, видеоконтрольное ус-

ройство 19 и звуковой агрегат 20. Вполне естественно, что такой сложный комплекс электромеханических и радиоэлектронных устройств имеет высокую стоимость и используется только на телецентрах [3].

Так как в профессиональном видеомагнитофоне запись цветных телевизионных сигналов производится так же, как в черно-белых, то структурная схема аппарата для записи цветных сигналов не должна сильно отличаться от черно-белого. Вместе с тем запись цветных сигналов, особенно кодированных по системам ПАЛ и НТСЦ, представляет значительно более жесткие требования к параметрам видеоканала, ЧМ канала, системы обработки и коррекции временных

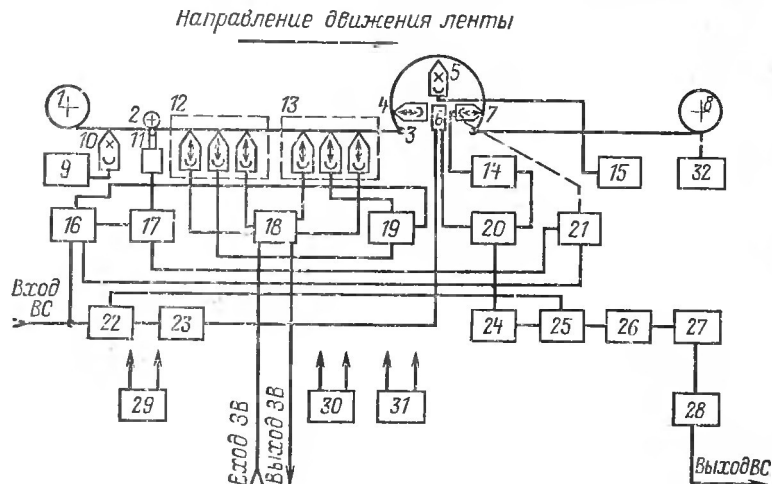


Рис. 7. Упрощенная структурная схема одголовочного профессионального видеомагнитофона «Кадр-103».

искажений. Поэтому эти устройства в видеомагнитофонах для записи цветных сигналов значительно сложнее.

Высококачественная запись сигналов системы СЕКАМ также требует существенной переделки как системы обработки воспроизводимого сигнала, так и ряда других блоков в черно-белом видеомагнитофоне. Подробное описание четырехголовочных профессиональных видеомагнитофонов приведено в [3], здесь же рассмотрим устройство более простого одголовочного профессионального видеомагнитофона для записи цветных сигналов «Кадр-103».

Упрощенная структурная схема видеомагнитофона изображена на рис. 7. В нее входят следующие основные системы и электронные блоки: ЛПМ, состоящий из подающего 1 и приемного 8 узлов, ведущего двигателя 11 с прижимным роликом 2. На плате ЛПМ расположены блоки записывающих 12 и воспроизводящих 13 стационарных головок, блок 3 вращающихся головок 4, 5, 7 и общая стирающая головка 10, питаемая от генератора стирания 9; видеоканал,

предназначенный для прямого и обратного преобразований входного видеосигнала в периодически-модулированный (ПМ) сигнал, состоящий из модулятора 22, ограничителя 25 и демодулятора 26; канал записи и воспроизведения ПМ сигнала, состоящий из усилителя записи 23, предварительных усилителей воспроизведения 6 и 14, оконечного усилителя 20 и корректора 24; САР—СЛ 17, САР—СД 21 и САР—НЛ 32; опорный селектор 16, вырабатывающий опорные сигналы для работы различных систем; СКВ 27; ЭМП, состоящая из блока монтажа 30 и генератора видеостирания 15; СО 28; канал записи и воспроизведения контрольного сигнала 19 и два канала записи и воспроизведения звукового сопровождения 18; система питания 29; система контроля и коммутации 31.

В видеомагнитофоне «Кадр-103» вместо обычной частотной модуляции применена периодная модуляция, что позволило получить профессиональное качество изображения при относительно низкой скорости головки/лента (21 вместо 40 м/с, применяемой в четырехголовочных видеомагнитофонах).

В качестве периодного модулятора 22 применен мультивибратор с двумя генераторами пилообразного напряжения, которые управляют модулирующим видеосигналом.

Ограничитель 25 собран по симметричной схеме, в нем использованы интегральные транзисторные сборки с идентичными активными элементами. В демодуляторе 26 применяется схема, в которой исходное ограниченное ПМ колебание преобразуется в последовательность пилообразных импульсов (ПИМ) удвоенной частоты. Выделение видеосигнала из спектра ПИМ сигнала осуществляется фильтром низких частот (ФНЧ) [7]. Для прямой записи цветного видеосигнала в полосе 5 МГц в видеомагнитофоне применена следующая расстановка частот: $f_{\text{сигнр}} = 5,6 \text{ МГц}$, $f_{\text{ч}} = 5,9 \text{ МГц}$, $f_{\text{б}} = 6,6 \text{ МГц}$. При этом уровень комбинационных искажений не превышает -34 дБ . В модуляторе и демодуляторе использованы фазокорректированные ФНЧ, которые позволяют получить при записи сигнала $\sin^2 2T$ $K_{\text{фактор}} < 2\%$.

Канал записи ПМ сигнала состоит из предварительного усилителя записи, имеющего электронный ключ, управляемый системой ЭМП; оконечного усилителя записи 23, выполненного по схеме несимметричного двухтактного усилителя с низким выходным сопротивлением, шунтирующим цепь головки, и индуктивного бесконтактного токосъемника. Канал воспроизведения ПМ сигнала состоит из нескольких блоков. Предварительный усилитель воспроизведения основного канала 6 собран по каскадной схеме на малошумных транзисторах и расположен непосредственно внутри вращающегося барабана с головками. Предварительный усилитель контрольного канала 14 выполнен по такой же схеме, как и основной, но расположен вне ЛПМ и подключается к остальным блокам канала воспроизведения в режиме «Запись». Воспроизводимый сигнал с выхода предварительных усилителей поступает на последовательно включенные оконечный усилитель воспроизведения 20 и ПМ корректор 24. Усилитель воспроизведения имеет компенсатор входного резонанса и регулируемый косинусный корректор амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), позволяющий производить ее регулировку без внесения в канал фазовых искажений. Корректор 24 выполнен в виде линии с фазокорректированным фильтром и имеет линейно-падающую АЧХ при линейной фазовой характеристике. Его основное назначение — улучшить отношение сигнал/шум в ПМ канале. Помимо того,

в ПМ корректоре имеется второй регулируемый косинусный корректор, служащий для подъема высоких частот и выравнивания дифференциальных искажений. Применение этих корректоров позволяет получить в воспроизводимом цветовом сигнале дифференциальные искажения лучше 10% при неравномерности ± 1 дБ сквозной частотной характеристики в полосе 50 Гц — 5 МГц.

Структурная схема системы автоматического регулирования САР—СД видеомагнитофона «Кадр-103» приведена на рис. 8. Опорными сигналами системы служат кадровые импульсы частотой 50 Гц и импульсы двойной частоты строк 31250 Гц, которые выделяются опорным селектором 3 из записываемого телевизионного сигнала или из полной синхросмеси (СС). Система содержит три цепи регулирования: цепь начальной установки фазы вращения двигателя, т. е. положения диска с головками; цепь демпфирования и цепь точного фазирования двигателя.

При включении двигателя 11 работают первые две цепи регулирования. Фазовый дискриминатор 8 производит сравнение фазы опорного кадрового импульса 50 Гц с фазой сигнала датчика оборотов 12 и вырабатывает сигнал расстройки, который поступает на первый вход сумматора 7 и далее через управляемый выпрямитель 9 на двигатель постоянного тока.

На второй вход сумматора поступает управляющее напряжение цепи демпфирования с выхода частотного дискриминатора 6, работающего от сигналов высокочастотного тахогенератора 10 частотой 6250 Гц.

За счет сигнала расстройки и действия цепи демпфирования импульс датчика оборотов совмещается достаточно точно (± 80 мкс с опорным сигналом), после чего 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, и сигналов тахогенератора 10. В цепи опорного сигнала включены делитель 1 и фазовый модулятор 2, который создает задержку импульсов, поступающих на фазовый дискриминатор строк 4. Эта задержка управляется сигналом фазовой ошибки дискриминатора 4 через интегрирующую цепь 5 с большой постоянной времени. Наличие этой цепи позволяет значительно уменьшить статическую ошибку при точном фазировании двигателя. Кроме того, на управляющий вход модулятора 2 для обеспечения режима строчного слежения во время воспроизведения поступает управляющее напряжение с фазового дискриминатора строк.

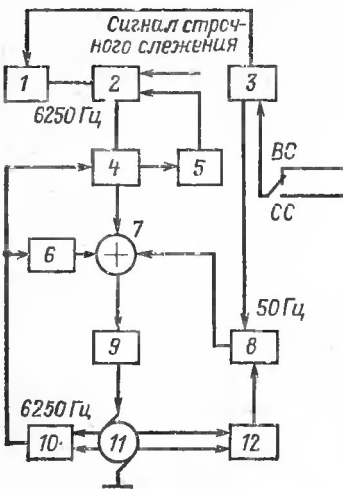


Рис. 8. Структурная схема системы автоматического регулирования САР—СД видеомагнитофона «Кадр-103».

Для повышения быстродействия цепи начальной установки фазы двигателя 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.

Структурная схема импульсного фазового дискриминатора показана на рис. 9. Интервал между опорными кадровыми импульсами

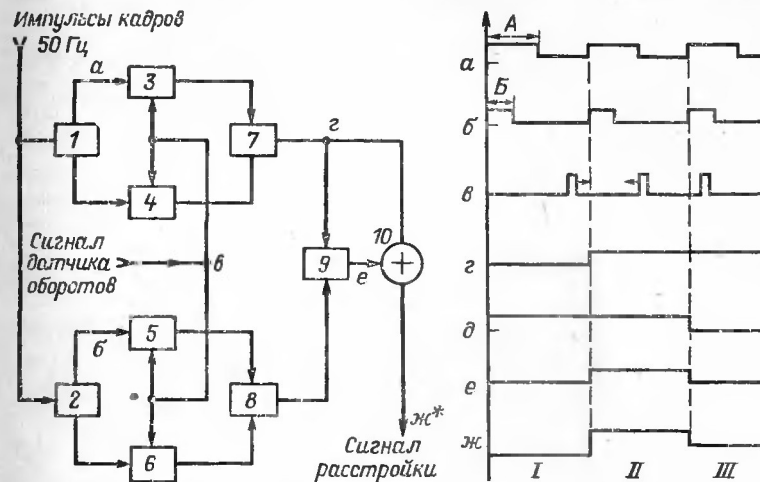


Рис. 9. Структурная схема и временные диаграммы фазового дискриминатора.

50 Гц разбивается на две временные зоны А и Б, формируемые одновибраторами 1 и 2. С прямого и инвертируемого выходов каждого одновибратора кадровые импульсы поступают попарно на соответствующие входы четырех логических схем совпадений 3—6, на другие входы которых приходит сигнал датчика оборотов. Каждая пара схем совпадений работает соответственно на два триггера 7 и 8 с двумя устойчивыми состояниями. В том случае, когда сигнал датчика оборотов находится вне зоны А (I), он проходит на выходы схем совпадений 3 и 4; триггер 7 оказывается установленным в положение 0, а триггер 8 — в положение 1. Сигнал на выходе схемы совпадений 9, работающий от выходных сигналов триггера 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 (II) 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 частота вращения двигателя возрастает. Под действием расстройки происходит сме-

чение сигнала датчика оборотов в зону *Б* (*III*), триггер 8 переbrасывается и изменяет свой выходной потенциал с 0 на 1. Теперь суммируются потенциалы 1 и 0, и сигнал расстройки на выходе сумматора становится равным нулю. Таким образом, зона *Б* оказывается «зоной нечувствительности». В этот момент с триггера 8 разрешающий потенциал 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 произойдет по высокочастотным сигналам 6250 Гц и положение диска оказывается жестко сфазированным 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 входных импульсов, т. е. 16 мкс. Выбор импульсной последовательности, а также точная, в пределах 16 мкс, подстройка длительности задержки, создаваемой в фазовом модуляторе, производится при настройке аппарата. Это исключает необходимость точной фазировки и установки высокочастотного тахогенератора.

Использование импульсного фазового дискриминатора с зоной нечувствительности позволяет снизить требования к точности установки датчика оборотов (примерно до $\pm 10 \div 20$ мкс), а релейные свойства его характеристики обеспечивают максимальное быстродействие. Кроме того, быстродействие системы значительно повышается при использовании дополнительного частотного дискриминатора. Все это, несмотря на сравнительно большую инерционность двигателя с диском головок, позволяет получить достаточно малое (2–3 с) время синхронизации. Точность работы САР—СД $\pm 0,5$ мкс.

Система регулирования средней скорости ленты САР—СЛ, как и обычно, работает во время воспроизведения в режиме фазовой автоподстройки частоты воспроизводимого с ленты контрольного сигнала. Ее отличительной особенностью является использование в качестве исполнительного элемента электромагнитной муфты, которая устанавливается на ведущем валу. Ведущий вал приводится во вращение через пассив от двигателя.

Обмотки муфты через импульсный усилитель мощности подключена на выход триггера, работающего в качестве фазового дискриминатора систем САР—СЛ. При изменении фазового соотношения между опорными кадровыми импульсами 50 Гц и импульсами канала управления, воспроизводимыми с ленты, изменяется длительность выходных импульсов триггера. Это приводит к изменению среднего постоянного тока, а следовательно, и тормозного момента муфты, что в свою очередь вызывает изменение скорости движения ленты. Цепь регулирования по 50 Гц включается в тот момент, когда монтажные импульсы, воспроизводимые и опорные, совпадают. Точность работы системы САР—СЛ не хуже, чем $\pm 0,1$ мс.

Система компенсации выпадений (СКВ) телевизионного сигнала в видеомагнитофоне «Кадр-103» выполняет две функции. Во время выпадения СКВ замещает основной сигнал другим сигналом, сформированным из сигнала яркости предыдущей строки и сигнала цветности, задержанного на две телевизионные строки. Задержка сигналов осуществляется тремя стандартными ультразвуковыми ли-

ниями задержки (УЛЗ), причем сигнал яркости переносится в рабочую полосу УЛЗ путем амплитудной модуляции частоты специального гетеродина и последующего детектирования. Для ликвидация переходных процессов из-за скачков фазы в момент переключения сигналов задержанный сигнал цветности фазуется с основным с помощью управляемого фазовращателя с точностью $\pm 45^\circ$. Вторая функция СКВ — замещение периодического провала, возникающего в сигнале при переходе магнитной головки с верхнего края ленты на нижний. Так как момент перехода сфазирован системой управления с 4-й или 315-й телевизионной строкой и занимает интервал времени 500–600 мкс, то он приходится на время прохождения кадрового гасящего синхронимпульса, причем точность его фазирования состав-

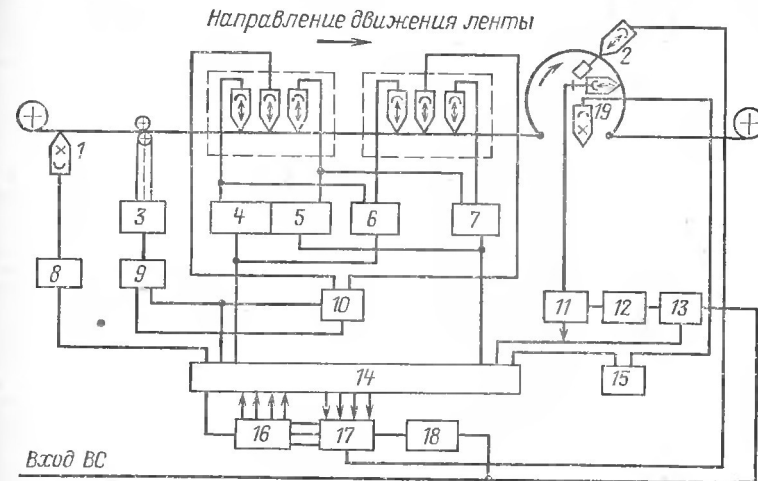


Рис. 10. Структурная схема системы электронного монтажа программ.

ляют ± 1 мкс. На выходе СКВ провал замещается уровнем черного, а после системы обработки в этот интервал вставляются опорные строчные синхронимпульсы. Срабатывание СКВ во время провала происходит от импульсов датчика оборотов БВГ и не зависит от э. д. с. головки, что исключает ложное замещение уровнем черного во время активной части изображения.

Система электронного монтажа программ (ЭМП), встроенная в видеомагнитофоне «Кадр-103», обеспечивает ручной монтаж программ. Структурная схема ЭМП приведена на рис. 10. В систему входят блок задержки 16, блок монтажа 17, генератор стирания 8 и устройство выбора режима работы, конструктивно расположенное в панели управления 14. На схеме также указаны системы видеомагнитофона (см. также рис. 7), участвующие в монтаже.

Для управления на систему ЭМП подаются команды от устройства выбора режимов, монтажные импульсы с частотой 12,5 Гц от

опорного селектора 18 и импульсы с частотой 50 Гц от второго датчика оборотов 2, сдвинутого на 64° относительно первого. Устройство выбора режимов монтажа может управляться кнопками, расположенными на панели управления, или с пульта дистанционного управления аппаратом. Оно позволяет проводить электронный монтаж по всем каналам одновременно в режиме «Продолжение» либо раздельно, по выбору, а в канале изображения или в любом из звуковых каналов при включении режима «Вставка».

Блок задержки состоит из формирователя сигнала датчика оборотов и схем задержек, обеспечивающих возможность автоматического перехода блоков в требуемые режимы. В блоке монтажа, состоящем из сдвигающего регистра, логических схем, запоминающих триггеров и релейных усилителей, осуществляются временная задержка и логическая обработка монтажных импульсов для включения в определенной последовательности блоков видеомагнитофона в режим «Запись» или «Воспроизведение».

Особенностью системы ЭМП одноголовочного видеомагнитофона, отличающей ее от четырехголовочного, является применение специальной вращающейся магнитной головки 19, стирающей предыдущую запись по наклонной дорожке до тех пор, пока к записывающей головке не подойдет чистая лента, стертая головкой общего стирания 1. В видеомагнитофоне «Кадр-103» в качестве стирающей применена ферритовая магнитная головка, имеющая малые потери на высоких частотах. Питается головка от генератора частотой 15 МГц через емкостный бесконтактный токосъемник, а управляется сигналами системы ЭМП.

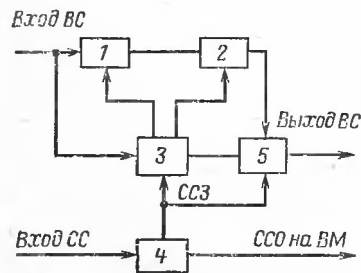


Рис. 11. Структурная схема регенератора.

Если в режиме «Продолжение» все необходимые блоки переводятся в режим «Запись», то в режиме «Вставка» ранее записанный сигнал управления сохраняется, общая стирающая головка 1 не включается, а канал управления 10 остается в режиме воспроизведения.

Репортажный видеомагнитофон «Кадр-103» с одной стороны представляет собой законченное функциональное устройство, а с другой — является базой для других моделей с более широкими техническими и эксплуатационными возможностями. В частности, в комплекте с регенератором РГ-100 он дает возможность воспроизводить в эфир цветовой телевизионный сигнал со стандартными параметрами, синхронный с опорным синхрогенератором студии. В состав регенератора (рис. 11) входит предварительный корректор времен-

ных искажений 1 с пределами регулирования ± 8 мкс и остаточной ошибкой ± 300 нс, точный корректор временных искажений 2, имеющий пределы регулирования ± 500 нс и остаточную временную ошибку не хуже ± 20 нс относительно внешней опоры, блок обработки воспроизводимого сигнала 5, блок фазирования опоры 4 и блок управления 3. Входной видеосигнал последовательно корректируется сначала корректором 1, потом 2. Воспроизводимые синхро- и гашащие импульсы (ССВ) заменяются на опорные (ССЗ) в блоке обработки 5. Сигналы управления в форме цифрового кода вырабаты-



Рис. 12. Видеомагнитофон «Кадр-103» в комплекте с регенератором РГ-100.

ваются в блоке 3 при сравнении фазы ССВ с фазой ССЗ, причем для повышения точности из ССВ предварительно формируется пилот-сигнал, по которому определяется ошибка. С целью более точного фазирования в видеомагнитофоне «Кадр-103» предусмотрен блок 4, одновременно формирующий сигнал ССО для фазирования

видеомагнитофона, на который переписывается программа. Дополнение этого комплекта контрольными и коммутационными приборами наделяет его всеми функциями, свойственными студийным профессиональным видеомагнитофонам.

На рис. 12 приведен общий вид одноголовочного видеомагнитофона «Кадр-103» в комплекте с регенератором РГ-100.

Перейдем к рассмотрению структурных схем бытовых видеомагнитофонов.

Упрощенная структурная схема бытового видеомагнитофона для записи черно-белых телевизионных сигналов приведена на рис. 13.

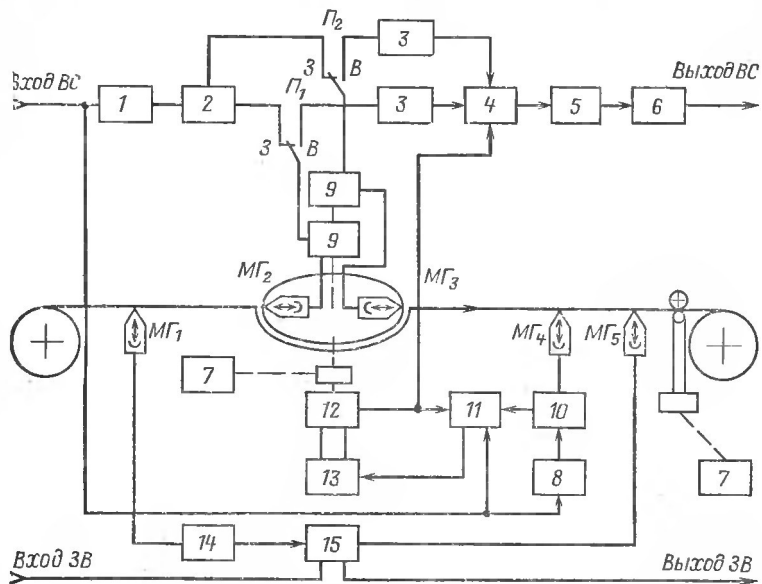


Рис. 13. Упрощенная структурная схема бытового видеомагнитофона.

Записываемый телевизионный сигнал сначала подвергается автоматической регулировке усиления, фиксации уровней черного и белого, частотным предискажениям, а затем модулирует несущую частоту видеомагнитофона в модуляторе 1. Полученный ЧМ сигнал усиливается усилителем записи 2 (их может быть два на каждую из головок, что позволяет индивидуально подбирать оптимальный ток записи) и через токоємники 9 подается в головки МГ₂ и МГ₃. Одновременно телевизионный сигнал поступает в опорный селектор 8, где из него выделяются кадровые синхронимпульсы, которые усиливаются усилителем записи сигнала управления 10 и записываются на ленту головкой МГ₄.

Сигнал звукового сопровождения подается в универсальный усилитель 15 и записывается головкой МГ₅, в которую высокочастотное подмагничивание приходит от генератора 14. Головка МГ₁ сти-

рует ранее сделанную запись и питается от того же генератора. При воспроизведении ЧМ сигнал от головок МГ₂ и МГ₃ усиливается и корректируется усилителями 3 и поступает в электронный переключатель 4, который коммутирует выходы усилителей в соответствии с углом поворота диска с головками и суммирует оба сигнала.

Суммарный ЧМ сигнал ограничивается в ограничителе 5 и попадает в демодулятор 6. На выходе демодулятора образуется видеосигнал, который может быть подан либо на видеоконтрольное устройство, либо через адаптер на обычный телевизор.

Сигнал звукового сопровождения воспроизводится головкой МГ₅, усиливается и корректируется усилителем 15 и через адаптер поступает в телевизор.

Во всех режимах работы двигателя 7 ЛПМ питаются от сети. В самых простых бытовых видеомагнитофонах скорость движения ленты не регулируется, а частота вращения диска с головками 16 подстраивается управляющим сигналом, воспроизводимым головкой МГ₄ и усиливаемым усилителем 10. Частота вращения диска с головками МГ₂ и МГ₃ и их положение по отношению к ленте должны быть строго определенными как при записи, так и при воспроизведении. Для обеспечения этого служит система автоматического регулирования частоты вращения диска САР—СДП, в которую также входят датчик числа оборотов диска 12 и электромагнитный тормоз 13.

Регулирование частоты вращения диска с помощью магнитного тормоза осуществляется следующим образом. Диск через резиновый пассик приводится во вращение от синхронного двигателя, питаемого от сети. При подаче в обмотку магнитного тормоза управляющего тока частота вращения начинает уменьшаться из-за возникающего торможения и проскальзывания пассика. Выбором соответствующего соотношения диаметров шкивов ременной передачи частота вращения диска при отсутствии тока в магнитном тормозе выбирается на 1—2% выше номинальной. Это дает возможность регулировать частоту вращения в обе стороны от номинальной.

Структурная схема САР—СД с магнитным тормозом изображена на рис. 14. Опорный сигнал (обычно полукладовые импульсы, выделяемые из записываемого видеосигнала) параллельно подается на фазовый дискриминатор 7, усиливается усилителем 3 и записывается головкой управления МГ на ленту. В фазовом дискриминаторе с ним сравниваются импульсы датчика оборотов 2, предварительно сформированные формирователем 5. Сигнал ошибки с фазового дискриминатора усиливается усилителем постоянного тока 6 и подается в электромагнитный тормоз 4. При воспроизведении контрольные импульсы воспроизводятся головкой МГ, усиливаются и подаются в фазовый дискриминатор вместо опорного сигнала. Так как диск с вращающейся головкой 1, тормозом и датчиком оборотов 2 находится на одной оси, то положение головки МГ₂ жестко фиксируется в про-

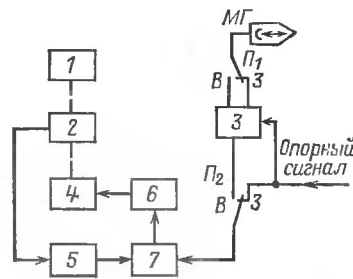


Рис. 14. Структурная схема САР—СД с магнитным тормозом.

странстве, что обеспечивает совпадение траектории движения воспроизводящих головок с записанными магнитными дорожками.

Структурные схемы каналов изображения видеомагнитофонов для записи цветных сигналов в значительной степени определяются выбранным способом записи. Поэтому они рассматриваются при описании того или иного способа записи.

Структурные схемы каналов записи звукового сопровождения в бытовых видеомагнитофонах аналогичны структурным схемам звуковых магнитофонов.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕНТОПРЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

В видеомагнитофонах лентопряжные механизмы (ЛПМ) фактически выполняют те же функции, что и в магнитофонах. Различаются они наличием блока вращающихся головок (БВГ). Кинематическая схема ЛПМ для поперечно-строчной записи приведена на рис. 15. На плате 1 расположены подающие (приемные) узлы 2,

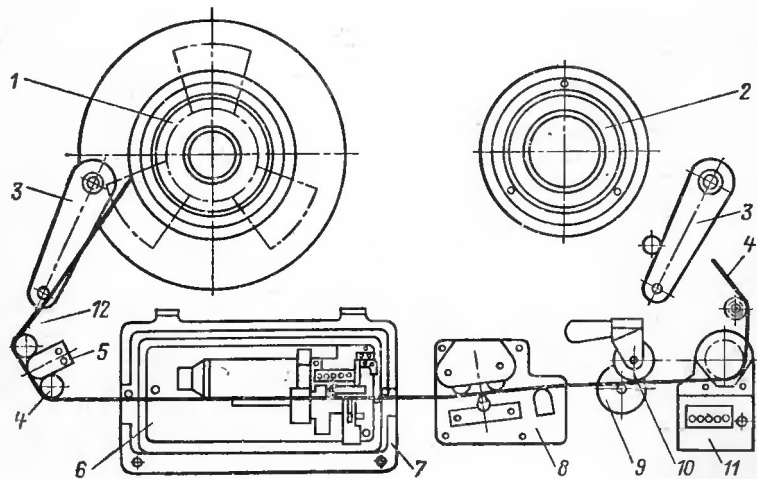


Рис. 15. Кинематическая схема ЛПМ четырехголовочного видеомагнитофона.

приводимые во вращение боковыми двигателями. Перед катушками помещены натяжные рычаги 3, одновременно являющиеся датчиками системы натяжения. Лента 12, сматываясь с подающей катушки, огибает стирающую головку 5, направляющий ролик 4 и попадает в БВГ 6. При перемещении со скоростью 39,7 см/с она прижимается вакуумной камерой 7 к диску с головками, вращающимся с частотой 250 об/с. Относительная скорость головка/лента при ширине ленты 50,8 мм составляет 40 м/с, что даст возможность записывать и

воспроизводить частоту до 15—18 МГц. После выхода из БВГ лента проходит блок стационарных головок 8, в котором помещены стирающая, записывающая и воспроизводящая головки звукового и режиссерского каналов.

Перемещение ленты по тракту в рабочем режиме осуществляет ведущий узел 9, так как она прижимается к ведущему валу прижимным роликом 10. За ведущим валом размещен датчик счетчика метража 11, по которому производится поиск требуемого участка ленты и контроль длительности записываемой и воспроизводимой программ. Ведущий узел приводится во вращение специальным синхронным двигателем, питаемым от усилителей мощности и САР—СЛ, а в качестве боковых применяют конденсаторные асинхронные двигатели, имеющие мягкую характеристику. В боковых узлах используют ленточные дифференциальные тормоза, управляемые магнитами. Время остановки ленты после рабочего хода около 1 с, после перемотки 10—15 с. Натяжение ленты в тракте поддерживается постоянным, равным 1,96 Н, с помощью системы натяжения.

Работа ЛПМ осуществляется совместно с пневматической системой низкого давления и устройством для обдува двигателя в БВГ. Для получения разряжения в видеомагнитофоне установлен вакуумнасос с системой фильтров и аварийной сигнализацией. Давление в

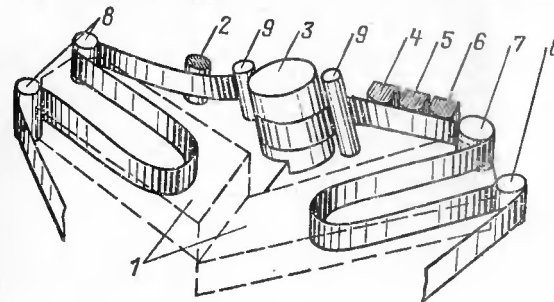


Рис. 16. Пневматическая схема ЛПМ с вакуумными буферными устройствами.

прижимной камере во время работы поддерживается равным $9800 \pm \pm 1960$ Па, и его пульсация недопустима, так как приводит к нестабильности временного масштаба воспроизводимого изображения.

В ЛПМ современных профессиональных видеомагнитофонов, например AVR-1 или TTV-3500, предназначенных для работы в автоматизированных телевизионных аппаратах, для обеспечения быстрого входа в синхронизм применяются вакуумно-компрессионные воздушные системы.

Участок ленты между головками и катушками помещается в вакуумные буферные устройства. Пока катушки разгоняются, лента к головкам подается из одного буферного устройства и уходит в другое.

Работу вакуумных устройств поясняет упрощенная кинематическая схема ЛПМ, приведенная на рис. 16. Участок ленты, прилегающий к стирающей головке 2, блоку видеоголовок 3, стационарным

головкам 4—6 и ведущему валу 7, натянут за счет разряжения в буферных устройствах 1. При включении рабочего режима лента начнет перемещаться ведущим валом 7, причем в первый момент после пуска ее петля в одном буфере уменьшается, а в другом увеличивается. В дальнейшем начинают вращаться катушки с лентой, которая подается и извлекается из вакуумных буферных устройств. С целью уменьшения трения о направляющие δ в них нагнетается воздух и лента перемещается по воздушной подушке. С помощью наклонных направляющих 9 обеспечивается ход ленты вокруг барабана 3, который вращается, создавая воздушную подушку между лентой и барабаном.

Большим преимуществом ЛПМ подобного типа является малый износ ленты и ее исключительно плавный ход по тракту, что особенно необходимо для записи цветowych телевизионных сигналов с высокой временной стабильностью и получения хорошей взаимозаменяемости записей.

В последнее время появились профессиональные видеоманитофоны, в которых используется лента шириной 25,4 мм. В этих видеоманитофонах запись производится одной или двумя вращающимися головками наклонно-строчным способом. Если на одной магнитной строчке одной головкой записывается один полукадр телевизионного изображения, то для записи сигналов СЕКАМ диск в одноголовочном видеоманитофоне должен совершать 3000 об/мин. При записи цветowych телевизионных сигналов прямым способом верхняя частота по видеоканалу должна быть равна: $F_{\text{в}} = 5 \div 5,5$ МГц. Учитывая, что при периодной модуляции коэффициент увеличения частоты $K_{\text{у}} \leq 2$, получаем [2]:

$$f_{\text{в}} = F_{\text{в}} K_{\text{у}} = 5 \cdot 2 = 10 \text{ МГц,}$$

где $f_{\text{в}}$ — верхняя полоса частот, записываемая на ленту.

При применении современных лент и головок можно выбрать минимальную длину волны $\lambda_{\text{мин}}$ равной $1,5 \div 2,1$ мкм, тогда необходимая скорость записи должна быть: $U_{\text{г}} = f_{\text{в}} \lambda_{\text{мин}} = 10^7 \cdot 21 \cdot 10^{-6} = 21$ м/с.

Определим геометрические размеры сигналограммы, рассчитанной по этим требованиям. Длина дорожки записи, на которой записывается один полукадр, равна: $l = U_{\text{г}} T = 21 \cdot 1/50 \approx 400$ мм. Такая большая длина магнитной строки является основным недостатком одноголовочной записи, так как при изменении температуры и влажности магнитная лента меняет свои геометрические размеры. Для ликвидации этого недостатка иногда полукадр разбивают на m сегментов и запись ведут двумя вращающимися головками. В этом случае длина магнитной строки, например, при $m=6$ будет равна (с учетом перекрытия сигналов от двух головок): $l_{\text{стр}} \approx l/m \approx 400/6 \approx 70$ мм.

Для экономии полезной площади ленты будем считать, что дорожка управляющего сигнала записывается в центре с наложением на магнитные строчки с записью изображения. Для того чтобы сигнал управления не проник в канал изображения, рабочий зазор управляющей головки должен быть развернут на угол $\theta = 33 \div 45^\circ$ по отношению к оси магнитной строки с изображением. Магнитные строчки с записью звукового сопровождения обычно располагаются по краям ленты. Допустим, ширина строк первого и второго каналов равна, тогда $h_{31} = h_{32} = 0,9$ мм. Таким образом, ширина ленты,

занимаемая наклонными строчками, должна быть уже, чем общая ширина ленты ($b = 25,4$ мм):

$$b' = b - (h_{31} + h_{32} + 2\delta') = 25,4 - (0,9 + 0,9 + 2 \cdot 0,1) = 23,4 \text{ мм,}$$

где δ' — расстояние между продольными и наклонными строчками с записью изображения.

Найдем угол наклона строчки записи φ :

$$\sin \varphi = b'/l = 23,4/400 = 0,059; \quad \varphi = 3^\circ 25'.$$

При сегментной записи угол наклона $\varphi_{\text{с}}$ значительно возрастает:

$$\sin \varphi_{\text{с}} = b' m/l = 23,4 \cdot 6/400 = 0,35; \quad \varphi_{\text{с}} = 20^\circ 30'.$$

В случае большего угла наклона строки неравномерность скорости движения ленты (детонация механизма) и непостоянство ее натяжения будут меньше влиять на стабильность временного масштаба воспроизводимого изображения. Рекомендуется ширину магнитной строки выбирать в пределах от 0,15 до 0,2 мм (чем шире строка, тем легче получить взаимозаменяемость записей и тем выше отношение сигнал/шум, но больше расход ленты на час записи). При ширине строки $\Delta = 0,2$ мм и расстоянии между краями строчек, равном $\delta'' = 0,05$ мм, расстояние s между осями строчек по перпендикуляру к ним (шаг записи) будет равно: $s' = \Delta + \delta'' = 0,2 + 0,05 = 0,25$ мм.

Перемещение ленты вдоль базового края за один шаг записи равно: $s = s'/\sin \varphi = 0,25/0,059 = 4,1$ мм.

Переход головки с одной строчки на другую при одноголовочной записи должен происходить за время одного полукадра. Следовательно, при выбранном шаге записи скорость движения ленты должна быть равна: $V_{\text{л}} = s/T = 4,1/50 = 24$ см/с.

Диаметр барабана, обеспечивающего выбранные параметры сигналограммы, можно найти по приближенной формуле:

$$D \approx \frac{V_{\text{г}} T}{\pi} \sqrt{1 + \left(\frac{V_{\text{л}}}{V_{\text{г}}}\right)^2} - 2 \frac{V_{\text{л}}}{V_{\text{г}}} \approx \frac{21 \cdot 10^3 \cdot 0,02}{3,14} \sqrt{1 + \left(\frac{240}{21 \cdot 10^3}\right)^2} - 2 \frac{240}{21 \cdot 10^3} = 135 \text{ мм.}$$

Для получения стабильной сигналограммы и взаимозаменяемости необходимо свести к минимуму вертикальные перемещения ленты по цилиндрической поверхности барабана, исключить биения диска с головкой.

В современных одноголовочных видеоманитофонах для улучшения взаимозаменяемости и получения монтажных режимов («Стоп-кадр», «Замедление» и пр.) вращающуюся воспроизводящую головку ставят на пьезокристалл. Подводя к пьезокристаллу переменное управляющее напряжение, головку перемещают поперек строчки (амплитуда перемещения достигает 0,2—0,4 мм). Управляющее напряжение вырабатывается специальным устройством, которое следит за э. д. с. головки во время воспроизведения сигнала с ленты и стремится его максимально увеличить. При монтажных режимах управляющее напряжение специально формируется (например, в виде пилю) с тем, чтобы головка воспроизводила требуемые строчки. Подобное устройство («автотрекинг») дает возможность воспроизвести без искажений видеосонограмму, даже сильно изменившую свои первоначальные размеры.

Провал в информации τ_{Π} при записи одной головкой должен располагаться на кадровом гасящем импульсе между строками опознавания сигнала системы СЕКАМ и активной частью полукадра. Если строки опознавания при воспроизведении не регенерируются, то величина провала не должна превышать $\tau_{\Pi} < 300$ мкс. Длина дуги ν_{Π} , соответствующая провалу (с учетом зазора между входной и выходной направляющими и барабаном) в нашем примере составляет:

$$\nu_{\Pi} = \frac{\pi D \tau_{\Pi}}{T} = \frac{3,14 \cdot 135 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-3}} \approx 8 \text{ мм.}$$

При регенерации строк опознавания и стабильном положении провала во времени требования к его длительности могут быть значительно снижены. В этом случае провал может быть замещен сигналом от опорного цветового синхрогенератора и помещен в переднюю часть кадрового импульса между 3-й и 16-й строками. При сегментной записи размеры диска уменьшаются пропорционально выбранному числу сегментов, а число оборотов диска с головками пропорционально увеличивается.

В настоящее время предложен новый формат для профессиональной несегментной записи на ленте шириной 25,4 мм (так называемый полтораголовочный). При этом формате одна головка записывает всю активную часть изображения и часть кадрового гасящего импульса, а другая — только 11 телевизионных строк, попадающих в провал. В этом случае сохраняются все преимущества одноголовочной записи и, кроме того, вся информация полностью записывается на ленту. С целью облегчения производства аппаратуры по новому формату с применением регенераторов при воспроизведении вторую головку можно не устанавливать.

Как следует из приведенных расчетов, хотя сегментная запись имеет преимущества в отношении взаимозаменяемости, ей присущ ряд недостатков. Во-первых, при сегментной записи требования к точности установки головок на диске, идентичности параметров головок и каналов записи и воспроизведения такие же, как и при четырехголовочной записи. Во-вторых, при сегментной записи невозможно получить «неподвижное» изображение без применения цифрового корректора с большой памятью, так как на одной строчке записывается лишь часть полукадра. Правда, при двухсегментной записи последний недостаток можно ликвидировать, считав сигналотграмму таким образом, чтобы при неподвижной ленте воспроизводились за один оборот диска две соседние строчки. Кинематическая схема ЛПМ типа разомкнутой Ω -петли и с толкающим ведущим валом (т. е. валом, помещенным по ходу ленты перед головками), приведена на рис. 17. Приемный 14 и подающий 1 узлы ЛПМ вращаются с помощью электродвигателей постоянного тока, управляемых системой автоматического натяжения ленты, датчиками которой служат рычаги 2 и 19. Между подающей катушкой 1 и ведущим валом 16 помещены обводной ролик 3 и головка общего стирания 4. Лента прижимается к валу прижимным роликом 17. На оси вала имеется маховик, приводимый во вращение пассивком от электродвигателя. Внутри маховика помещен магнитный тормоз, управляемый от системы регулирования САР—СЛ. По пути к блоку головок 10 лента проходит стационарные звуковые головки 5—7 (стирающую, записывающую и воспроизводящую) и через входную направляющую 8 заходит на барабан БВГ.

Верхний барабан БВГ — вращающийся, нижний — неподвижный. При вращении верхней части барабана между его поверхностью и лентой образуется воздушная подушка, значительно уменьшающая трение ленты при ее движении по тракту. На вращающемся барабане помещены три головки под углом 90° (универсальная, стирающая и контрольного воспроизведения). Для облегчения заправки ленты в тракт направляющие 9 и 11 сделаны раздвижными, а на противоположной стороне барабана установлен неподвижный упор 15, ограничивающий вертикальные перемещения ленты на барабане. По выходе

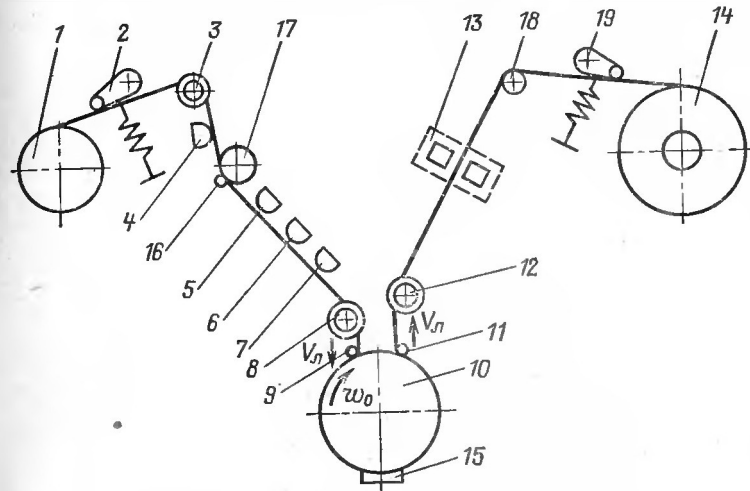


Рис. 17. Кинематическая схема ЛПМ одноголовочного видеомagnитофона с разомкнутой Ω -петлей.

из барабана лента проходит направляющую 12, датчик контакта обрыва 13 и обводной ролик 18, с которым совмещен фотодатчик счетчика времени записи.

Все механические операции в ЛПМ (управление тормозами, прижимным роликом и т. д.) выполняют электромагниты с фиксаторами, потребляющие ток только во время исполнения команды. Подвод направляющих к БВГ совмещен с автоматическим разгоном вращающейся части БВГ. Головки в БВГ — легкоъемные, их замена при износе занимает всего 1 мин, причем точной юстировки головок не требуется.

Выбор кинематической схемы ЛПМ типа разомкнутой Ω -петли позволил установить в видеомagnитофоне прецизионную систему натяжения ленты, работающую не только от механических датчиков натяжения, но также от сигнала ошибки фазового положения воспроизводимых строк относительно строчных импульсов опорного синхрогенератора. Это значительно повысило точность и стабильность работы ЛПМ.

Аналогичная кинематическая схема ЛПМ, но построенная по типу разомкнутой α -петли с толкающим валом, применена в про-

фессиональном видеомангитофоне IVC-961 (США). Она не требует применения раздвижных направляющих у блока головок, но имеет существенный недостаток. В ЛПМ типа α -петли звуковое сопровождение приходится записывать с наложением на строчки изображения, что значительно затрудняет раздельный электронный монтаж по видео- и звуковым каналам. Качество записи звукового сопровождения в таких видеомангитофонах несколько ниже, чем у видеомангитофонов с Ω -петлей.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕНТОПРЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОЛУПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И БЫТОВЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

Лентопряжные механизмы видеомангитофонов, предназначенных для записи сигналов замкнутых прикладных телевизионных систем или работающих с телевизорами, обычно значительно проще профессиональных. К ним не предъявляются требования высокого качества изображения, стабильности временного масштаба воспроизводимого сигнала, точной его фазировки и обеспечения электрон-

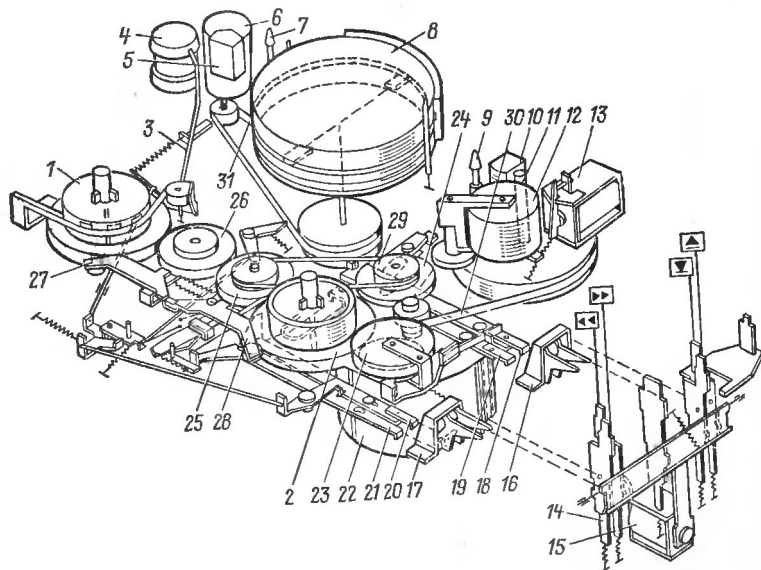


Рис. 18. Кинематическая схема ЛПМ двухголовочного видеомангитофона с разомкнутой Ω -петлей.

ного монтажа программ. Все это позволяет сократить число двигателей в механизме, перейти к пассивным передачам, упростить системы стабилизации хода ленты и вращения диска с головками [2].

В кинематической схеме ЛПМ двухголовочного видеомангитофона (рис. 18) барабан блока видеоголовок охватывается лентой

на угол, чуть больший 180° , что значительно упрощает ее заправку. Лентопряжный механизм типа разомкнутой Ω -петли имеет: два двигателя — ведущий 22 и блока головок 6, подающий 1 и приемный 2 узлы, ведущий вал 11 с маховиком, прижимный ролик 12, обводной ролик 4 и направляющие стойки 7 и 9. Для поддержания постоянного натяжения в тракте подающий узел снабжен механическим тормозом с рычагом 3 и пружиной. Движение от двигателей передается ремными передачами 29—31, фрикционной подмоткой 23 и шкивами перемотки 24—26. По ходу движения ленты со стороны основы помещены стирающая головка 5 (при стирании со стороны основы рабочий слой ленты не изнашивается), блок головок 8, а рядом с ведущим валом — универсальная головка 10. Переключение режимов работы осуществляется от кнопочной станции толкателями 18—21 со скобами 16, 17, рычагами 14, 27, 28 и электромагнитами 13 и 15. Большим преимуществом ЛПМ является удобство заправки ленты и малый ее износ при эксплуатации.

При наклонно-строчной записи двумя головками каждая головка записывает одно поле телевизионного изображения. В этом случае магнитные строки смещены относительно друг друга на число строк тем больше, чем выше скорость ленты V_L и меньше угол φ подъема строки относительно базового края ленты. Обычно скорость записи V_T и скорость ленты V_L выбирают таким образом, чтобы в соседних магнитных строчках синхронимпульсы размещались на линии, перпендикулярной оси магнитной строки. При этом условии частичный сход головок с магнитной строчки и воспроизведение соседней не приводит к сбою синхронизации. Такой способ записи позволяет осуществить воспроизведение неподвижного изображения «Стоп-кадр» (СК), если остановить магнитную ленту [8]. В режиме СК головки поочередно считывают информацию по траектории, которая не совпадает с направлением магнитных строчек из-за различия динамического и статического углов. При этом возможны две траектории движения головки во время воспроизведения: траектория пересекает магнитную строку по центру; траектория проходит от начала одной строки к концу другой. Первый случай более благоприятен, так как головка воспроизводит большую часть строки и лишь по краям захватывает соседние. Все остальные траектории занимают промежуточное положение. Из геометрических соотношений на рис. 19 следует, что головка войдет в соприкосновение с соседними строчками на расстоянии от центра пересечения строки с краем ленты, равном:

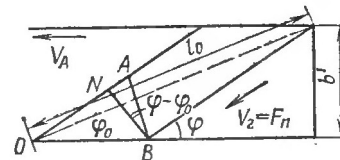


Рис. 19. Расположение строчек на ленте при переходе в режим «Стоп-кадр».

$$\overline{OA} = \frac{V_L \sin \varphi_0 - \Delta}{\operatorname{tg}(\varphi - \varphi_0)} + \frac{V_L}{F_n} \cos \varphi_0,$$

где $F_n = V_T/m$ — скорость ленты, приведенная к числу полей в строке ($m=1$); $\Delta = NB$ — шаг записи.

Для устойчивой синхронизации в режиме СК, во-первых, необходимо обеспечить одновременность считывания строчных синхрипульсов в соседних магнитных строчках, во-вторых, для получения чересстрочной развертки и нормального декодирования цветного телевизионного сигнала системы SEKAM смещение магнитных строк α_n^H должно содержать целое число телевизионных строк плюс полстроки. Если предположить, что в режиме СК при остановленной ленте головка воспроизводит сигнал от двух строк во время движения по траектории от начала одного поля к концу второго, то из рис. 19 следует: $l_0 = \pi D/2$, $\sin \varphi_0 = b'/l_0 = 2b'/\pi D$, где D — диаметр диска БВГ.

Для движущейся ленты получим: $\sin \varphi = b'/L$ и $\alpha_n^0 = \frac{n_n}{L} \overline{OA}$,

где $\overline{OA} = \overline{ON} + \overline{NA}$; n_n — число телевизионных строк поля в смещенной магнитной строчке. Из геометрических соотношений величина смещения магнитных строчек в режиме СК равна:

$$\alpha_n^0 = \frac{n_n V_{л}}{L F_{\Pi}} \left[\cos \varphi + \frac{b'}{L} \operatorname{tg} (\varphi - \varphi_0) \right].$$

После ряда преобразований получаем α_n^0 в виде

$$\alpha_n^0 = \frac{n_n}{L^2 F_{\Pi}} \left[\sqrt{\left(\frac{\pi D}{2} \right)^2 - b'^2} - \frac{V_{л}}{F_{\Pi}} + \frac{b'^2 \frac{V_{л}}{F_{\Pi}}}{(\pi D/2)^2 - \frac{V_{л}}{F_{\Pi}} \sqrt{(\pi D/2)^2 - b'^2}} \right].$$

Зависимость скорости ленты от диаметра барабана из этого выражения найти в явном виде затруднительно. Соответствующие вычисления функции $V_{л} = V_{л}(D, \alpha_n, b')$ для нескольких значений α_n были выполнены на ЭВМ. По результатам построен график, приведенный на рис. 20. Из анализа графика следует, что при постоянном диаметре барабана (для отечественных бытовых видеомагнитофонов рекомендован диаметр 105 мм) наименьшие искажения в режиме СК получаются при четырех скоростях ленты (117; 142; 168 и 193 мм/с). Точность поддержания скорости ленты должна быть весьма высокой (+0,05%), а ее изменение от аппарата к аппарату должно быть сведено к минимуму. Столь высокие требования к стабильности ЛПМ выполняются благодаря применению специальной технологии изготовления и сборки при серийном производстве и введению системы автоматического регулирования скорости ленты.

Для бытовых целей наиболее удобны кассетные видеомагнитофоны. Во-первых, лента наилучшим образом сохраняется в кассете, во-вторых, заправка кассет в видеомагнитофоне обычно производится автоматически, что весьма существенно. Рисунок 21 поясняет спо-

соб заправки кассеты с коаксиальным расположением катушек в видеомагнитофоне. В кассете 10 помещены на одной оси подающая 12 и приемная 11 катушки, между которыми натянут на ролики 7 и 13 свободный участок ленты. В положении перед заправкой при установке кассеты в ЛПМ направляющие 1 и 2, расположенные на вращающейся платформе 5, входят под свободный участок ленты 6, натянутой между роликами. Ведущий вал 8 также проходит в окно кассеты 10, и лента прижимается к нему прижимным роликом 9. Во время заправки платформа поворачивается и направляющие извлекают ленту из кассеты. После заправки лента наружной стороной охватывает блок 3 вращающихся головок 4 на 180°, обгибает направляющие 1, 2, 13 и заходит в кассету.

Широкое распространение получили кассеты с аксиальным расположением катушек, которые имеют меньшую толщину, чем коаксиальные, в них обычно лента меньше изнашивается. Способ заправки ленты в ЛПМ с аксиальной кассетой поясняет рис. 22. Перед заправкой кассета 6 помещается в механизм (в большинстве видеомагнитофонов эта операция выполняется автоматически с помощью специального лифта), при этом рычаг 11 с подвижной направляющей попадает под кольцо ленты 2. Рычаг закреплен на кольцевой платформе 3, которая охватывает барабан 4 с вращающимися головками. Во время заправки платформа начинает вращаться по часовой стрелке и рычаг извлекает ленту из кассеты 6. Лента выходит из подающей катушки 5, охватывает барабан 4 и неподвижные головки, затем прижимается к ведущему валу 9 с помощью прижимного ролика 10. На этой части тракта ЛПМ происходят основные рабочие операции — стирание ленты, запись и воспроизведение вращающимися головками изображения и неподвижными головками звукового сопровождения. Поэтому лента на этом участке должна идти плавно, без рывков и вертикальных перемещений.

Второй участок — от ведущего вала 9 до приемной катушки 1 необходим для возврата ленты в кассету 6. На этом участке лента проходит по многочисленным направляющим 8, расположенным на кольцевой платформе, обгибает входную направляющую кассеты 7 и лишь после этого наматывается на катушку 1. Необходимость в большом числе направляющих и значительные габариты кольцевой платформы — основной недостаток ЛПМ, так как во время движения по тракту лента трется о направляющие, деформируется и изнашивается.

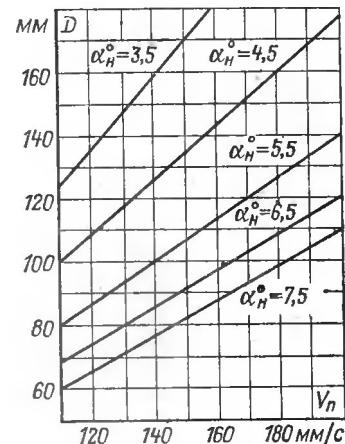


Рис. 20. Расчетная зависимость диаметра барабана от скорости ленты при условии обеспечения наименьших искажений в режиме «Стоп-кадр».

В последнее время применение в одноголовочных [фирма «ИВК» (США)] и двухголовочных [фирма «Матзусита» (Япония)] видеомагнитофонах получает кассетная заправка с помощью жесткого ракорда — лидера. В кассете размещается только одна катушка, на которой намотана лента, имеющая в начале и в конце прозрачный жесткий ракорд. При вращении подающей катушки 2 про-

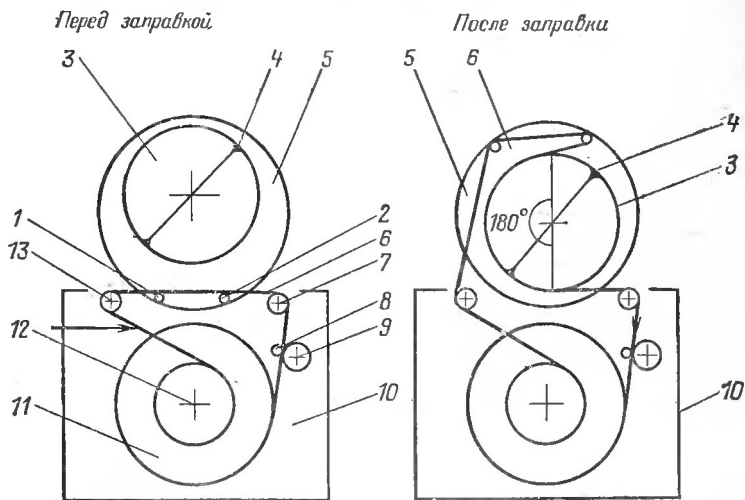


Рис. 21. Заправка ленты в ЛПМ при кассете с коаксиальными катушками.

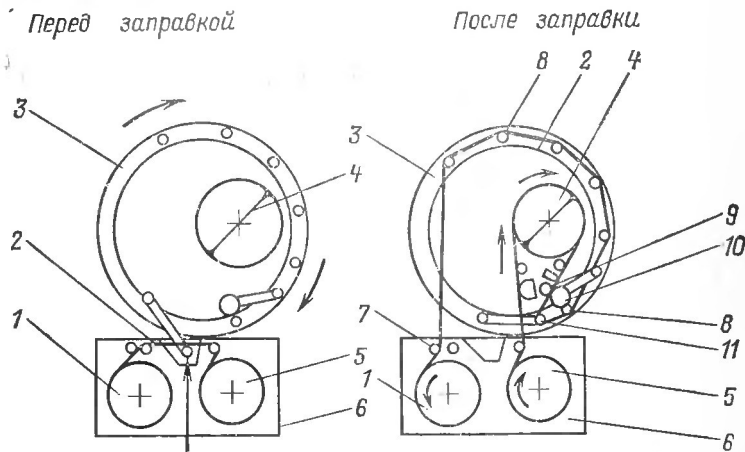


Рис. 22. Заправка ленты в ЛПМ при кассете с аксиальными катушками.

тив намотки ленты (рис. 23) лидер выходит из кассеты 1 и попадает в винтовую направляющую 7 с прямоугольным окном. Ширина лидера на 5 мм больше ширины ленты, а окно точно соответствует его размерам. Поэтому лидер скользит по направляющей, охватывающей барабан 6 с вращающимися головками. Выйдя из направляющей, лидер прижимается к ведущему валу 4 прижимным роликом 3. Ведущий вал начинает вращаться и проталкивает лидер в направляющую 8, ведущую к приемной катушке 10. Так как приемная катушка охвачена кольцевой направляющей 9, то лидер в нее упирается и захватывается ловителем, закрепленным на оси катушки. Для улучшения работы ловителя лидер прижимается к оси катушки рычагом — роликом 11, помещенным на подвижном рычаге 12. После закрепления лидера приемная катушка начинает вращаться и подматывать ленту. Винтовая направляющая 7 имеет продольное окно на внутренней стенке. Ширина окна соответствует ширине ленты, применяемой при записи.

Когда ведущий вал начинает гнать ленту, она проваливается в окно и входит в соприкосновение с неподвижными головками и барабаном, внутри которого головки вращаются. Таким образом, головки соприкасаются только с лентой, что предохраняет их от повреждения лидером. Время заправки составляет 5—7 с. В видеомагнитофонах заправка и переход на перематку осуществляются автоматически. Для этого обычно используются фотодатчики, располагаемые в тракте. Так как лидер прозрачный, а лента нет, то момент появления ленты из подающей катушки фиксируется точно и означает окончание цикла заправки ленты. После этого сигнала лента движется со скоростью, определяемой ведущим валом; вращающимися головками записывается изображение, а неподвижными — звуковое сопровождение.

По окончании ленты из подающей катушки выходит прозрачный ракорд и фотодатчик дает сигнал на перематку. После окончания перематки лидер выходит из ловителя приемной катушки, проходит направляющую 8, винтовую направляющую 7 и убирается в подающую катушку. После этого кассету можно снять с видеомагнитофона.

Достоинством ЛПМ с однокатушечной кассетой является то, что ход ленты по тракту и взаимозаменяемость записей значительно меньше зависят от положения кассеты в механизме и точности ее изготовления, чем в кассетах другого типа. Однокатушечные кассеты обычно меньше по объему и массе. Вместе с тем подобный ЛПМ имеет существенный недостаток — для снятия кассеты с видеомагнитофона ее обязательно нужно перематывать.

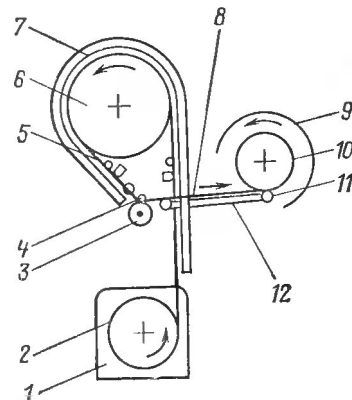


Рис. 23. Заправка ленты в ЛПМ с помощью жесткого ракорда.

БЛОК ВРАЩАЮЩИХСЯ ГОЛОВОК

Важнейшим электромеханическим узлом, входящим в состав видеоманитфона, является блок вращающихся головок (БВГ). Обычно он выполняется в виде легкоъемной конструкции и заменяется при износе вращающихся головок. В четырех- и двухголовочных видеоманитфонах при ремонте заменяется весь диск с головками, так как установка новых головок требует точнейшей регулировки. В одголовочных видеоманитфонах при износе заменяется

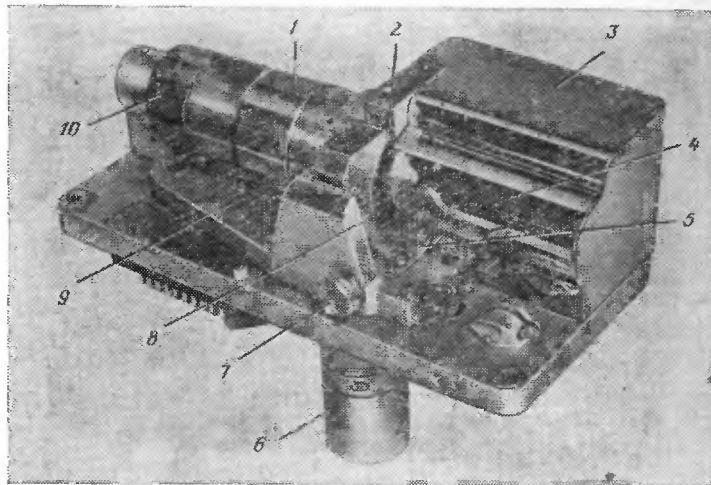


Рис. 24. Блок головок четырехголовочного видеоманитфона.

только одна головка. В данном случае высокая точность установки новой головки на диске не нужна.

Узлы и детали БВГ четырехголовочного видеоманитфона собираются на общей плате, которая крепится в трех точках к плате ЛПМ (рис. 24). Основным узлом БВГ является синхронный гистерезисный электродвигатель 1, на валу которого закреплен диск 2 с четырьмя вращающимися головками (рис. 25). Лента к диску с радиусом 26,1 мм прижимается направляющей камерой 8, радиус кривизны которой установлен стандартом $26,248 \pm 0,013$ мм. Камера закреплена на кронштейне 9, имеющем устройство для горизонтального перемещения (в пределах $\pm 0,05$ мм) с помощью кулачкового механизма и исполнительного электродвигателя 6. Кронштейн с камерой легко отводится от головок вручную и на некоторое расстояние автоматически электромагнитом, что облегчает заправку ленты в тракт и точную установку прижима ленты к головкам. Положение камеры по высоте регулируется винтом 7. Лента плотно прилегает к поверхности камеры и удерживается на ней вакуумным присосом. В камере имеется продольная канавка, в которую головки вдавливают ленту.

Взаимное точное расположение диска с головками и вакуумной камеры является важнейшим условием взаимозаменяемости записей. На поворотном кронштейне установлена универсальная головка канала управления 5, с помощью которой на ленту записываются контрольные сигналы. Подвод электрических сигналов к вращающимся головкам осуществляется с помощью токосъемника. Токосъемник 4 имеет четыре канала и выполняется контактным (в старых моделях) или бесконтактным. Контактный токосъемник представляет собой ряд колец, поверхность которых покрывается серебром или

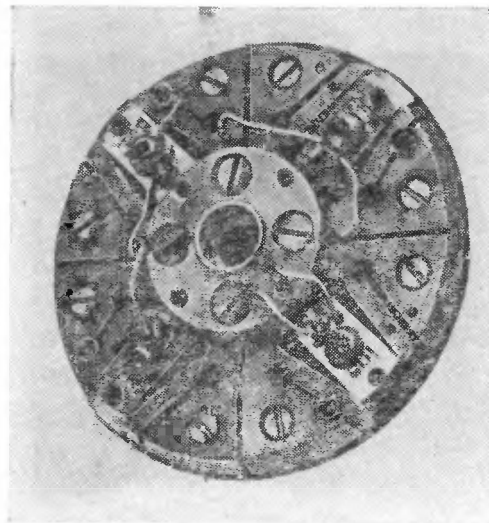


Рис. 25. Диск с четырьмя вращающимися головками.

специальным малоокисляющимся сплавом. В каждое кольцо торцом упираются щетки из мягкого графита. Сигналы от щеток проводятся к четырехканальному предварительному усилителю воспроизведения 3, установленному непосредственно на плате БВГ.

Бесконтактный токосъемник состоит из двух ферритовых колец с пазами, в которые помещаются обмотки ротора и статора. Со стороны пазов по торцу кольца прилифованы. Они закрепляются вперемежку к валу и к неподвижной верхней направляющей так, чтобы магнитный поток от статора к ротору замыкался через воздушные зазоры. Зазоры не должны превышать 50—80 мкм. При установке бесконтактного токосъемника в БВГ диск с головками заземляют специальной щеткой для уменьшения помех. Точность изготовления диска, вакуумной камеры и других деталей БВГ должна быть очень высокой. Биения и дисбаланс диска недопустимы, так как они вызывают повышенный износ прецизионных подшипников электродвигателя и геометрические искажения воспроизводимого сигнала.

В новых моделях БВГ применяются воздушные подшипники для электродвигателя, которые в сочетании с беконтактными токосъемниками обеспечивают плавное вращение диска с головками. На оси двигателя закрепляется таходатчик 10, с помощью которого определяются частота и фаза вращения головок. Сигнал таходатчика (в новых моделях БВГ вырабатывается два сигнала: низкочастотный и высокочастотный) является основным исходным сигналом для работы систем автоматического регулирования и электронного переключателя видеоманитофона.

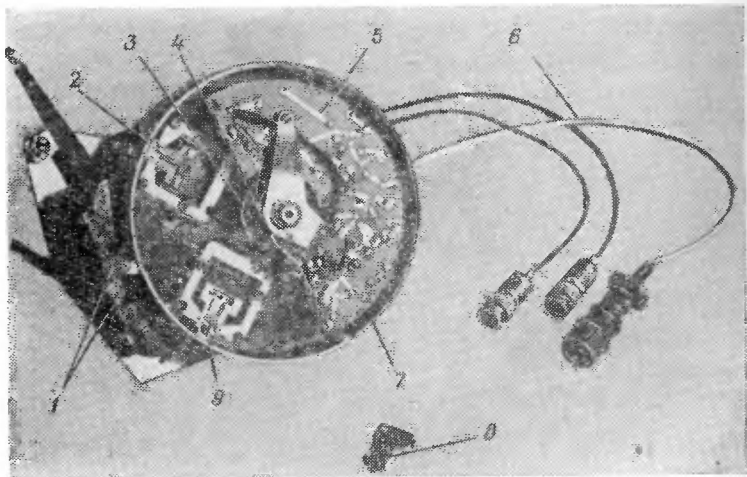


Рис. 26. Блок головок одноголового видеоманитофона.

Простейший таходатчик состоит из магнитной головки с широким рабочим зазором и небольшого постоянного магнита, закрепляемого на диске. Во время вращения диска перед зазором головки магнит периодически индуцирует импульсы, усиливаемые и формируемые специальной схемой. С целью увеличения частоты импульсов число магнитов увеличивается, тогда точность фиксации углового положения диска возрастает. В некоторых конструкциях БВГ используются фотодатчики, в состав которых входит фотодиод, периодически освещаемый лампочкой, или светодиодом через прорезь в диске, или отраженным светом от черных и белых секторов, нанесенных на диск.

Магнитные головки на диске (см. рис. 25) установлены под углом 90° . Этот угол может регулироваться в небольших пределах с помощью конусных распорных винтов. Головки крепятся двумя винтами и заменяются при ремонте. Характеристики головок, устанавливаемых на одном диске, должны быть по возможности идентичными, так как их разброс приводит к полосатости воспроизводимого цветного сигнала.

Конструкция БВГ для наклонно-строчных видеоманитофонов довольно значительно отличается от четырехголовочных. В этих БВГ (рис. 26) диск или барабан с головками располагается горизонтально, а вакуумная камера отсутствует. Прижим головок осуществляется за счет натяжения ленты и ее эластичности. Конструкция направляющих 1, обеспечивающих ход ленты по барабану, выполняется таким образом, чтобы их наклон можно было регулировать в широких пределах. Регулировкой направляющих добиваются взаимозаменяемости записей, выполненных на разных видеоманитофонах.

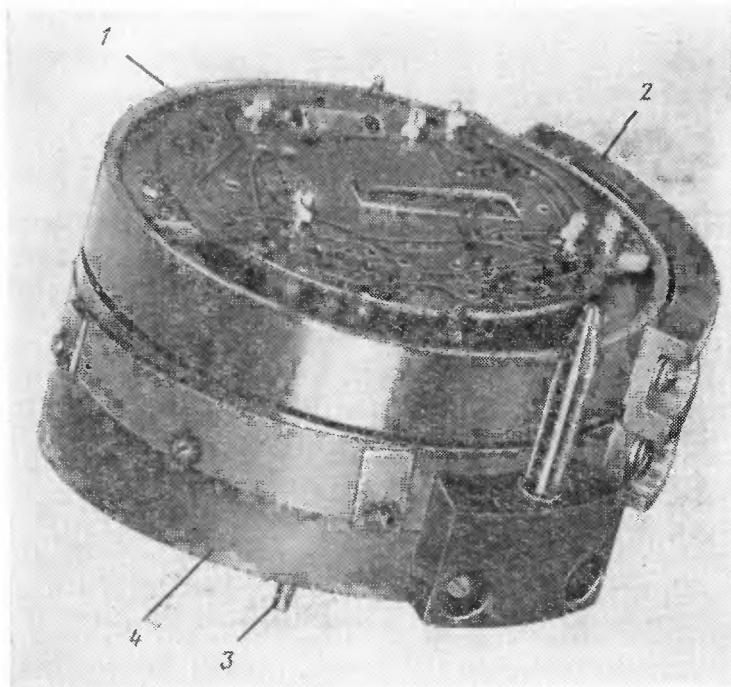


Рис. 27. Блок головок двухголовочного видеоманитофона.

В БВГ одноголового видеоманитофона «Кадр-103» размещается специальный коллекторный двигатель постоянного тока, имеющий полый вал 4. Электродвигатель вращает верхнюю часть барабана 7, на которой размещены три вращающиеся головки. Первая 9, универсальная, служит для записи изображений, вторая 2 — для стирания при электронном монтаже программ, а третья — для контрольного воспроизведения изображений во время записи. Сигнал к стирающей головке 2 подводится через конденсаторный бесконтактный токосъемник, а к остальным головкам через двухканальный

бесконтактный токосъемник 3 индуктивного типа. Диаметр неподвижной части барабана 135 мм, подвижной — на 30–50 мкм меньше.

При вращении между верхней частью барабана и лентой образуется воздушная подушка, которая значительно уменьшает потери на трение при движении ленты по тракту. Внутри полого вала 4 проходят провода 6, подводящие питание к токосъемнику и предварительному усилителю воспроизведения 5, размещенному внутри барабана. Входная и выходная регулируемые направляющие 1 раздвигаются, что значительно облегчает заправку ленты в тракт.

Таходатчики расположены под верхней частью барабана БВГ. Низкочастотный таходатчик выполнен в виде магнитной головки и постоянного магнита, а высокочастотный — в виде зубчатого колеса и двух башмаков с обмотками. При вращении барабана зубья колеса проходят мимо ответных зубьев башмаков и магнитная проницаемость общего магнитопровода меняется [2]. Изменение магнитной проницаемости вызывает появление пульсирующего тока в обмотках башмаков, частота которого жестко связана с частотой вращения барабана. Во время эксплуатации магнитные головки изнашиваются, поскольку они закреплены в Т-образных обоймах 8, которые легко извлекаются из посадочных гнезд; замена изношенных головок на новые может быть сделана в течение нескольких минут.

На рис. 27 изображен блок головок двухголовочного видеоманитофона. Его верхняя 1 и нижняя 4 направляющие скрепляются сегментной стойкой 2 с регулировочными винтами, позволяющими точно устанавливать соосность барабанов. В этом случае ось диска 3 делается сплошной, а выводы от токосъемника и усилителей пропускаются по сегментной стойке. Иногда (рис. 28) корпус двигателя 1 располагается внутри неподвижной направляющей барабана 2. На вал 11, снизу упирающийся в подпятник 13, жестко посажен диск 4 с головками, ротором токосъемника 5 и датчиком частоты вращения. Двигатель имеет разнесенные радиально-упорные подшипники 10 и 12. Отсутствие ременной передачи и непосредственное управление частотой вращения вала двигателя с помощью САР-СД позволяют получить минимальные качания, т. е. малые временные искажения воспроизводимого сигнала.

Верхняя направляющая барабана 3 либо скрепляется с диском и становится подвижной, — тогда вал двигателя делается с пазами для пропуска проводов от токосъемника 5, — либо скрепляется с нижней направляющей 2 с помощью стойки 6. Между диском 4 и верхней крышкой 7 помещается предварительный усилитель воспроизведения, а иногда и оконечный каскад усилителя записи с целью максимального уменьшения длины проводов, идущих к головкам.

Наилучшие результаты дает специальный двигатель постоянного тока с печатным ротором 8, имеющим большое число коллекторных пластин, к которым ток подводится щетками 16, и статором 9 в виде кольцевого постоянного магнита с несколькими полюсами. Прижим щеток задается пружиной 15 и регулируется держателем 14.

Для замены изношенных головок БВГ должен сниматься с видеоманитофона и разбираться. Новые головки типа ФВГ-1 устанавливаются на диске с помощью специального оптического приспособления под углом $181^{\circ}26' \pm 20''$ и тщательно юстируются. Разброс параметров головок, помещаемых на один диск, недопустим. Он при-

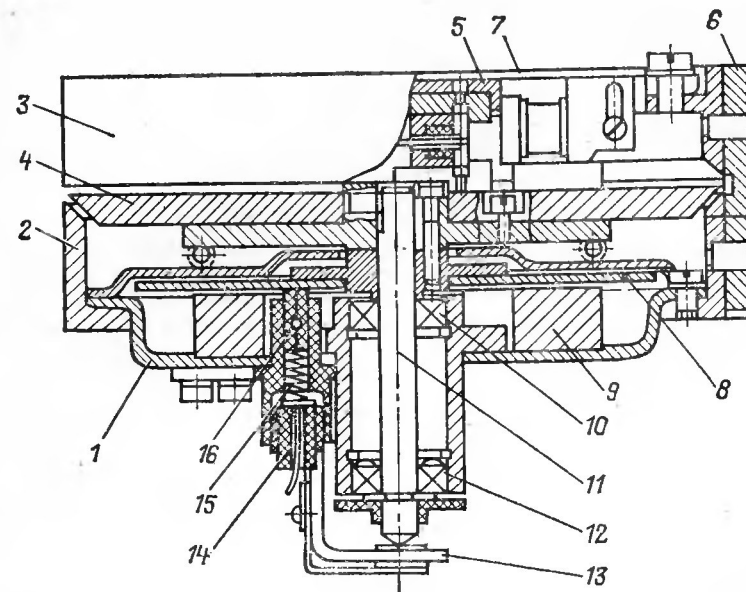


Рис. 28. Блок головок со встроенным двигателем постоянного тока.

водит к искажению яркости соседних строк или к изменению насыщенности цвета в соседних строках цветного изображения. Еще более высокие требования к точности установки головок на диске предъявляет способ цветовой записи с пропуском полукадра и режим воспроизведения неподвижного изображения «Стоп-кадр».

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЗАПИСЬ ЦВЕТОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ С ПЕРЕКОДИРОВАНИЕМ

СПОСОБЫ ЗАПИСИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ПЕРЕКОДИРОВАНИЕМ

Запись цветных телевизионных изображений на бытовых и полупрофессиональных видеоманитофонах обычно затрудняется по двум причинам: во-первых, невозможностью записать полную полосу частот при необходимом отношении сигнал/шум по каналу изображения из-за сравнительно низкой скорости лента/головка; во-вторых, появлении искажений, вызываемых временной нестабильностью воспроизводимых сигналов цветности.

При перекодировании входной сигнал, закодированный по соответствующей вещательной системе, декодируется и сигналы цветности подаются в специальное кодирующее устройство, в котором про-

исходит либо кодирование поднесущей цветности пониженной частоты, либо преобразование параллельных сигналов цветности в последовательные с одновременным сокращением полосы частот каждого из сигналов. Затем кодированные сигналы подаются на видеомэгнитофон, записываются, воспроизводятся и вновь приходят на декодирующее устройство. После декодирования сигналы цветности поступают в стандартное кодирующее устройство, где формируется воспроизводимое цветное изображение, кодированное по соответствующей вещательной системе.

ПЕРЕКОДИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ

Этот способ записи основан на том, что обычный цветовой сигнал, в котором сигналы цветности передаются одновременно, перекодировается в сигнал с поочередной передачей трех основных цветов. При этом каждая цветовая составляющая займет более узкую полосу частот по сравнению с исходным цветовым телевизионным сигналом.

Структурная схема перекодирования параллельных сигналов в последовательные приведена на рис. 29. Входной сигнал, кодирован-

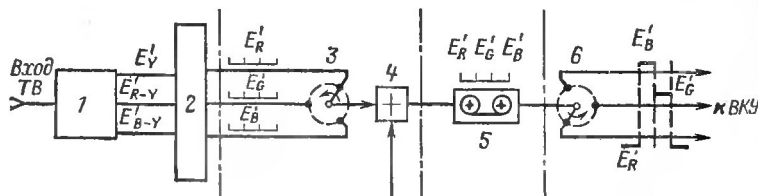


Рис. 29. Структурная схема записи по способу перекодирования параллельных сигналов в последовательные.

ный по системе ПАЛ или СЕКАМ, поступает в декодирующее устройство 1, в котором выделяются сигналы E'_Y , E'_{R-Y} , E'_{B-Y} , приходящие на матрицу 2. На выходе матрицы образуются одновременно сигналы E'_R , E'_G и E'_B , переключаемые коммутатором 3 с частотой строк. Таким образом, каждая последовательная строка несет информацию лишь об одном из цветов и высокочастотных составляющих яркостного сигнала.

Поскольку одновременно производится запись только одного цветового сигнала, то для сигнала цветности достаточна полоса всего 0,6 МГц. Фактически видеомэгнитофон должен записывать по каналу изображения полосу до 2,5 МГц, чтобы сохранились высокочастотные составляющие сигналы яркости. С целью синхронизации коммутатора при воспроизведении в записываемый сигнал по окончании кадрового гасящего импульса замешиваются в сумматоре 4 два тактовых импульса (обычно это импульсы, соответствующие максимальному уровню в красной строке).

Суммарный сигнал записывается на видеомэгнитофоне 5 и при воспроизведении снова подается на коммутатор 6, который переключает

с частотой строк и синхронизируется тактовыми импульсами, выделенными селектором. Если с трех выходов коммутатора сигналы цветности последовательно подавать на три электронных прожектора кинескопа телевизора, то телезритель усреднит красный, зеленый и синий цвета по трем строкам и увидит нормальное цветное изображение. Правда, в этом случае яркость цветного изображения снижается в 3 раза. Существует способ, позволяющий преодолеть этот недостаток. По этому способу последовательные сигналы цветности преобразуются в одновременные путем задержки на одну и две строки. Например, когда воспроизводится строка, несущая информацию о синем цвете, то сигнал прямо подается на прожектор, обеспечивающий засветку синего люминофора. Информация о зеленом цвете, поступившая от предыдущей строки, ограничивается по полосе ФНЧ и модулирует несущую 4,3 МГц. Частотно-модулированный сигнал задерживается ультразвуковой линией на одну строку и после демодуляции подается на прожектор, обеспечивающий засветку зеленого люминофора. Одновременно красный сигнал от предыдущей строки также ограничивается по полосе, превращается в ЧМ колебание и задерживается на две строки. После демодуляции он подается на прожектор, засвечивающий красный люминофор. При этом операции задержки и коммутации сигналов производятся только с сигналами цветности, занимающими полосу частот до 0,6 МГц. Высокочастотный яркостный сигнал подается на все три прожектора одновременно.

Качество воспроизведения цветного изображения, записываемого по этому способу, получается весьма высоким. Хотя разрешающая способность по вертикали снижается в 3 раза из-за постоянного смещения трех строк, а по горизонтали — из-за ограничения полосы частот, временная нестабильность лишь незначительно снижает качество цвета, так как цветовая поднесущая на видеомэгнитофон не записывается. Оценим коэффициенты сужения спектров сигналов при применении этого способа.

По яркостному сигналу при $\Delta F'_Y = 2,5$ МГц для развертки по горизонтали $K_Y = \Delta F_Y / \Delta F'_Y = 6,0 / 2,5 = 2,4$; для развертки по вертикали $K'_Y = 3$.

По цветовому сигналу при $\Delta F'_{цв} = 0,6$ МГц и $\Delta F_{цв} = 1,4$ МГц (для системы ПАЛ) получаем: $K_{цв} = \Delta F_{цв} / \Delta F'_{цв} = 1,4 / 0,6 = 2,35$.

Полное сужение сигнала равно: $K_n = \Delta F_n / \Delta F'_n = 6,0 / 2,5 = 2,4$. Такое высокое сужение исходного спектра позволяет применить этот способ для записи цветных изображений на самых узкополосных видеомэгнитофонах. Его также применяют для записи цветных видеопластинок, разработанных фирмами «Телефункен» (ФРГ) и «Дека» (ФРГ).

Способ перекодирования параллельных сигналов в последовательные весьма интересен для радиолюбителей. Сигналы E'_R , E'_G и E'_B всегда присутствуют на выходе матрицы в декодирующем устройстве стандартного цветного телевизора, а сделать синхронный переключатель от импульсов строчной частоты, имеющихся в блоке развертки телевизора, не представляет особых трудностей. Таким образом, используя цветной телевизор и черно-белый видеомэгнитофон, можно сконструировать сравнительно простое устройство для записи цветных сигналов по этому способу.

ЗАПИСЬ С ЧАСТОТНО-АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ПОДНЕСУЩЕЙ ЦВЕТНОСТИ

Запись с частотно-амплитудной модуляцией (ЧАМ) поднесущей цветности была разработана для видеоманитофонов, имеющих узкую полосу записываемых частот и низкую временную стабильность. При этом решаются обе эти проблемы путем выбора относительно низкой частоты поднесущей цветности и использования специальной модуляции сигналами цветности, которая наименее чувствительна к временным искажениям.

В такой записи используются сигналы E'_Y , E'_{R-Y} и E'_{B-Y} . Частота поднесущей выбирается исходя из

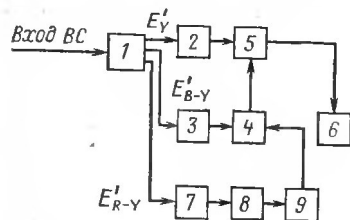


Рис. 30. Структурная схема канала записи по способу ЧАМ.

валяется на качестве воспроизводимого изображения.

Канал записи ЧАМ обычно строится по структурной схеме, приведенной на рис. 30. Если для записи используются сигналы, кодированные по одной из вещательных систем цветного телевидения, то на входе канала записи включается декодирующее устройство 1. На его выходе образуются сигналы E'_Y , E'_{R-Y} и E'_{B-Y} . Сигнал E'_Y проходит ФНЧ 2, ограничивающий его полосу до 2,8 МГц, и приходит на сумматор 5, а затем в усилитель записи 6. При этом амплитуда сигнала E'_Y снижается до 0,7 В. Цветоразностный сигнал E'_{B-Y} с максимальными значениями $\pm 0,63$ В подается через ФНЧ 3 в амплитудный модулятор 4, а цветоразностный сигнал E'_{R-Y} с максимальными значениями $\pm 0,49$ В через ФНЧ 7 и цепь предкоррекции 8 — в частотный модулятор 9.

Частотный модулятор представляет собой мультивибратор, который работает на частоте поднесущей 2,65 МГц при отсутствии внешней модуляции. При размахе сигнала $E'_{R-Y} = \pm 0,25$ В (т. е. при 50%-ной насыщенности) девиация составляет ± 250 кГц. Максимальная девиация не должна превышать ± 500 кГц. Модулированная по частоте цветовая поднесущая подается в амплитудный модулятор 4.

Экспериментально было установлено, что в среднем сигнал E'_{R-Y} положителен, следовательно, частота цветовой поднесущей при модуляции обычно смещается в область более высоких частот.

Так как при декодировании в яркостном канале цветовая поднесущая должна подавляться, то при смещении вверх поднесущей цветности достигается лучшая четкость изображения на экране, чем это имело бы место, если бы модуляция осуществлялась сигналом E'_{R-Y} .

Применение частотной модуляции для передачи сигнала E'_{R-Y} диктуется тем, что частотная модуляция менее чувствительна к помехам, чем амплитудная. Помехи обычно вызываются шумами, перекрестными искажениями, возникающими между каналами яркости и цветности, и синусоидальными наводками. Так как доля сигнала E'_{R-Y} в общем сигнале больше, чем сигнала E'_{B-Y} (причем этот сигнал обычно передает зеленые и красные цвета, на которых помеха субъективно заметнее), то использование частотной модуляции для передачи сигнала E'_{R-Y} предпочтительнее.

Модулирование по частоте поднесущая цветности подается в амплитудный модулятор 4, настроенный таким образом, что без сигнала E'_{B-Y} цветовая поднесущая имеет постоянное значение, равное 0,3 В (от пика до пика). При значении сигнала $E'_{B-Y} = \pm 0,315$, т. е. при 50%-ной насыщенности, цветовая поднесущая модулируется в диапазоне от 0,07 до 0,53 В (от пика до пика), что соответствует коэффициенту амплитудной модуляции $m = 0,766$. Отметим, что величина m должна быть меньше 1 при любой насыщенности, иначе произойдет потеря информации о сигнале E'_{R-Y} . На практике это ограничение не играет особой роли, так как обычно сигнал E'_{B-Y} в среднем отрицателен. При изменении полярности сигнала E'_{B-Y} амплитудная модуляция главным образом вызывает увеличение размаха цветовой поднесущей.

Модулированная цветовая поднесущая без дальнейшего ограничения полосы подается на сумматор 5, где складывается с яркостным сигналом, и поступает на запись в видеоманитофон 6. В полиом сигнале цветовая поднесущая имеет значение 0,3 В от пика до пика по уровню белого, а максимальное значение яркостного сигнала на уровне белого 0,7 В.

В качестве модулятора применяется мультивибратор, у которого генерация периодически срывается импульсами полустроочной частоты, причем фазовый сдвиг между пакетами ЧМ колебаний составляет половину периода строочной частоты. Вследствие этого в спектре поднесущей содержится главным образом нечетные гармоники, кратные половине $F_{стр}$. Это значительно снижает помехи от поднесущей на экране телевизора, а симметричная схема мультивибратора обеспечивает стабилизацию частоты покоя.

Канал воспроизведения ЧАМ строится по структурной схеме, приведенной на рис. 31. Полученный от видеоманитофона 1 сигнал

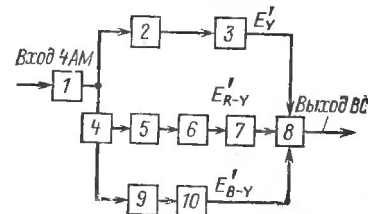


Рис. 31. Структурная схема канала воспроизведения по способу ЧАМ.

проходит ФНЧ 2 с затуханием 6 дБ на частоте 2 МГц, выделяет яркостную составляющую полного цветового сигнала. С помощью режекторного фильтра 3, настроенного на частоту 2,65 МГц, вырезаются остатки цветовой поднесущей в яркостном сигнале.

Подобный способ фильтрации яркостного сигнала дает лучшие результаты, чем применение ФНЧ с крутой характеристикой и частотой среза 2,3 МГц, на переходной характеристике которого могут возникнуть выбросы. Выбор частоты 2,65 МГц также не случаен. Поскольку обычные цветные изображения содержат много серых деталей или цветовых тонов, лежащих ближе к белому, то цветовая поднесущая будет чаще всего находиться вблизи частоты 2,65 МГц, т. е. эффективно подавляться режекторным фильтром.

Входной сигнал от видеомагнитофона также поступает на полосу фильтр 4 с полосой от 2,1 до 3,5 МГц (на уровне — 6 дБ), который выделяет цветовую поднесущую. Последняя подается на частотный демодулятор 5 и амплитудный детектор 9. К частотному детектору подключены схема декоррекции 6 и ФНЧ 7 с полосой пропускания 1 МГц, на выходе которого образуется сигнал E'_{R-Y} . Полоса частот сигнала E'_{B-Y} , получаемого на выходе амплитудного детектора, также ограничивается фильтром 10 с частотой среза 1 МГц. Три основных сигнала E'_Y , E'_{R-Y} и E'_{B-Y} подаются в кодирующее устройство 8, на выходе которого образуется исходный цветовой сигнал.

Следует отметить, что ограничение полосы сигнала E'_Y приводит к снижению четкости изображения. Для ее восстановления применяют специальную апертурную коррекцию сигнала яркости. В обычных корректорах сигнал E'_Y параллельно поступает на усилитель и на дифференцирующий каскад. Сигнал от яркостного перехода дифференцируется, а затем суммируется с сигналом E'_Y , что улучшает четкость изображения, но приводит к увеличению шума.

В рассматриваемом корректоре дифференцированный сигнал от яркостного перехода дополнительно пропускается через диодную цепочку. Вследствие почти прямоугольных характеристик диодов выбросы от дифференцированных перепадов сигнала яркости становятся уже, а шум между пиками ослабляется. Далее шум подавляется RC-цепочкой, на которой образуется небольшое постоянное напряжение, запирающее диоды во время отсутствия сильных сигналов. Хотя соответствующий пикам шум «просачивается» через диоды, он мало заметен на изображении. Затем импульсы вновь дифференцируются и суммируются в сумматоре с основным сигналом, предварительно задержанным линией, компенсирующей задержку корректирующего сигнала. Такой корректор улучшает четкость изображения без заметного увеличения шумов.

Следует отметить, что коммутация фазы от строки к строке, применяемая в модуляторе ЧАМ, не только создает малозаметную структуру цветовой поднесущей в воспроизводимом изображении, но и позволяет отделить яркостный сигнал от цветовой поднесущей и применить схему демодулятора, изображенную на рис. 32. Воспроизводимый сигнал ЧАМ подается параллельно на ФНЧ 1 с частотой среза 2,1 МГц и на полосу фильтр 2 с полосой частот от 2,1 до 3,5 МГц. Сигнал с выхода фильтра 2 приходит на линию задержки 3 с задержкой, равной длительности одной строки. В сум-

маторе 4 суммируются задержанный и незадержанный сигналы, а в вычитателе 6 эти сигналы вычитаются. Из-за перемены фазы в частотном модуляторе от строки к строке на выходе сумматора остаются только высокочастотные составляющие яркостного сигнала, которые в дальнейшем суммируются в сумматоре 5 с низкочастотными составляющими, прошедшими ФНЧ 1. На выходе вычитающего каскада 6 остаются сигналы цветности, подаваемые на демодуляцию.

Описанный способ разделения сигнала ЧАМ дает возможность расширить полосу частот яркостного сигнала на весь диапазон записываемых видеомагнитофоном частот. Следовательно, если исходить лишь из частоты среза фильтра в канале яркости, то следует считать, что при ЧАМ коэффициент сужения спектра сигнала яркости составляет: $K_Y = \Delta F_Y / F'_Y = 6,0/2,1 = 2,85$. Этот способ выделения яркостных составляющих расширяет полосу частот канала яркости до 3,5 МГц, т. е. $K'_Y = 1,9$, качество воспроизводимого сигнала получается весьма высоким.

Способ ЧАМ удобен для магнитной записи тем, что сигнал, записываемый на ленту, не искажается из-за нестабильности относительной скорости головка/лента, возникающей в видеомагнитофоне. Амплитудная модуляция несущей практически не искажается из-за нестабильности. То же самое в известных пределах относится и к частотной модуляции. Однако кратковременная нестабильность может вызвать появление помех. Более важную роль играет медленный уход частоты, возникающий из-за различия средней скорости видеомагнитофонов. Если различие составляет 1%, то уход частоты поднесущей равен 2,65 кГц. Так как девиация от сигнала E'_{R-Y} (при 50% насыщении) равна ± 250 кГц, то изменение частоты несущей из-за ухода средней скорости составит 5,3%. Подобное изменение допустимо, но его дальнейшее увеличение нежелательно.

Способ ЧАМ обеспечивает высокое качество записи и воспроизведения цветных телевизионных сигналов различных систем и может быть рекомендован для полупрофессиональных видеомагнитофонов. Его основной недостаток — относительная сложность электронных блоков, осуществляющих перекодирование сигналов.

ЗАПИСЬ С ПЕРЕКОДИРОВАНИЕМ В СИГНАЛЫ СИСТЕМЫ СЕКАМ С ПОНИЖЕННОЙ ЧАСТОТОЙ ПОДНЕСУЩЕЙ ЦВЕТНОСТИ

Способ записи с перекодированием исходных цветных телевизионных сигналов в сигналы системы СЕКАМ с пониженными частотами поднесущих был впервые применен японской вещательной корпорацией NHK и дал сравнительно хорошие результаты. Сигналы

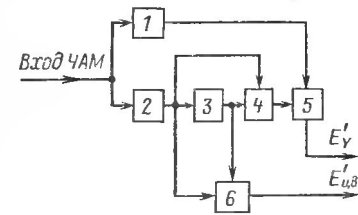


Рис. 32. Структурная схема демодулятора.

системы СЕКАМ по своей природе мало подвержены искажениям из-за нестабильности временного масштаба. Поэтому перекодированные сигналы различных систем в СЕКАМ целесообразно для бытовой видеозаписи, когда процесс перекодирования можно совместить с понижением частоты поднесущей цветности.

Структурная схема видеоманитфона с перекодированием системы НТСЦ в систему СЕКАМ и обратно приведена на рис. 33. Для преобразования сигналов НТСЦ в сигналы СЕКАМ входной сигнал сначала разделяется в матрице 1 на компоненты E'_Y , E'_I и E'_Q .

Сигнал E'_Y подается на частотный модулятор 7, совмещенный с сумматором. Генераторы вспомогательных поднесущих цветности пониженной частоты 3, 4 вырабатывают сигнал, который подается в частотные модуляторы 2 и 6. Строчными импульсами поочередно выделяются сигналы E'_I и E'_Q .

Полученными таким образом сигналами цветности с построчным чередованием производится частотная модуляция поднесущей цветности в модуляторах (выбор поднесущей связан с частотным диапазоном, записываемым видеоманитфоном). Частотно-модулированные сигналы от модуляторов суммируются в сумматоре 5. После суммирования сигналы цветности подаются в модулятор — сумматор 7, где происходит их сложение с ЧМ сигналом яркости. При прохождении гасящих импульсов несущая подавляется, добавляется к сигналу E'_Y . В сигнал E'_Y на заднюю площадку гасящего импульса помещается импульсная метка. Полный (составной) сигнал подается в усилитель записи 8 и записывается на ленту.

В системе НТСЦ поднесущая цветности подвергается квадратурной модуляции, в системе СЕКАМ поднесущая модулирована по частоте. Поэтому при воспроизведении сигнала, закодированного по системе СЕКАМ, специфичные для видеоманитфона колебания временного масштаба не вызывают искажения цвета и насы-

щенности воспроизводимого цветного изображения. Воспроизводимый с ленты ЧМ сигнал усиливается усилителем 10, проходит ФВЧ 11, ограничитель 12 и демодулятор 13. После демодуляции сигнал E'_Y подается в кодирующее устройство 17.

Сигнал цветности отделяется ФНЧ 9, ограничивается ограничителем 14 и параллельно подается в линию задержки на строку 15 и в декодирующее устройство 16. Задержанный сигнал с линии задержки и строчные синхронимпульсы, выделенные из сигнала E'_Y амплитудным селектором 18, также подаются в декодирующее устройство. В нем формируются сигналы E'_I и E'_Q . Поскольку сигналы E'_I и E'_Q передаются через строку поочередно, то эти же сигналы в предыдущей строке дополняются соответствующими сигналами, задержанными на одну строку, в результате чего получают непрерывные сигналы E'_I и E'_Q , необходимые для осуществления квадратурной модуляции поднесущей цветности. Для различения сигналов E'_I и E'_Q служит импульсная метка.

Полученные таким путем сигналы E'_Y , E'_I и E'_Q вновь поступают в кодирующее устройство НТСЦ 17, где образуется исходный цветовой телевизионный сигнал.

Наиболее полно возможности записи с перекодированием сигнала в системе СЕКАМ с низкочастотной поднесущей цветности использованы в видеоманитфоне, структурная схема которого приведена на рис. 34. Этот видеоманитфон работает непосредственно от цветной телевизионной камеры. Выходные сигналы камеры E'_R , E'_G , E'_B поступают на матрицу 1, с которой снимаются сигналы E'_Y , E'_{R-Y} и E'_{B-Y} . Яркостный сигнал суммируется с синхросигналами в сумматоре 2 и через предкорректор 3 подается в модулятор 4, в котором модулируется высокочастотная несущая видеоманитфона. Частотно-модулированный сигнал проходит ФВЧ 5 и далее сумматор 7. Из строчных синхронимпульсов в умножителе 6 вырабатывается низкочастотная поднесущая цветности (0,5—0,7 МГц).

Сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} проходят через электронный коммутатор 9, переключающийся с частотой строк, на модулятор 10 поднесущей цветности. Модулированная поднесущая через ФНЧ 11 поступает в сумматор 7; суммарный сигнал после усиления в усилителе 8 подается на запись. Уровень записи низкочастотной поднесущей цветности выбирается на 18—22 дБ ниже уровня записи от высокочастотного сигнала.

При воспроизведении сигнал усиливается усилителем 12 и разделяется фильтрами 13 и 22 на высокочастотную составляющую, содержащую частотно-модулированную яркостную составляющую, и низкочастотную, в которой содержатся сигналы цветности E'_{R-Y} и E'_{B-Y} , передаваемые на поднесущую пониженной частоты. Высокочастотная составляющая ограничивается ограничителем 14 и демодулируется в демодуляторе 15 обычным путем, а затем, через ФНЧ 16, подается на схему привязки 17 и матрицу 21. Амплитудным селектором 18 из сигнала яркости выделяется импульсная часть, поступающая на синхронизацию генератора 19, запускающего

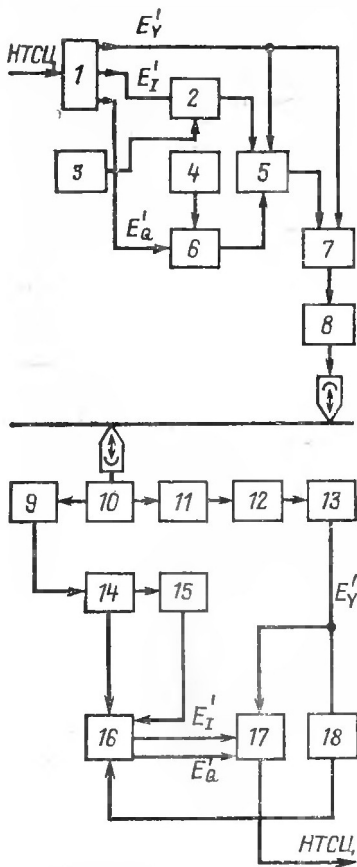


Рис. 33. Структурная схема канала изображения, построенного по способу перекодирования сигналов НТСЦ в сигналы СЕКАМ и обратно.

на по частоте. Поэтому при воспроизведении сигнала, закодированного по системе СЕКАМ, специфичные для видеоманитфона колебания временного масштаба не вызывают искажения цвета и насы-

схему формирования 20, формирующую синхросигнал, очищенный от помех.

Низкочастотная составляющая также ограничивается в ограничителе 23 и после демодуляции в демодуляторе 24 из нее выделяется сигнал цветности, который, пройдя линию задержки на строку 25 и электронный коммутатор 26 декодирующего устройства, формиру-

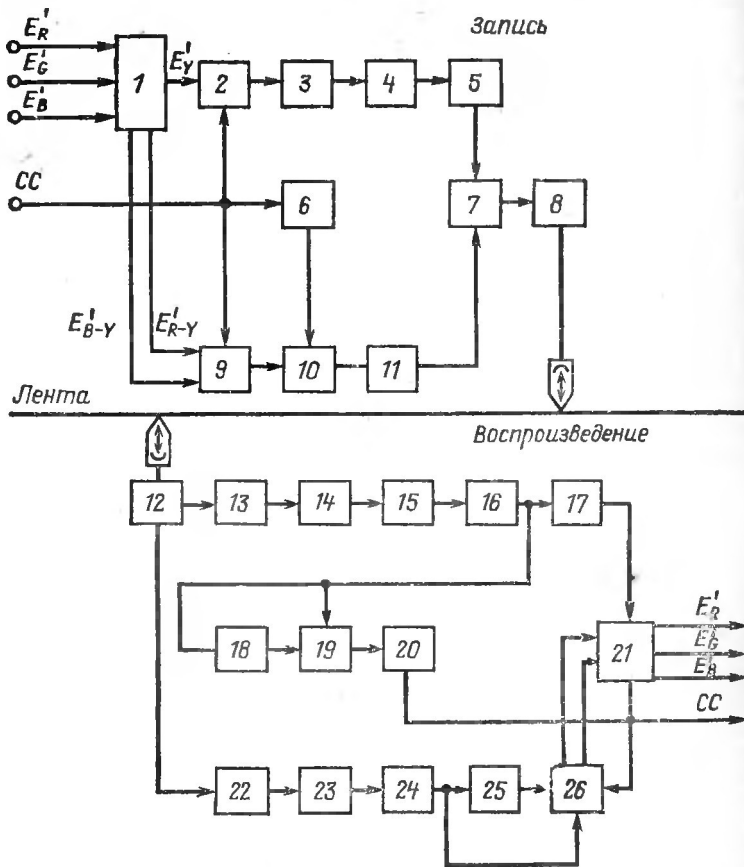


Рис. 34. Структурная схема канала изображения с перекодированием в сигнал SECAM с пониженной частотой поднесущей цветности.

ется в два непрерывных цветоразностных сигнала, поступающих на матрицу 21. На выходе матрицы образуются три сигнала E_R' , E_G' и E_B' , которые могут быть использованы либо для подачи на цветной кинескоп, либо для кодирования по любой системе цветного телевидения.

ЗАПИСЬ С РАЗДЕЛЕНИЕМ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ СПЕКТРОВ ЦВЕТОВОГО СИГНАЛА

СПОСОБЫ ЗАПИСИ С РАЗДЕЛЕНИЕМ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Запись с предварительным разделением и преобразованием исходного цветного сигнала предназначена для решения двух задач: записи телевизионного сигнала на видеомангитофоне, обеспечивающем запись более узкой полосы частот, чем полоса, занимаемая полным телевизионным сигналом; уменьшения влияния временной не-

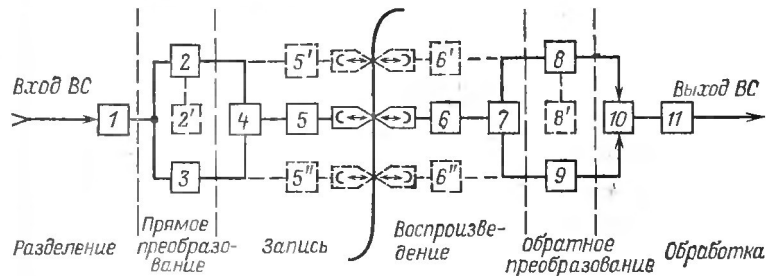


Рис. 35. Функциональная схема способа записи с разделением и преобразованием спектров.

стабильности видеомангитофона на качество воспроизводимого цветного изображения.

Обобщенная функциональная схема канала записи цветных телевизионных сигналов способом преобразования спектров приведена на рис. 35. Входной сигнал в блоке 1 разделяется на два или три сигнала. Обычно это сигналы яркости и цветности или цветоразностные сигналы E_Y' ; E_{R-Y}' ; E_{B-Y}' . Каждый из этих сигналов перед записью корректируется и преобразовывается (в блоках 2, 3) в сигналы, удобные для видеозаписи (обычно в частотно-модулированные сигналы). Затем они либо суммируются (блок 4) и записываются на одну общую дорожку, либо каждый из них записывается на свою отдельную дорожку (блок 5). При воспроизведении сигналы разделяются, корректируются и преобразовываются в исходную форму (блоки 6, 7, 8, 9), а затем суммируются в полный цветовой сигнал (блок 10), который дополнительно обрабатывается в блоке 11 с целью повышения качества.

Рассматриваемые способы записи цветных сигналов (см. 14) с преобразованием и разделением классифицируются следующим образом: способ магнитной записи — запись на одну, две или три параллельные дорожки; способ преобразования сигналов — перенос спектра сигналов цветности в видеоканале (ПВК) в ЧМ канал видеомангитофона (ПЧМ), в ЧМ канал видеомангитофона в сочетании

с записью вспомогательного сигнала (пилот-сигнала) для компенсации временных искажений (ПЧМП) и ряд других разновидностей этих способов.

В настоящее время в современной бытовой и полупрофессиональной аппаратуре для записи цветных телевизионных сигналов, кодированных по системам СЕКАМ, ПАЛ и НТСЦ, чаще всего используется способ ПЧМ, причем для систем ПАЛ и НТСЦ записывается или выделяется сигнал для подстройки частоты и фазы гетеродина при обратном переносе.

РАЗДЕЛЕНИЕ И СУММИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ ЦВЕТОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Обычно на входе видеомagneтофона подается полный телевизионный сигнал с совмещенными спектрами сигналов яркости и цветности. При записи способом преобразования необходимо разделить спектры сигналов перед записью и суммировать их после воспроизведения.

Рассмотрим подробнее вопросы разделения и суммирования сигналов яркости и цветности применительно к сигналам системы СЕКАМ. В цветных телевизорах, предназначенных для приема сигналов, кодированных по этой системе, сигнал цветности $E'_{цв}$ обычно выделяют с помощью полосового фильтра из полного телевизионного сигнала, а в канал сигнала яркости E'_Y устанавливают режекторный фильтр. Так как после разделения спектры сигналов вновь не суммируют, то фазовые искажения, возникающие на границе полосы пропускания фильтров, существенной роли не играют. При видеозаписи необходимо, чтобы эти сигналы взаимно дополняли друг друга: $E'_Y + E'_{цв} = E'_H$. При этом если для систем обработки воспроизводимых сигналов допустимо неполное разделение спектров сигналов яркости и цветности, то при записи с преобразованием спектров качество разделения играет существенную роль, так как перекрестные помехи при неполном разделении вызовут появление муара. После разделения эти сигналы преобразуются, записываются, воспроизводятся, проходят цепи предьскажений и декоррекции — все это может вызвать муар и ряд других искажений после суммирования.

Для разделения сигналов в канале яркости устанавливается фильтр нижних частот (ФНЧ), который должен подавить сигнал цветности $E'_{цв}$ при минимальном искажении сигнала яркости E'_Y . Чтобы выполнить эти противоречивые требования, ФНЧ должен приближаться к идеальному, т. е. иметь равномерную АЧХ в полосе прозрачности, малый интервал среза, большое затухание и симметричную импульсную характеристику. Наилучший метод приближения к характеристикам идеального фильтра заключается в раздельном синтезе требуемых АЧХ и ФЧХ. Преимуществом этого метода является возможность выбора типа фильтра, обеспечивающего необходимое затухание на частоте среза при наименьшем числе элементов.

В теории фильтров АЧХ идеального фильтра аппроксимируется выражением $|K(j\omega)|^2 = 1/[1 + P_2(\omega)]$, где $|K(j\omega)|^2$ — модуль коэффициента передачи фильтра. Для построения идеального фильтра

необходимо, чтобы функция $P^2(\omega)$ мало отличалась от нуля в полосе пропускания и была намного больше единицы в полосе затухания.

Теоретическое сравнение различных видов аппроксимации АЧХ идеального фильтра, а также моделирование и определение АЧХ реальных фильтров показывают, что наилучшие результаты дает аппроксимация по Кауэру.

Для того чтобы не возникали искажения при прохождении сигнала через фильтры, их фазовая характеристика в полосе пропус-

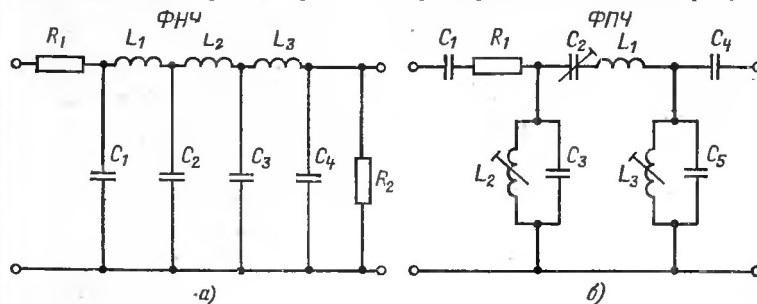


Рис. 36. Схемы фильтров для разделения сигналов яркости и цветности.

а — фильтр нижних частот; б — полосовой фильтр.

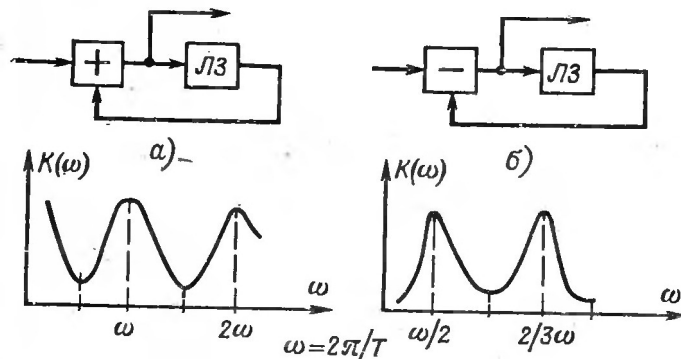


Рис. 37. Гребенчатые фильтры.

кания должна быть линейной. Фазокорректированный фильтр ФНЧ почти полностью отфильтровывает высокочастотные составляющие сигнала яркости и сигнал цветности при затухании -3 дБ на $3,5$ МГц и -50 дБ на $4,4$ МГц (рис. 36).

Общий недостаток систем разделения с низкочастотным и полосовым фильтрами — это потери высокочастотных составляющих в сигнале яркости и значительное сужение полос сигналов яркости и цветности, необходимое для того, чтобы спектры при преобразованиях не перекрывались.

Для разделения сигналов яркости и цветности можно использовать «гребенчатые» фильтры [11]. Эти фильтры обычно образуются линией задержки сигнала с суммирующим (рис. 37, а) и вычитающим (рис. 37, б) элементами. В схеме с вычитающим элементом сигналы с периодом T подавляются, а с суммирующим — подчеркиваются. Так как в яркостном сигнале преобладают гармоники строчной частоты, то выбирают $F_{стр} = 1/T$, в этом случае фильтр пропускает сигнал яркости и подавляет сигнал цветности. Гребенчатые фильтры весьма эффективны для систем с квадратурной модуляцией поднесущей, так как гармоники сигнала цветности в этих системах расположены между гармониками яркостного сигнала.

В системе СЕКАМ выделение сигнала яркости с помощью гребенчатого фильтра малоэффективно в силу того, что в полосе частот от 4 до 4,6 МГц сконцентрирована основная энергия сигнала цветности $E'_{цв}$, мощность которого значительно превосходит мощность яркостных составляющих. Кроме того, каждая шестая составляющая спектра сигнала $E'_{цв}$ совпадает с соответствующей составляющей спектра сигнала E'_Y . Если в полосе частот от 3 до 4 МГц и от 4,6 до 6 МГц погрешность селекции сигнала, определяемого вычитанием частот спектра сигнала цветности, кратных $F_{стр}$, незначительна, то в полосе частот от 4 до 4,6 МГц она недопустимо велика. Поэтому этот участок полного сигнала обычно подавляется дополнительно режекторным фильтром.

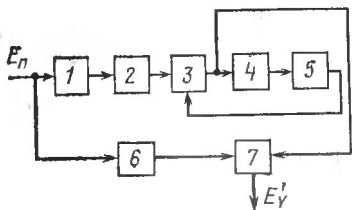


Рис. 38. Структурная схема комбинированного фильтра.

На рис. 38 изображена структурная схема комбинированного фильтра, реализующего этот способ выделения сигнала яркости. На схеме: 1 — полосовой фильтр от 3 до 6 МГц, 2 — режекторный фильтр на область девиации поднесущих от 4 до 4,6 МГц, 3 — сумматор, 4 — линия задержки на строку, 5 — линия задержки с отводами для подстройки фильтра, 6 — ФНЧ, 7 — сумматор. Точная подстройка максимумов гребенчатого фильтра осуществляется линией задержки 5 с регулируемым временем задержки от 0 до 0,2 мкс. После подавления сигнала цветности гребенчатым и режекторным фильтрами к высокочастотным составляющим сигнала яркости добавляются в сумматоре 7 низкочастотные, прошедшие фильтр 6.

Способом разделения сигналов яркости и цветности с помощью фильтров свойствен серьезный недостаток: при обратном суммировании этих сигналов трудно избежать искажений, связанных с неточностью взаимного дополнения АЧХ и ФЧХ разделительных фильтров. Более качественное разделение можно получить в устройствах, использующих плавный ФНЧ, линию задержки и вычитающий каскад [3]. Структурная схема подобного устройства изображена на рис. 39. Из полного цветового телевизионного сигнала E_n ФНЧ 1 выделяется низкочастотная часть E'_Y и подается на один из входов вычитающего устройства 3. На второй вход поступает сигнал E_n , задержанный линией задержки 2. После вычитания остается сигнал цветности $E''_{цв}$, представляющий собой сумму исходного сиг-

нала цветности $E'_{цв}$ и высокочастотных составляющих яркостного сигнала. Линия задержки служит для выравнивания задержек полного телевизионного сигнала и сигнала, выделенного фильтром, перед вычитанием. Более простое устройство для разделения сигналов яркости и цветности можно получить, используя только одну линию задержки и вычитающий каскад. Линия может быть короткозамкнутой или разомкнутой, при этом выделенные сигналы $E'_{цв}$ и E'_Y меняются местами. На рис. 40 приведены АЧХ для сигналов E'_Y и $E''_{цв}$. Значение минимума АЧХ в канале яркости располагается между цветовыми поднесущими СЕКАМ. При этом время задержки линии выбирается $\tau_3 = 57,8$ нс, а подавление сигнала $E'_{цв}$ составляет более 30 дБ в красной и синей строках. Переходная характеристика канала яркости в этой схеме не имеет выбросов. Выделенные сигналы

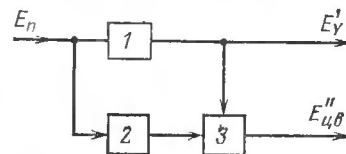
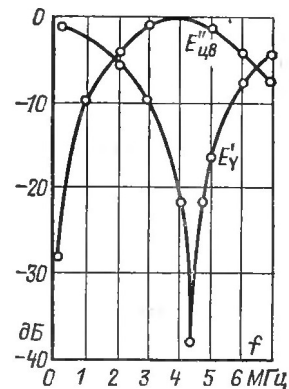


Рис. 39. Разделитель сигналов яркости и цветности с ФНЧ, линией задержки и вычитающим каскадом.

Рис. 40. АЧХ каналов яркости и цветности при разделении с помощью короткозамкнутой линии.



взаимно дополняют друг друга, причем сигнал, получаемый при обратном суммировании, не имеет задержки по отношению ко входному, что является преимуществом перед способом разделения фильтрами.

Рассмотрим подробнее вопросы суммирования сигналов после обратного преобразования. При суммировании могут встретиться два варианта. В первом случае спектры суммируемых сигналов E'_Y и $E'_{цв}$ не перекрываются. Этот случай характерен для разделения сигналов с помощью фильтров. При этом искажения типа муара в суммарном сигнале не возникают, однако возможны искажения из-за различных задержек сигналов в фильтрах. Во втором случае спектры суммируемых сигналов E'_Y и $E'_{цв}$ частично перекрываются. Этот случай характерен для разделения сигналов с помощью фильтра, линии задержки и вычитающего устройства. Оценим влияние разницы в задержках в каналах яркости и цветности.

На рис. 41 изображена частотная зависимость относительной амплитуды суммарного сигнала при различной дополнительной за-

держке τ' . Наибольшие искажения суммарного сигнала происходят на частоте среза фильтра $\omega_{ср}$, когда амплитуды сигналов E_Y и $E_{цв}$ достигают максимального значения. Из рис. 41 следует, что для обеспечения равномерности АЧХ суммарного сигнала в пределах 1 дБ точность задержки суммируемых сигналов должна быть не хуже $1/5\omega_{ср}$.

Суммирование сигналов E_Y и $E_{цв}$, разделенных с помощью короткозамкнутой линии, также может привести к значительным искажениям из-за различной задержки в каналах. Допустим, дополнительная задержка τ' имеет место в канале цветности.

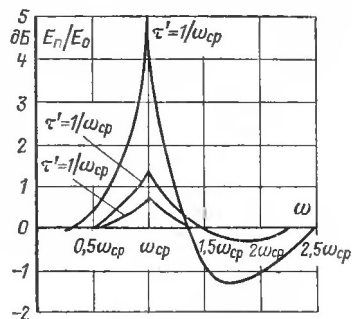
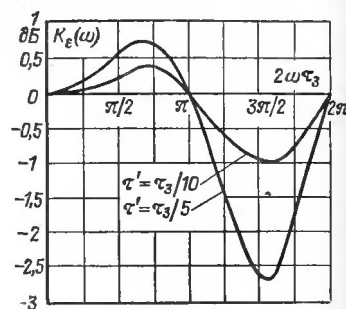


Рис. 41. Частотная зависимость сигналов при различной величине дополнительной задержки.

Рис. 42. Зависимость АЧХ суммарного сигнала от точности задержки его составляющих.



Форма частотной характеристики суммарного коэффициента передачи для этого случая приведена на рис. 42. Точность суммирования лучше 1 дБ достигается лишь в том случае, когда дополнительная задержка $\tau' \leq \tau_3/10$.

При значениях $\tau' < \tau_3/10$ фазовая характеристика $\varphi(\omega)$ и групповое время запаздывания $\tau(\omega)$ меняются линейно практически пропорционально τ' .

ЗАПИСЬ ЦВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ С ПЕРЕНОСОМ СПЕКТРА СИГНАЛА ЦВЕТНОСТИ В ВИДЕОКАНАЛ

Способ записи с переносом спектра сигнала цветности в видеоканал (ПВК) является одним из наиболее целесообразных для сигналов системы SEKAM. Важное преимущество этого способа состоит в том, что практически не требуется переделывать черно-белый видеоманитфон. Дополнительные блоки преобразования цветного сигнала могут работать с любым видеоманитфоном, у которого рабочая полоса частот по видеоканалу не меньше 2,7—3 МГц. При полосе частот 3,8 МГц и больше качество цветного изображения получается весьма высоким.

Спектр полного цветового сигнала при этом способе разделяется на два участка, первый из которых — низкочастотный содержит информацию о яркости, а второй — высокочастотный — информацию о цвете. Часть спектра, содержащая информацию о цвете, путем гетеродинирования переносится в низкочастотную область более низких частот и суммируется с яркостной частью спектра таким образом, чтобы общая ширина результирующего спектра не превышала ширины полосы пропускания видеоманитфона. Полученный сигнал подается на видеоманитфон и записывается на ленту. При воспроизведении высокочастотная часть спектра, несущая информацию о цвете, отделяется от низкочастотной, переносится по оси частот на исходное место путем обратного гетеродинирования и вновь суммируется с низкочастотной. Суммарный сигнал пригоден для воспроизведения на экране обычного цветного телевизора.

Допустимые коэффициенты сужения спектров сигналов яркости и цветности при способе ПВК диктуются особенностями полного сигнала, кодированного по системе SEKAM. Так как в системе SEKAM качество изображения в некоторых пределах мало зависит от наличия высокочастотных компонент яркостного сигнала, то коэффициент сужения сигнала яркости K_Y можно выбрать равным 2,5—3 или даже 6.

Диапазон девиации поднесущих цветности в сигнале SEKAM составляет 3,9—4,76 МГц. Исходная ширина спектра сигналов цветности, равная 3 МГц, не может быть сделана меньше, чем диапазон девиации поднесущих, без значительной потери качества изображения, поэтому коэффициент сужения сигнала цветности может быть не более 2—2,5. При способе ПВК суммарная полоса сигналов цветности и яркости не должна превышать рабочей полосы частот ΔF_B видеоманитфона [5], поэтому

$$\Delta F_Y / K_{YПВК} + \Delta F_{цв} / K_{цвПВК} \leq \Delta F_B.$$

При нарушении этого соотношения спектры двух сигналов будут перекрываться, их невозможно будет разделить и возникнут перекрестные искажения.

Отметим, что при способе ПВК обязательно имеют место потери высокочастотных составляющих сигналов яркости. Хотя при этом наблюдается некоторое ухудшение четкости изображения, но наличие цвета маскирует этот недостаток.

Запись сигналов системы SEKAM способом ПВК была осуществлена в СССР на узкополосном видеоманитфоне «Кадр-10» с помощью приставки ЦТ-2 [5]. Входной телевизионный сигнал перед записью разделялся на яркостную составляющую E_Y , полоса которой ограничивалась фильтром до 1,8 МГц, и цветovou составляющую $E_{цв}$ сужаемую полосовым фильтром до 3,9—4,8 МГц. Цветовая составляющая $E_{цв}$ переносилась путем гетеродинирования в область частот 2,0—2,9 МГц и записывалась на ленту. При воспроизведении эти составляющие расфильтровывались и $E_{цв}$ переносилась в исходную область частот.

Для уменьшения перекоса кадрового импульса и улучшения синхронизации в канале Y перед суммированием производилась управляемая фиксация уровня. Поэтому воспроизводимый сигнал E_Y параллельно подавался в схему формирования импульсов привязки,

где вначале производилась неуправляемая фиксация. Затем через противощумовой фильтр сигнал E_Y поступал в амплитудный селектор, а выделенные синхроимпульсы использовались для формирования импульсов привязки длительностью 2 мкс.

С целью повышения отношения сигнал/шум по сигналу цветности в ЧМ канал видеомагнитофона вводились предискажения. Они были выбраны так, чтобы уровень сигналов цветности при максимальной девиации поднимался на 14—16 дБ относительно немодулированных перенесенных поднесущих цветности. Декоррекция при воспроизведении выбиралась комплексно сопряженной предискажениями при записи. Запись производилась на видеомагнитофоне, который имел отношение сигнал/шум 42 дБ. При визуальной оценке воспроизводимых цветных телевизионных программ можно было отметить следующие искажения: заметное понижение четкости; шум по каналу цветности, близкий к предельно допустимому; сдвиг сигналов цветности относительно сигнала яркости из-за нелинейных фазовых характеристик фильтров, причем различный на красном и голубом цветах. Эти недостатки являются характерными для способа ПВК, особенно при предельных коэффициентах сужения. Действительно, увеличение четкости невозможно без значительного расширения рабочей полосы видеомагнитофона. Сигналы цветности записываются в верхней части рабочей полосы частот, как раз там, где наиболее трудно записать сигнал с высоким отношением сигнал/шум. Выполнить узкополосные полосовые фильтры с большим затуханием и линейной фазовой характеристикой обычно не удается.

Задача значительно упрощается, если для записи используется более широкополосный видеомагнитофон, например с полосой частот по видеоканалу до 3,8—4 МГц. В этом случае оптимальные коэффициенты сужения K_Y и $K_{цв}$ определяются с точки зрения выбора оптимальной полосы частот канала цветности. Исследования, проведенные с целью выяснения заметных искажений сигнала цветности при уменьшении полосы пропускания полосовых фильтров, показали, что наиболее оптимальной полосой пропускания обладает фильтр с полосой примерно 1 МГц. При этом полная девиация поднесущей пропускается целиком, а время нарастания сигнала цветности не превышает 1 мкс, следовательно,

$$K_{цв} = \Delta F_{цв}' / \Delta F_{цв}'' = 3,$$

где $\Delta F_{цв}'$ — суженная полоса частот сигнала цветности; поэтому $\Delta F_Y'' = \Delta F_Y - \Delta F_{цв}''$, где ΔF_Y — рабочая полоса частот видеомагнитофона по видеоканалу;

$K_Y = \Delta F_Y / \Delta F_Y'' = \Delta F_Y / (\Delta F_Y - \Delta F_{цв}'') = 6 / (3,8 - 1) \approx 2,15$. Такое сужение полосы сигнала яркости мало сказывается на четкости изображения. Большое влияние на передачу высокочастотных составляющих оказывают выбор и стабильность частоты гетеродина. Правильное фазирование высокочастотных составляющих сигнала яркости в полосе частот 3,8—5,0 МГц (расположенных в области $E_{цв}'$) при прямом и обратном гетеродинировании обеспечивается выбором частоты гетеродина, которая стабилизируется кварцем и берется равной значению нечетной гармоники строчной частоты (в данном случае $f_H = 493F_{стр} = 7,703125$ МГц).

Структурная схема устройства для сокращения полосы частот цветного телевизионного изображения, кодированного по системе СЕКАМ, приведена на рис. 43. С помощью этого устройства можно передать сигналы СЕКАМ по узкополосным линиям связи [1] или записать их способом ПВК на видеомагнитофоне. Полный сигнал цветного телевидения поступает одновременно в два канала — канал яркости и канал цветности. Канал яркости состоит из усилителя 1, лини задержки 2, эмиттерного повторителя 3, ФНЧ 4, сумматора 5, выходного каскада 6. В канал цветности входят полосо-

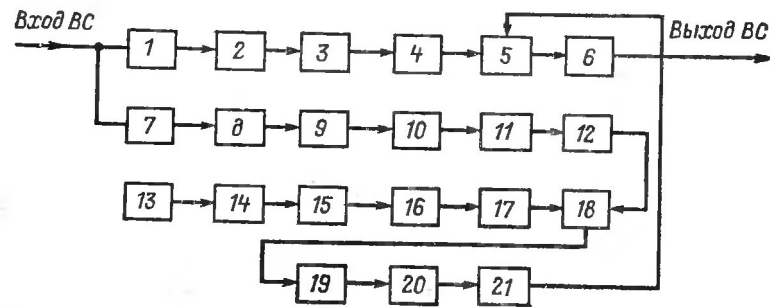


Рис. 43. Структурная схема устройства для записи сигналов СЕКАМ способом ПВК.

вой фильтр 7, эмиттерный повторитель 8, усилители 9 и 10, узкополосный полосовой фильтр 11, согласующий эмиттерный повторитель 12 и смеситель 18. На смеситель подается сигнал гетеродина 13 через эмиттерный повторитель 14, ограничитель 15, усилитель 16 и эмиттерный повторитель 17. Преобразованный сигнал цветности через эмиттерный повторитель 19, полосовой фильтр 20 и эмиттерный повторитель 21 приходит на второй вход сумматора 5.

Следует отметить, что схемы для прямого и обратного переноса спектра сигналов цветности различаются только последовательными включениями полосовых фильтров в канале цветности и значениями элементов L и C , включенных в режекторные фильтры.

ЗАПИСЬ ЦВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ С ПЕРЕНОСОМ СПЕКТРА СИГНАЛА ЦВЕТНОСТИ В ЧМ КАНАЛ ВИДЕОМАГНИТОФОНА

В настоящее время для записи цветных сигналов на бытовых видеомагнитофонах в основном применяется способ записи с переносом спектра сигнала цветности в ЧМ канал (ПЧМ). Он особенно удобен для записи сигналов, кодированных по системе СЕКАМ.

Сущность способа ПЧМ состоит в следующем. Полный цветной телевизионный сигнал $E_{цв}$ разделяется на сигнал яркости E_Y и сигнал цветности $E_{цв}'$. Сигнал E_Y модулирует несущую видеомагнитофона таким образом, чтобы весь спектр ЧМ сигнала распола-

гался в верхней части полосы частот, записываемых на магнитную ленту. Спектр сигнала $E'_{цв}$ путем гетероднирования переносится в низкочастотную часть записываемой полосы частот и суммируется с ЧМ сигналом. Суммарный сигнал записывается на ленту. При воспроизведении эти сигналы разделяются, спектр сигнала $E'_{цв}$ переносится в исходную область частот. Высокочастотная часть ЧМ сигнала демодулируется; полученный после демодуляции сигнал E'_Y суммируется с сигналом цветности $E'_{цв}$ и образует полный цветовой телевизионный сигнал, близкий по параметрам к исходному.

Качество воспроизводимого цветового сигнала зависит прежде всего от выбранных коэффициентов сужения спектров сигналов яркости K_Y и цветности $K_{цв}$. Значение коэффициентов сужения определяется из тех же соображений, что и при способе ПВК, а также характеристиками видеомагнитофона, используемого для записи, параметрами фильтров и устройств для преобразования спектра сигнала цветности. Для того чтобы при способе ПЧМ получить низкий уровень перекрестных искажений, необходимо обеспечить следующее соотношение между полосами частот записываемых сигналов:

$$\Delta F'_Y = \frac{\Delta F_Y}{K_{YПЧМ}} = K_Y \Delta F_{раб} - \Delta f - \frac{\Delta F_{цв}}{K_{цвПЧМ}} - f_{мин},$$

где K_Y — коэффициент увеличения частот при применении записи с частотной модуляцией [2]; Δf — девиация несущей видеомагнитофона, МГц; $f_{мин} = 0,2$ МГц — минимальная частота, записываемая в ЧМ канале видеомагнитофона.

Задаваясь величинами K_Y , $K_{цв}$ и зная характеристики видеомагнитофона, нетрудно вычислять $\Delta F'_Y$ и $\Delta F'_{цв}$. По ширине полос сигналов яркости и цветности можно определить максимально достижимую четкость и насыщенность воспроизводимого сигнала. Ухудшение цветовых параметров оценивается по диаграмме преобразования сигналов цветности, приведенной на рис. 44. Границы внутреннего шестиугольного контура показывают девиацию поднесущих цветности в сигнале системы СЕКАМ при передаче основных цветов от генератора цветных полос, а квадратного контура — девиацию поднесущих при передаче строк опознавания. Легко видеть, что сузить полосу поднесущих цветности можно не более чем до 0,9 МГц. Большая степень сужения приведет к плохой передаче строк опознавания. Однако при воспроизведении эффективная полоса сигнала цветности может быть несколько расширена путем восстановления верхней боковой сигнала цветности с помощью ограничителя. Перед подачей на ограничитель сигнал цветности предварительно пропускают через фильтр высокочастотной декоррекции, затем ограничивают, а потом снова пропускают через фильтр высокочастотных предскажений [12].

Аналогичную обработку сигнала цветности, а также введение в него предскажений иногда осуществляют перед записью с целью стабилизации амплитуды и лучшей записи сигнала цветности [14]. Так как подобная обработка приводит к некоторому улучшению качества сигнала, то это улучшение учитывается путем соответствующего

уменьшения коэффициента сужения полосы сигнала цветности, т. е.

$$K'_{цвПЧМ} = K_{цвПЧМ} K_a K_b,$$

где $K_a = 0,7 \div 0,8$ — уменьшение коэффициента сужения цветности из-за обработки сигнала при записи; $K_b = 0,6 \div 0,75$ — уменьшение коэффициента сужения цветности из-за обработки сигнала при воспроизведении.

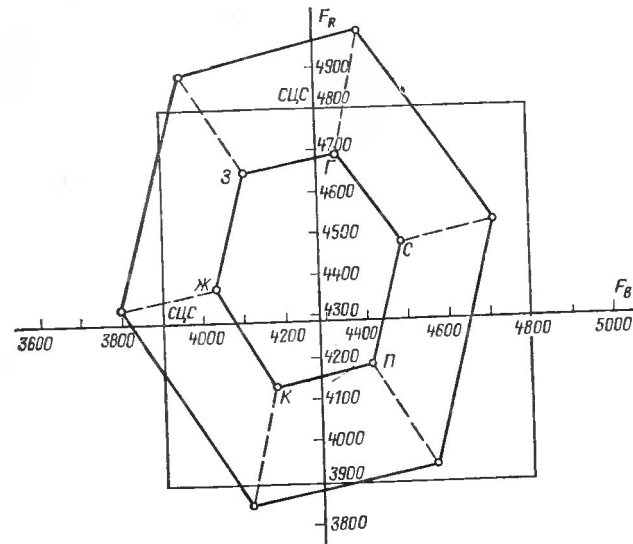


Рис. 44. Диаграмма преобразования сигналов цветности.

Таблица 4

Частота цветовой поднесущей в сигнале СЕКАМ для различных цветов

Цвет	Строка R—Y, кГц	Строка B—Y, кГц
Желтый	4360	4020
Голубой	4686	4328
Зеленый	4640	4098
Пурпурный	4172	4402
Красный	4126	4172
Синий	4452	4480

С учетом обработки сигнала цветности можно записать:

$$\Delta F'_Y = K_Y \Delta F_B - \Delta f - \frac{\Delta F_{\text{цв}}}{K_{\text{цвПЧМ}} K_3} - f_{\text{мин}}$$

Качество сигнала цветности после воспроизведения можно оценить по полосе сигнала цветности, равной

$$\Delta F'_{\text{цв}} = \frac{\Delta F_{\text{цв}}}{K_{\text{цвПЧМ}} K_3 K_B}$$

Перенос вниз по частоте сигналов цветности позволяет записать на современных бытовых видеомагнитофонах цветное изображение с горизонтальной четкостью 220—250 строк. Однако выполнение каналов записи и воспроизведения с оптимальными коэффициентами сужения спектров еще не гарантирует получения хорошего изображения, если гетеродин, используемый при переносе, не имеет стабильности или ЛПМ и САР не обеспечивают получение стабильного изображения.

Требования к стабильности частоты сигнала цветности определяются воспроизводимым цветом после декодирования. Важно, чтобы он не перешел в другой, близкий по частоте. Согласно ГОСТ 19432—74 на цветное телевидение частота цветовой поднесущей при отсутствии модуляции составляет в строке R—Y 4406,25±2 кГц, в строке B—Y — 4250,00±2 кГц.

При модуляции цветovým сигналом поднесущие принимают значения, указанные в табл. 4. Из таблицы следует, что наиболее близко расположены следующие цвета в строке: пурпурный $F_{\text{п}} = 4172$ кГц, красный $F_{\text{к}} = 4126$ кГц, голубой $F_{\text{г}} = 4686$ кГц, зеленый $F_{\text{з}} = 4640$ кГц.

В строке B—Y цвета по частоте разнесены сильнее, поэтому расчет ведем по строке R—Y.

Разность частот между соседними цветами составляет: $\Delta F_{\text{п-к}} = F_{\text{п}} - F_{\text{к}} = 46$ кГц, $\Delta F_{\text{г-з}} = F_{\text{г}} - F_{\text{з}} = 46$ кГц.

Для того чтобы соседние по частоте цвета воспроизводились без искажений, в указанную разность частот должен укладываться допуск на точность регулировки частоты частотных дискриминаторов декодирующего устройства цветного телевизора $\Delta F_1 = 15$ кГц, и допуск на уход частоты настройки дискриминаторов при самопрогреве $\Delta F_2 = 14$ кГц. Точность установки номинальной частоты гетеродина должна быть не ниже, чем допуск на номинал поднесущих цветности, т. е. ±2 кГц. Таким образом, допуск на разброс установки номинала частоты гетеродина в цветных видеомагнитофонах должен быть $\Delta F_3 = 4$ кГц. Исходя из наилучшего варианта, т. е. ухода всех допусков в одну сторону, подсчитаем суммарный допуск: $\Delta F_{\Sigma} = \Delta F_1 + \Delta F_2 + \Delta F_3 = 15 + 14 + 4 = 33$ кГц. Отсюда видно, что общая нестабильность частоты поднесущей цветности $\Delta F'_{\text{цв}}$ в видеомагнитофоне должна быть не хуже:

$$\Delta F'_{\text{цв}} = \Delta F_{\text{п-к}} - \Delta F_{\Sigma} = 46 - 33 = 13 \text{ кГц.}$$

В этот допуск должна укладываться нестабильность, вызываемая лентопротяжным механизмом и системами автоматического регулирования видеомагнитофона $\Delta F_{\text{САР}}$, а также нестабильность гете-

родина, вызываемая изменением температуры и напряжения питания схемы, т. е. $\Delta F'_{\text{цв}} \geq \Delta F_{\text{САР}} + \Delta f_{\text{г}}$.

При работе бытового видеомагнитофона с обычным унифицированным телевизором предъявляются повышенные требования к стабильности ЛПМ и САР видеомагнитофона вследствие большой постоянной времени АПЧФ генератора строчной развертки. Принято считать, что быстрое подергивание вертикальных линий в горизонтальном направлении не должно превышать 0,1 мкс (т. е. 1 мм на экране цветного телевизора).

Запись цветových сигналов с переносом спектра сигнала цветности в ЧМ канал видеомагнитофона позволяет снизить требования к стабильности ЛПМ и САР. Дело в том, что перенос спектра сигнала цветности в область низких частот приводит к относительному увеличению длины волны $\lambda_{\text{цв}}$, записываемой на магнитную ленту. Чем больше $\lambda_{\text{цв}}$, тем меньше сказывается нестабильность движения ленты и неравномерность частоты вращения головок. При одинаковой нестабильности ЛПМ и САР изменение частоты гетеродинированной поднесущей понижается во столько раз, во сколько понижается частота поднесущей относительно номинала [5]. Изменение частоты поднесущей из-за «медленной» нестабильности можно найти следующим образом:

$$\Delta F'_{\text{САР}} = n \frac{\Delta f'_{\text{САР}} F'_{\text{цв}}}{T_{\text{л}}}$$

где n — коэффициент переноса, равный $n = F'_{\text{цв}} / F'_{\text{цв}}$, $\Delta f'_{\text{САР}}$ — нестабильность ЛПМ и САР; $F'_{\text{цв}}$ — частота перенесенной поднесущей цветности; $T_{\text{л}}$ — период кадровой развертки.

При медленной нестабильности САР и ЛПМ в пределах $\Delta f'_{\text{САР}} = \pm 50$ мкс и $F'_{\text{цв}} = 714$ кГц, $F'_{\text{цв}} = 4,3$ кГц

$$\Delta F'_{\text{САР}} = \frac{0,714 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 4,3 \cdot 10^6}{4,3 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 36 \text{ кГц.}$$

При расчете нестабильности частоты гетеродина рассматривались сравнительно медленные нестабильности САР, измеряемые обычно за период частоты кадровой развертки. Оценим значение «быстрой» нестабильности поднесущей цветности $\Delta F''_{\text{цв}}$ за период строчной развертки

$$\Delta F''_{\text{цв}} = \frac{\Delta f''_{\text{САР}} F'_{\text{цв}}}{T_{\text{стр}}} n,$$

где $\Delta f''_{\text{САР}}$ — «быстрая» нестабильность, определяемая за период строчной развертки; $T_{\text{стр}}$ — период строчной развертки.

В бытовых видеомагнитофонах быстрая нестабильность обычно не превышает ±0,25 мкс. Для этой величины $\Delta F'_{\text{САР}}$ составит:

$$\Delta F''_{\text{САР}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 4,3 \cdot 10^6 \cdot 0,714 \cdot 10^6}{64 \cdot 10^{-6} \cdot 4,3 \cdot 10^6} = 5,6 \text{ кГц.}$$

Быстрая и медленная нестабильность САР и ЛПМ видеоматрицы складываются по законам случайных величин. Однако даже в самом худшем случае суммарная нестабильность не должна приводить к изменению цвета, т. е. $|\Delta F'_{\text{САР}}| + |\Delta F''_{\text{САР}}| + |\Delta f_r| < \Delta F'_{\text{цв}}$. Отсюда допустимая нестабильность частоты гетеродина должна быть в пределах $|\Delta f_r| < |\Delta F'_{\text{цв}}| - |\Delta F'_{\text{САР}}| - |\Delta F''_{\text{САР}}|$ или, при подстановке значения из нашего примера $\Delta f_r \leq 13 \cdot 10^3 - 3,6 \cdot 10^3 - 5,6 \cdot 10^3 = 3,8 \text{ кГц}$. Следовательно, относительная нестабильность частоты гетеродина должна быть не выше $\Delta f_r/f \leq 3,8 \cdot 10^3 / 5 \cdot 10^6 = 0,75 \cdot 10^{-3}$.

При большей нестабильности САР и ЛПМ требования к стабильности гетеродина возрастают. Обычно гетеродин в устройствах преобразования сигналов цветности с целью обеспечения требований взаимозаменяемости и получения высокой стабильности выполняются в виде кварцевого генератора. В этом случае нестабильность гетеродина получается не выше 10^{-6} , поэтому при частоте гетеродина $f_r = 5 \cdot 10^6 \text{ Гц}$, Δf_r составит 5 Гц.

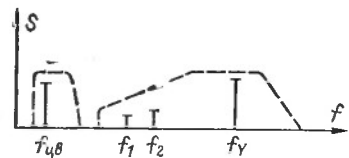


Рис. 45. Механизм возникновения перекрестных помех от сигнала цветности.

При записи способом ПЧМ качество воспроизводимого сигнала при прочих равных условиях определяется уровнем перекрестных помех между сигналами, записываемыми одновременно на магнитную ленту. Рассмотрим этот принципиальный вопрос для способа ПЧМ несколько подробнее. На рис. 45 графически иллюстрируется механизм возникновения перекрестных помех от сигнала цветности в спектре ЧМ сигнала яркости (пунктиром ограничены спектры записываемых сигналов). Известно, что процесс записи по способу ПЧМ представляет собой запись сравнительно низкочастотных составляющих перенесенного сигнала цветности $F''_{\text{цв}}$, который подмагничивается переменным высокочастотным сигналом — ЧМ сигналом яркости f_Y . В этом случае из-за нелинейности процесса записи возникает ряд помех с частотами вида $m f_Y \pm n F''_{\text{цв}}$ (при $m+n \neq 2k$, где $k=0; 1; 2...$).

В бытовых видеоматрицах система лента/головка обычно не пропускает верхней боковой полосы спектра ЧМ сигнала яркости. Существенное мешающее действие оказывает помеха с частотой $f_1 = f_Y - 2F''_{\text{цв}}$, которая попадает в нижнюю боковую полосу спектра ЧМ сигнала яркости. Сильная помеха на изображении может появиться от третьей гармоники перенесенной поднесущей цветности $f_2 = 3F''_{\text{цв}}$. Для получения отношения сигнал/шум по каналу яркости не менее 40 дБ уровень мешающих помех должен быть на 45 дБ ниже уровня несущей ЧМ сигнала яркости.

Для оценки влияния мешающих помех и выбора оптимального режима записи на магнитную ленту были проведены эксперименты по записи суммы двух частот в ЧМ канале видеоматрицы [12 и 14]. При измерениях частотная характеристика ЧМ канала от входа до выхода была линейной (входной резонанс магнитной го-

ловки и усиления воспроизведения скомпенсирован; введена головка/коррекция, компенсирующая частотные потери в системе головка/лента). Измерения проводились на частотах $F''_{\text{цв}} = 1 \text{ МГц}$, $f_Y = 3,5 \text{ МГц}$ при относительной скорости головка/лента $V_r = 17 \text{ м/с}$ для ленты с хромдиоксидным покрытием. На рис. 46 показана зависимость напряжений сигналов и помех от тока записи частотно-модулированного сигнала яркости высокочастотного сигнала при постоянном токе записи сигнала цветности, равном 2 мА. Из ри-

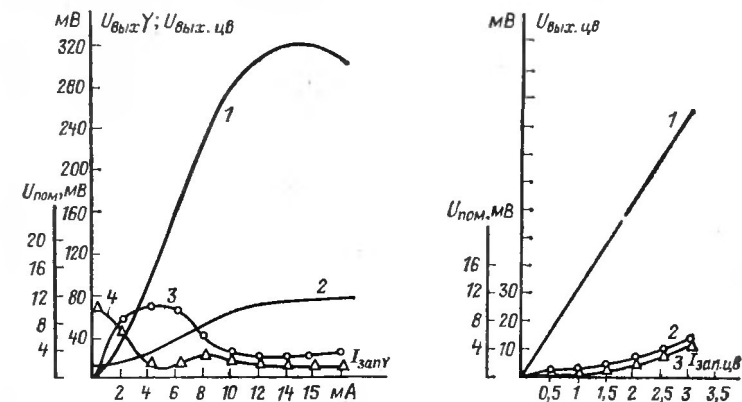


Рис. 46. Зависимости выходных сигналов и помехи от тока записи ЧМ сигнала яркости при постоянном токе записи сигнала цветности. 1 — амплитудная характеристика ЧМ сигнала яркости; 2 — уровень сигнала цветности; 3 — уровень помехи с частотой $F_Y - 2F''_{\text{цв}}$; 4 — уровень помехи с частотой $3F''_{\text{цв}}$.

Рис. 47. Зависимости выходного сигнала и помехи от тока записи сигнала цветности при постоянном токе записи ЧМ сигнала яркости. 1 — амплитудная характеристика сигнала цветности; 2 — уровень помехи с частотой $F_Y - 2F''_{\text{цв}}$; 3 — уровень помехи с частотой $3F''_{\text{цв}}$.

сунка видно, что при оптимальных токах подмагничивания сигналом f_Y уровень сигнала $F''_{\text{цв}}$ возрастает на 12 дБ. Кривая для сигнала $3F''_{\text{цв}}$ имеет типичный компенсационный минимум при оптимальной величине подмагничивания. При отношении токов записи $I_Y/I''_{\text{цв}} = 16$ уровень помех по отношению к несущей составляет соответственно:

$$U'_{f_Y - 2F''_{\text{цв}}} / U_{f_Y} = -41 \text{ дБ}; \quad U_{3F''_{\text{цв}}} / U_{f_Y} = -43 \text{ дБ}.$$

Зависимости уровня помех от сигнала цветности тока записи при постоянном токе записи сигнала яркости, равном 13 мА, при-

ведены на рис. 47. Эксперименты показывают, что при увеличении тока записи $I'_{цв}$ выше 2 мА помехи с частотой $f_Y - 2F'_{цв}$ и $3F'_{цв}$ начинают заметно возрастать. При отношении токов записи $I_Y/I'_{цв} = 18-22$ дБ соотношение между полезными сигналами и помехами приобретает оптимальное значение. Это соотношение между токами следует поддерживать при записи сигналов цветности и ЧМ сигнала яркости по способу ПЧМ.

Дальнейшего уменьшения комбинационных помех можно достигнуть, если перед записью и переносом цветные сигналы подвергнуть обработке. Обработка заключается в декоррекции их с помощью схемы коррекции высокочастотных предискажений, ограничения и введения затем снова высокочастотных предискажений. (Эта обработка аналогична ранее описанной для канала воспроизведения.) Так как при обработке уровень цветовой поднесущей уменьшается, то снижаются комбинационные искажения и улучшается отношение сигнал/шум (в среднем на 3-5 дБ) [14].

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛ/ШУМ

Искажения типа «дифференциальное усиление» $\left(\frac{\partial E'_{цв}}{\partial E'_Y}\right)$, т. е. зависимость амплитуды сигнала цветности от изменения амплитуды сигнала яркости, и дифференциальной фазы $\left(\frac{\partial \varphi_{цв}}{\partial E'_Y}\right)$ — зависимость фазы сигнала цветности от амплитуды сигнала яркости возникают при прохождении сигнала через линейную цепь, если ее АЧХ и ФЧХ нелинейны. В общем случае сигнал приобретает амплитудную и частотную модуляцию.

Величина частотной и амплитудной модуляции тесно связана с передаточными характеристиками канала. При прямой записи она корректируется с помощью контуров, последовательно включаемых в канал воспроизведения, или специальных фазокорректирующих фильтров. Характеристики контуров могут регулироваться таким образом, чтобы вносимые ими фазовые и частотные искажения компенсировали искажения самого канала. Ограничитель, включенный перед демодулятором, будет подавлять амплитудную модуляцию, но частотная модуляция приведет к смещению нулей и фазовым сдвигам. Возникающие при этом дифференциальные искажения оцениваются следующим образом:

$$\frac{\partial E'_{цв}}{\partial E'_Y} = 1 - \frac{\left(\frac{K_{ЧМ}}{2K_0}\right)_б}{\left(\frac{K_{ЧМ}}{2K_0}\right)_ч}; \quad \frac{\partial \varphi_{цв}}{\partial E'_Y} = \alpha_{ЧМб} - \alpha_{ЧМч},$$

где $\left(\frac{K_{ЧМ}}{2K_0}\right)_б$ и $\left(\frac{K_{ЧМ}}{2K_0}\right)_ч$ — относительный коэффициент ЧМ модуляции на белом (черном); $\alpha_{ЧМб}$; $\alpha_{ЧМч}$ — фазовый сдвиг поднесущей цветности на белом (черном).

При записи способом ПЧМ причина дифференциального усиления несколько иная. Она определяется зависимостью амплитуды воспроизводимой перенесенной поднесущей цветности $E'_{цв}$ от изменения частоты ЧМ сигнала при модуляции несущей сигналом E'_Y .

В связи с тем, что процесс записи способом ПЧМ близок к известному процессу записи с высокочастотным подмагничиванием, а двенадцать несущей при модуляции сигналом E'_Y обычно выбирается небольшой, то зависимость амплитуды $E'_{цв}$ получается весьма слабой. Экспериментальная проверка этой зависимости на узкополосном видеоманитофоне «Кадр-10» показала, что для прямой записи с одной боковой при расстановке частот, указанной выше, дифференциальное усиление составило 25%, а при записи способом ПЧМ — меньше 8%.

Известно [1], что дифференциально-фазовые искажения и шумы особенно опасны для цветных сигналов СЕКАМ. Это обстоятельство объясняется тем, что выбег частоты $\Delta F_{цв}$ в области яркостного перехода за время Δt сопровождается изменением амплитуды поднесущей цветности из-за наличия фильтра ВЧ декоррекции. Допустим, $\Delta \varphi_{цв} = \pm 57^\circ = 1$ рад за время яркостного перехода длительностью $\Delta t = 0,6$ мкс, выбег частоты равен:

$$\Delta F_{цв} = \frac{\Delta \varphi_{цв}}{\Delta t} = \frac{1}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 260 \text{ кГц.}$$

Из рис. 48 следует, что если знак $\Delta \varphi_{цв}$ положительный, то в строке R-Y амплитуда поднесущей уменьшится на -9 дБ, переход приобретет синюю окантовку и после него возможен срыв кодирования. При изменении знака $\Delta \varphi_{цв}$ окантовка станет розовой, а амплитуда поднесущей в строке B-Y снизится на -4 дБ. Фактическая величина дифференциально-фазовых искажений при прямой записи составляет 5-10° и в основном вызывается как нелинейностью ФЧХ канала воспроизведения, особенно в области двенадцати, так и различным сдвигом фаз составляющих спектра ЧМ сигнала в процессе записи коротких длин волн на ленту.

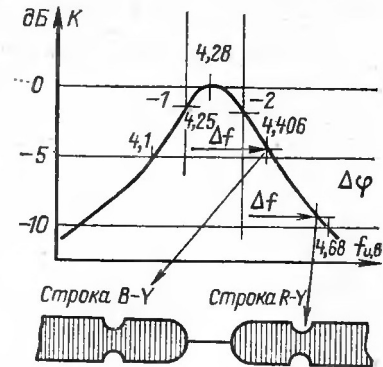


Рис. 48. Возникновение помех в сигнале цветности СЕКАМ при различном знаке дифференциально-фазовых искажений.

При записи способом ПЧМ основная причина дифференциально-фазовых искажений — прямое влияние яркостного сигнала на фазу цветовой поднесущей — отсутствует. Однако могут возникать искажения, по характеру похожие на дифференциально-фазовые. Возможные причины их возникновения — фазовые искажения в процессе разделения и суммирования сигналов яркости и цветности, и искажения, возникающие в процессе прямого и обратного переноса, были рассмотрены ранее.

Способ ПЧМ дает выигрыш по сравнению с прямой записью в отношении сигнал/шум по каналу цветности $\Psi_{\text{цвПЧМ}}$. Величину выигрыша можно оценить, учитывая перекрестные помехи между каналами яркости и цветности. Хорошее качество цветного изображения при прямой записи получается при отношении сигнал/шум $\Psi_{\text{п}} \geq 42$ дБ. При записи способом ПЧМ $\Psi_{\text{цвПЧМ}}$ возрастает пропорционально сужению полосы сигнала цветности и уменьшается из-за необходимости снижения амплитуды тока записи $I_{\text{цв}}''$. Оценим его величину:

$$\Psi_{\text{цвПЧМ}} = \Psi_{\text{п}} - 20 \lg \frac{I_{\text{цв}}''}{I_{\text{опт}}} + 20 \lg \sqrt{\frac{\Delta F_{\text{п}}}{\Delta F_{\text{цв}}}} K_{\text{цв}}.$$

Считая, что $\Psi_{\text{п}} = 42$ дБ; $K_{\text{цв}} = 2$; $\Delta F_{\text{п}} = 6$ МГц; $\Delta F_{\text{цв}} = 3$ МГц и отношение токов записи выбрано 18 дБ, получаем:

$$\Psi_{\text{цвПЧМ}} = 42 - 18 + 4 = 28 \text{ дБ.}$$

Для прямой записи $\Psi_{\text{цв.пр}}$ равно:

$$\Psi_{\text{цв.пр}} = \Psi_{\text{п}} - 20 \lg \frac{E_{\text{Y}}}{E_{\text{цв}}}.$$

Учитывая, что для сигнала SEKAM

$$20 \lg \frac{E_{\text{Y}}}{E_{\text{цв}}} = 20 \lg \frac{0,7}{0,16} = 13 \text{ дБ,}$$

получаем:

$$\Psi_{\text{цв.пр}} = 42 - 13 = 29 \text{ дБ.}$$

Следовательно, при одинаковом отношении сигнал/шум в канале записи при обоих способах записи получается примерно одинаковое отношение сигнал/шум в канале цветности.

Отметим некоторые особенности коррекции временных искажений цветных изображений, записанных способом ПЧМ. Этот способ позволяет применить на выходе видеоманитрона любые виды аналоговых корректоров временных искажений (с управляемыми и дискретными линиями задержки). При применении цифровых корректоров следует учитывать, что при простом переносе теряется связь по фазе поднесущей цветности с сигналом яркости.

ЦВЕТНЫЕ ПРИСТАВКИ И УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ БЫТОВЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ И ТЕЛЕВИЗОРОВ

Способом ПЧМ можно записывать сигналы SEKAM на черно-белых бытовых видеоманитронах, оборудовав их приставками. Видеоманитрон обычно подключают к телевизору через устройство сопряжения (адаптер), в функции которого входит ввод и вывод видеосигналов и сигналов звукового сопровождения, подача команд на переключение режимов работы и подача питания. Соединение видеоманитрона с телевизором осуществляется с помощью шести-контактного разъема, который по рекомендации МЭК принят одинаковым для черно-белых и цветных телевизоров.

В настоящее время известны четыре типа адаптеров, встраиваемых в телевизоры:

1. Высокочастотный адаптер с переключателем каналов и приемной частью (фактически ПТК с дополнительным усилителем). Он позволяет записывать сигнал по любому телевизионному каналу независимо от того, какой из каналов принимается на телевизор. Адаптер применяется в цветных кассетных видеоманитронах фирмы «Сони» (Япония) и ряда других.

2. Высокочастотный адаптер для подачи сигнала в антенный вход телевизора. При его использовании в телевизоре приходится переключать ПТК на свободный канал в режиме «Воспроизведешь»; переделки в телевизоре при его подключении незначительные. Он применяется во многих телевизорах японских фирм «Сони» и «Нэшинел» и др.

3. Высокочастотный адаптер для подачи сигнала на вход смесителя (обычно путем надевания колпачка на баллон лампы). Этот вид адаптера не обеспечивает хорошего качества воспроизведения из-за наложения помех от прямого приема с антенны. Он применяется в некоторых моделях видеоманитрона фирмы «Филипс» (ФРГ).

4. Низкочастотный адаптер для непосредственного подключения к детектору видеосигнала, к детектору звука или к декодирующему устройству цветного телевизора. Этот адаптер обеспечивает наилучшее качество изображения, но его встраивание должно быть заложено в схему телевизора. Он применяется в телевизорах высокого класса.

При работе с обычными телевизорами приходится сталкиваться с рядом трудностей.

Во-первых, для получения высококачественных записей телевизору необходимо тщательно настраивать на принимаемую станцию. Следует обратить внимание на правильный выбор девиации несущей в видеоманитроне с тем, чтобы пики белого не приводили к перемодуляции или появлению муара на изображении. В более сложной схеме адаптера в канал изображения вводится АРУ, автоматически поддерживающая номинальный уровень девиации при настройке телевизора.

Особое внимание при записи цветного сигнала приходится обращать на отсутствие временного сдвига между сигналами яркости и цветности, подаваемыми на разъем. Для обеспечения взаимозаменяемости записей временной сдвиг должен составлять не более 15—20 нс. Для выполнения этого требования в телевизоре и в видеоманитроне устанавливают специальные линии задержки.

Во-вторых, уровень цветовой поднесущей, подаваемой на запись, бывает недостаточен. Для его повышения в устройстве сопряжения иногда обрабатывают цветовой сигнал с помощью фильгров и ограничителя.

В-третьих, схема строчной синхронизации унифицированного телевизора обладает большой постоянной времени, при этом хорошо подавляются шумы, но подчеркиваются временные искажения видеоманитфона. На рис. 49 представлены участок схемы строчной развертки цветного телевизора и рекомендуемые изменения постоянных времени, позволяющие заметно снизить колебания вертикальных линий на изображении.

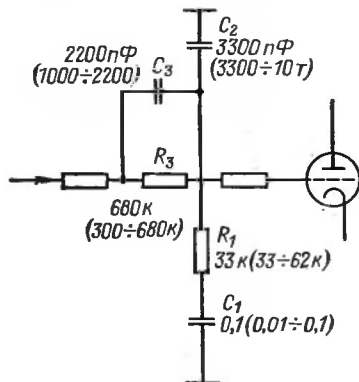


Рис. 49. Рекомендуемая переделка участка схемы строчной развертки унифицированного цветного телевизора для работы с видеоманитфоном.

Приставка работает следующим образом. Из сопрягающего устройства 1 телевизора на приставку поступает полный цветовой сигнал. Полосовым фильтром 2 выделяется сигнал цветности и подается в смеситель 3, где происходит его перенос в область низких частот с помощью гетеродина 12. Перенесенный сигнал $E'_{цв}$ проходит фильтр высокочастотной декоррекции 4, ограничивается ограничителем 5, а затем через фильтр предискажений 6 приходит в сумматор 10. Сигнал E'_Y , выделенный фильтром 7, через схему АРУ 8 подается в модулятор 9 и далее на второй вход сумматора 10. Суммарный сигнал поступает на усилитель записи видеоманитфона 11 и записывается на ленту. При воспроизведении ЧМ сигнал с выхода усилителя воспроизведения подается на фильтры 14 и 21. Сигнал $E''_{цв}$, выделенный фильтром 14, переносится в смесителе 13 с помощью частоты гетеродина в исходную область частот. Перед суммированием сигнал $E_{цв}$ проходит обработку [12] с помощью фильтра декоррекции 17, ограничителя 16 и фильтра высокочастотных предискажений 15, а затем подается в сумматор 18. Частотно-модулированный сигнал яркости выделяется фильтром 21, ограничивается ограничителем 20, демодулируется в демодуляторе 19, поступает на второй вход сумматора 18 и далее в сопрягающее устройство телевизора.

Команды на переключение режимов сопрягающего устройства и питание для него подаются из видеоманитфона. По аналогичной структурной схеме выполнена приставка «Цвет», выпускаемая серийно.

Для записи черно-белых сигналов видеоманитфоны «Электроника-501» и «Электроника-502» (см. табл. 3) оборудуются специальными разъемами для подключения приставки «Цвет», превращающей эти видеоманитфоны в цветные.

Основной недостаток подобных приставок — относительная сложность. В тех случаях, когда имеется возможность переделки черно-белого видеоманитфона, а именно включение в его состав сумматора и фильтра, можно ограничиться более простой приставкой, схема которой приведена на рис. 51. Сопрягающее устройство

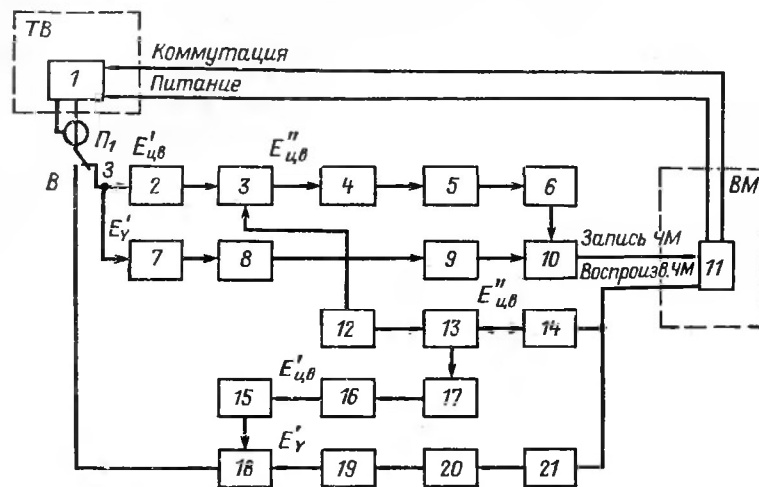


Рис. 50. Структурная схема «цветной» приставки к черно-белому видеоманитфону.

1, встроенное в цветной телевизор, в этом случае выдает на запись отдельные сигналы яркости и цветности. Сигнал E'_Y через переключатель Π_1 подается на модулятор видеоманитфона. Сигнал $E'_{цв}$ через полосовой фильтр 3 поступает в смеситель 4, куда приходит сигнал от гетеродина 6. Перенесенный в область нижних частот сигнал $E'_{цв}$ отфильтровывается ФНЧ 5 от частоты гетеродина и верхней боковой составляющей и через переключатель Π_2 подается на один из входов встроенного в видеоманитфон сумматора 2. После суммирования с ЧМ сигналом яркости оба сигнала записываются на ленту.

При воспроизведении ЧМ сигнал демодулируется демодулятором видеоманитфона и через переключатель Π_1 возвращается в сопрягающее устройство. Воспроизводимый сигнал с выхода усилителя воспроизведения ($УВ$) через переключатель Π_2 подается на ФНЧ 5. Для уменьшения перекрестных помех между усилителем воспроизведения и ограничителем видеоманитфона устанавливает-

ся ФВЧ, препятствующий попаданию сигнала $E'_{цв}$ в демодулятор. Сигнал $E'_{цв}$ проходит через ФНЧ и в смесителе переносится в исходную область частот, а затем через полосовой фильтр снова поступает в сопрягающее устройство.

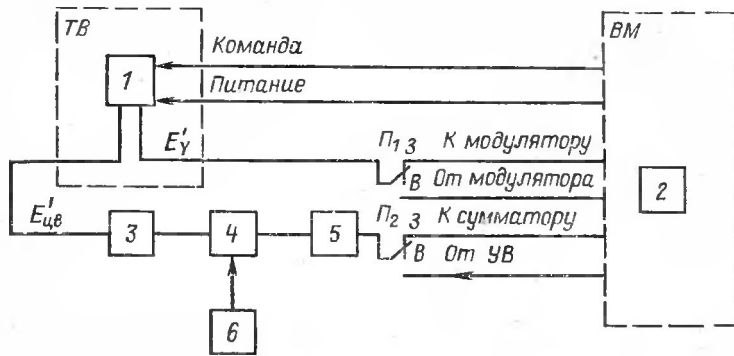


Рис. 51. Структурная схема упрощенной «цветной» приставки,

Сравнение структурных схем на рис. 50 и 51 показывает, что хотя в обоих случаях применен один и тот же способ записи, вторая приставка значительно проще, так как для прямого и обратного переноса использованы одни и те же фильтры и смеситель.

ЗАПИСЬ С ПРОПУСКОМ ПОЛУКАДРА СИГНАЛОВ СЕКАМ

Для уменьшения расхода магнитной ленты ряд моделей современных бытовых видеомэгниетофонов (ВК-1/2, «Электроника Л-1-08», «Электроника-551» и др.) рассчитывают на запись 50% телевизионной информации. Подобный способ записи заключается в том, что на магнитную ленту одной головкой за половину оборота диска записывается только одно поле телевизионного изображения. Во вторую головку ток записи не подается. При воспроизведении с целью устранения мельканий магнитная дорожка воспроизводится дважды. Для получения чересстрочной развертки на экране телевизора сигналы, воспроизводимые двумя головками, сдвигаются между собой на время половины длительности телевизионной строки. Временной сдвиг обеспечивается соответствующим угловым смещением головок на диске. При записи с пропуском полукадра скорость ленты почти вдвое ниже обычной и расход ленты на 1 ч программы заметно сокращается.

Конечно, при таком способе записи вдвое сокращается четкость изображения по вертикали, но так как в бытовых видеомэгниетофонах четкость по горизонтали, как правило, уменьшается вдвое и более, то визуальное восприятие изображения почти не ухудшается.

При записи цветных сигналов СЕКАМ способом ПЧМ с пропуском полукадра приходится сталкиваться с рядом дополнительных проблем. В системе СЕКАМ цветоразностные сигналы передаются

поочередно и для правильного воспроизведения цветного изображения это чередование необходимо сохранить. Кроме того, в системе СЕКАМ фаза сигнала цветовой поднесущей периодически меняется через две строки на третью. Это изменение фазы следует по возможности поддерживать. При исследовании процесса записи с пропуском полукадра теоретически было показано, что в телевизионном полукадре, полученном в результате повторного воспроизведения магнитной строки второй головкой, чередование цветоразностных сигналов полностью совпадает с чередованием этих сигналов в системе СЕКАМ в том случае, когда геометрическое смещение головки обеспечивает временное смещение на половину длительности телеви-

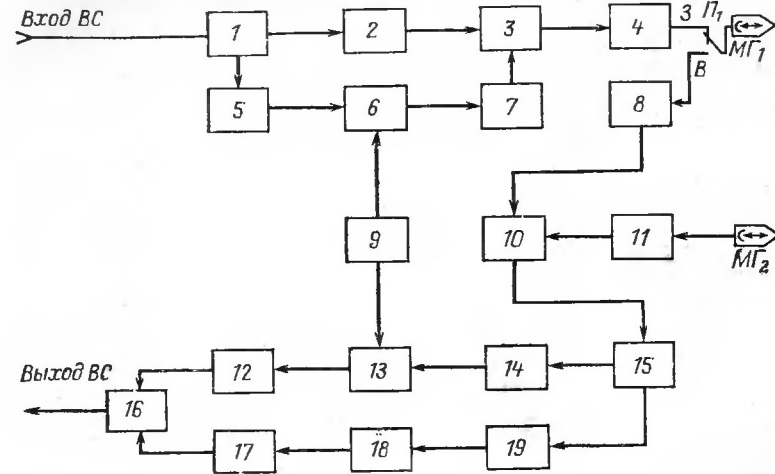


Рис. 52. Структурная схема канала изображения для записи способом ПЧМ с пропуском полукадра.

зионной строки. При первом воспроизведении поля сигнал от строк опознавания управляет декодирующим устройством телевизора. При повторном воспроизведении, если переключение канала воспроизведения с головки на головку выполнено до начала строк опознавания, условия работы декодирующего устройства не меняются. Фактически воспроизводится то же самое поле, но оно смещено во времени и строки опознавания соответствуют строкам с 320-й по 328-ю.

Несколько иначе обстоит дело с законом коммутации фазы поднесущей цветности. В сигнале видеомэгниетофонов, записывающих с пропуском полукадра, полный цикл изменения фазы поднесущей цветности происходит не за четыре полукадра, а за шесть телевизионных кадров. При этом сохраняется изменение фазы поднесущей цветности через две строки на третью внутри одного полукадра. Эксперименты показывают, что увеличение цикла изменения фазы поднесущей не ухудшает визуального восприятия изображения, поскольку в системе СЕКАМ структура помехи от поднесущей цветности носит хаотический характер и в значительной степени зависит от содержания изображения.

Структурная схема канала изображения для записи сигналов, кодированных по СЕКАМ с пропуском полукадра, приведена на рис. 52. Полный цветовой сигнал поступает в усилитель-распределитель 1. С одного его выхода сигнал подается в модулятор ЧМ 2, где с помощью ФНЧ происходит сужение полосы до 2,5 МГц и выделение сигнала яркости, который модулирует несущую видеомангитофона по выбранной расстановке частот ($f_c=3,1$ МГц, $f_a=3,6$ МГц, $f_b=4,6$ МГц).

С выхода модулятора ЧМ сигнал яркости приходит на один из входов сумматора 3. Со второго выхода усилителя 1 видеосигнал поступает на полосовой фильтр 5, выделяющий сигнал цветности в полосе от 3,9 до 4,8 МГц, и затем в смеситель 6, где происходит перенос спектра сигнала цветности в полосу частот от 0,2 до 1,1 МГц. Смеситель выполнен по кольцевой балансной схеме. В смеситель подается сигнал от кварцевого гетеродина 9. Выходной сигнал смесителя через ФНЧ 7 проходит на второй вход сумматора 3. В нем происходит линейное сложение ЧМ сигнала яркости и перенесенной поднесущей цветности. Здесь же осуществляется регулировка уровней сигналов с целью выбора оптимального режима для записи. С выхода сумматора 3 сигнал яркости усиливается усилителем записи 4 и поступает в магнитную головку МГ. Экспериментально было установлено, что наилучшее качество записи получается при соотношении токов записи ЧМ сигнала яркости и перенесенного сигнала цветности в пределах 22—24 дБ.

При воспроизведении сигналы от головок МГ₁ и МГ₂ усиливаются усилителями 8 и 11, выходы которых соединены с соответствующими входами сумматора 10. После суммирования сигнал поступает в ЧМ корректор 15, обеспечивающий частотную коррекцию АЧХ канала в области девиации ЧМ сигнала яркости. Сигнал с выхода ЧМ корректора подается на ФНЧ 14 и 19, с помощью которых происходит разделение спектров ЧМ сигнала яркости и перенесенной поднесущей цветности. Частотно-модулированный сигнал яркости приходит на ограничитель и демодулятор 18, в котором происходит его демодуляция. Сигнал яркости через схему задержки 17 (ориентировочно на 0,8 мкс) подается на вход выходного сумматора 16. С выхода ФНЧ 14 сигнал цветности приходит в смеситель 13, схема которого аналогична схеме смесителя 6, через схему задержки 12 и подается на второй вход сумматора 16.

Из выходного сигнала смесителя с помощью полосового фильтра в полосе частот от 3,9 до 4,8 МГц выделяется сигнал цветности, который подается на второй вход сумматора 16. На выходе сумматора образуется полный цветовой сигнал, пригодный для обеспечения работы стандартного цветного телевизора.

При испытаниях видеомангитофона ВК-ЦТ с цветным телевизором «Радуга-701» были получены следующие параметры цветного телевизионного сигнала [13]: полоса частот по каналу яркости 50 Гц—2,5 МГц при отношении сигнал/шум 38 дБ; полоса частот по каналу цветности 900 кГц при отношении сигнал/шум 32 дБ. Визуально отмечались хорошее качество изображения, правильная цветопередача и почти полное отсутствие муара.

ЗАПИСЬ СПОСОБОМ ПЧМ СИГНАЛОВ НТСЦ И ПАЛ

Для правильного декодирования цветных сигналов телевизионных систем с квадратурной модуляцией цветовой поднесущей необходимо обеспечить воспроизведение с магнитной ленты стабильной

по фазе поднесущей цветности. Выполнить это требование только путем улучшения ЛПМ и САР бытовых видеомангитофонов невозможно. Для декодирования цвета без искажений в системе НТСЦ точность фазы цветовой поднесущей в воспроизводимом сигнале должна быть не хуже $\pm 5^\circ$, а в системе ПАЛ $\pm 20^\circ$. Это соответствует временному сдвигу $\pm 1,75$ нс для системы НТСЦ и $\pm 6,4$ нс для системы ПАЛ.

Нестабильность временного масштаба воспроизводимого с ленты сигнала намного превосходит эти нормы. Поэтому при записи сигналов, кодированных по системам НТСЦ и ПАЛ, применяется электронная компенсация временной нестабильности видеомангитофона, хотя сигналы обеих этих систем записываются обычно тем же способом ПЧМ, что и сигналы системы СЕКАМ. В ряде случаев для компенсации временной нестабильности используют пилот-сигнал, который записывают в области низких частот ЧМ канала видеомангитофона.

Компенсация временной нестабильности состоит в том, что на ленту одновременно записываются перенесенная в область низких частот поднесущая цветности и пилот-сигнал, фазовый сдвиг между которыми поддерживается строго постоянным. При воспроизведении нестабильность скорости ленты и частоты вращения головок одинаково воздействует на пилот-сигнал и на перенесенную поднесущую цветности. Путем сравнения фазы пилот-сигнала с фазой стабильного кварцевого генератора выделяется сигнал ошибки, которым подстраивается фаза воспроизводимой поднесущей. Тем самым компенсируются возникающие в процессе воспроизведения фазовые ошибки.

Структурная схема канала изображения для записи сигналов НТСЦ способом ПЧМ с пилот-сигналом приведена на рис. 53. Из входного сигнала в канале записи (рис. 53, а) выделяется сигнал вспышки, который подстраивает по фазе генератор 1. Сигнал частотой 3,58 МГц от генератора поступает в делитель 2, где делится до частоты пилот-сигнала (обычно эта частота составляет от 70 до 240 кГц). Полученный пилот-сигнал записывается вместе с перенесенной поднесущей цветности на ленту. Для устранения интермодуляционных искажений уровень тока записи выбирается на 6 дБ ниже оптимального, а уровень записи пилот-сигнала на 16—18 дБ ниже уровня ЧМ сигнала яркости. Подобное снижение уровня записи пилот-сигнала допустимо из-за того, что низкие частоты воспроизводятся головкой с большим уровнем, так как на частоте пилот-сигна-

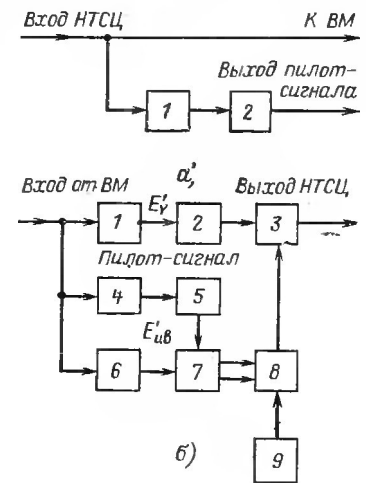


Рис. 53. Структурная схема канала изображения для записи сигналов НТСЦ способом ПЧМ с пилот-сигналом.

ла отсутствуют многие виды потерь, сопровождающие процесс записи и воспроизведения на высоких частотах.

При воспроизведении (рис. 53, б) сигнал от головки разделяется на три канала. Фильтром верхних частот 1 отделяется ЧМ сигнал яркости, который демодулируется демодулятором 2 и подается в сумматор 3. Полосовым фильтром 4 выделяется пилот-сигнал, подаваемый в умножитель 5. Полосовым фильтром 6 отфильтровывается поднесущая цветности, которая демодулируется в демодуляторе цветности 7 с помощью умноженной частоты пилот-сигнала. Сигналы цветности подаются в модулятор 8, в котором они подвергаются квадратурной модуляции поднесущую 3,58 МГц, вырабатываемую кварцевым генератором 9. С выхода модулятора поднесущая цветности подается на второй вход сумматора 3, на выходе которого образу-

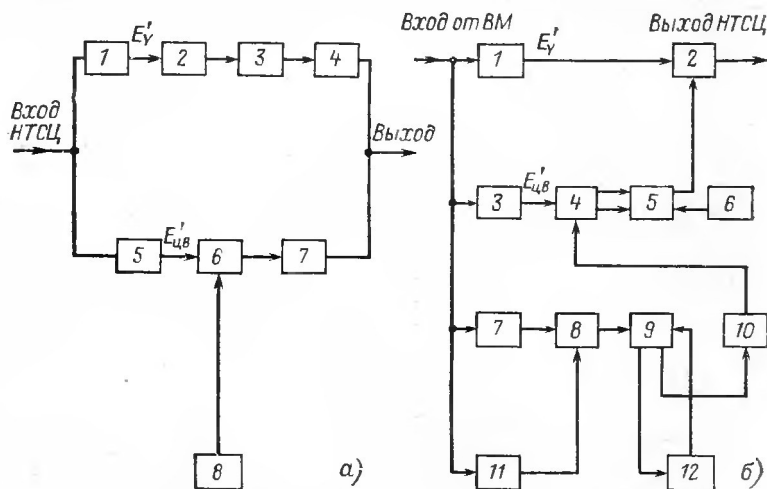


Рис. 54. Структурная схема канала изображения для записи сигналов НТСЦ способом ПЧМ с выделением вспышки.

ется полный сигнал НТСЦ, не содержащий временных искажений.

Основным недостатком описанного способа записи является потенциальная возможность появления перекрестных помех в виде муара. Они вызываются проникновением пилот-сигнала в канал воспроизведения изображения. С целью исключения этого недостатка были разработаны два других способа компенсации временных искажений — способ с выделением сигнала вспышки и подстройкой гетероднирования [5].

Структурная схема канала изображения видеомагнитофона, предусматривающего запись сигналов НТСЦ способом ПЧМ выделением вспышки, приведена на рис. 54, а. Сигнал яркости выделяется фильтром 1 и поступает в модулятор 2. В сигнал яркости перед модуляцией вводятся предьсказания. Частотно-модулированный сигнал яркости подается на фильтр 3, затем усиливается усилителем записи 4 и поступает в головку. Сигнал цветности выде-

ляется полосовым фильтром 5 приходит в смеситель 6, на который подается сигнал гетеродина 8, стабилизированного кварцем. С помощью гетеродина поднесущая цветности с частоты 3,579545 МГц ± 10 Гц переносится на частоту $767,04537 \pm 0,2$ кГц, усиливается усилителем записи сигнала цветности 7 и поступает в головку.

Структурная схема канала воспроизведения видеомагнитофона с выделением вспышки, декодированием сигналов цветности и коррекцией временных искажений изображена на рис. 54, б. Сигнал от видеомагнитофона параллельно подается на фильтры 1, 3, 7 и в селектор синхронимпульсов 11 с формирователем стробимпульсов вспышки. Фильтром нижних частот 1 выделяется сигнал яркости, который поступает на один из входов сумматора 2. Полосовой фильтр 3 выделяет сигнал цветности, который демодулируется на сигналы I и Q с помощью синхродетекторов 4. Опорный сигнал для синхродетекторов вырабатывается управляемым генератором 10.

Подстройка управляемого генератора осуществляется сигналом цветности, который проходит полосовой фильтр 7. Вспышка, выделенная ключевым каскадом 8, подается на фазовый дискриминатор 9, в котором фаза вспышки сравнивается с фазой опорного генератора 12. Сигнал ошибки с фазового дискриминатора 9 подстраивает управляемый генератор 10 таким образом, чтобы при синхронном детектировании происходила компенсация фазовых искажений воспроизводимого сигнала цветности. Если из-за нестабильности временного масштаба воспроизводимого сигнала фаза поднесущей сигнала цветности изменяется, то в ту же сторону изменяется фаза управляемого генератора. Таким образом, сигналы цветности после синхронного детектирования не будут содержать фазовых ошибок. Сигналы цветности подаются на кодирующее устройство 5, в которое также приходит сигнал от кварцевого генератора 6 новой поднесущей цветности. Кодированная поднесущая цветности поступает на второй вход сумматора 2, на выходе которого образуется полный сигнал НТСЦ, не содержащий фазовых искажений.

Структурная схема аналогичного канала воспроизведения, рассчитанного на работу с цветовыми сигналами ПАЛ, приведена на рис. 55. Воспроизводимый видеомагнитофоном сигнал подается параллельно на полосовые фильтры 1 и 11 поднесущей цветности, ФНЧ 19 (3,5 МГц), выделяющий сигнал яркости, и селектор синхронимпульсов 15. Фазомодулированная поднесущая сигналов цветности с выхода фильтра 1 поступает в два канала, на входе которых включены фазовые демодуляторы 2 и 8.

Для демодулирования поднесущей, содержащей фазовые ошибки из-за временной нестабильности видеомагнитофона, на фазовые демодуляторы подается специально сформулированный опорный сигнал. Он формируется с помощью управляемого генератора 14, фаза колебаний которого подстраивается сигналом вспышки, выделяемым из воспроизводимой поднесущей цветности, прошедшей фильтр 11 и ключевой каскад 12. Ключевые импульсы из воспроизводимого сигнала формируются путем выделения с помощью амплитудного селектора 15 строчных синхронимпульсов, запускающих генератор ключевых импульсов вспышки 16, которые управляют ключевым каскадом. Сигнал вспышки с выхода ключевого каскада подается на фазовый детектор 13, на второй вход которого поступает сигнал от управляемого генератора 14.

Сигнал ошибки с фазового детектора через цепь обратной связи 17 подстраивает фазу управляемого генератора. Опорная частота от генератора подается на демодулятор 8 непосредственно, а на демодулятор 2 через цепь 5, сдвигающую фазу на 90° . Так как сигнал вспышки имеет такую же временную нестабильность, как и поднесущая цветности, то демодулированные сигналы цветности не имеют фазовых искажений. Пройдя ФНЧ (1 МГц) 3 и 9, сигналы цветности поступают в соответствующие балансные фазовые модуляторы 4 и 10.

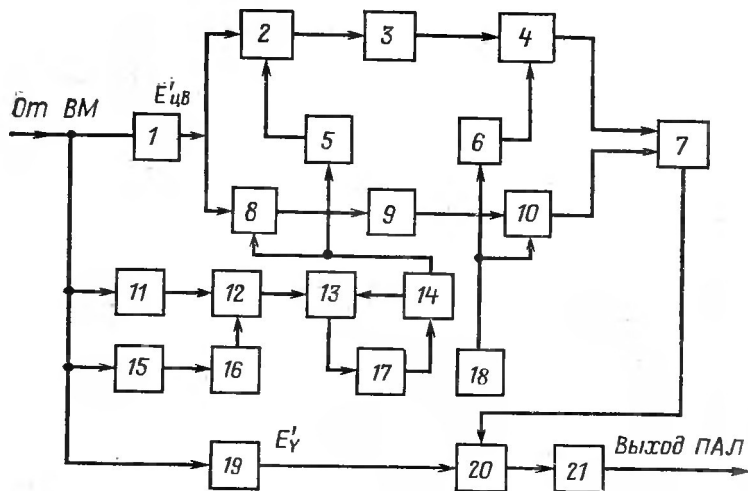


Рис. 55. Структурная схема канала воспроизведения сигналов ПАЛ с выделением сигналов цветовой синхронизации.

Сигнал поднесущей цветности подается от кварцевого генератора 18 на фазовый модулятор 10 непосредственно, а на фазовый модулятор 4 через цепь 6, сдвигающую фазу поднесущей на 90° . Сигналы с выходов балансных модуляторов складываются в сумматоре 7 и подаются на сумматор 20, где происходит их суммирование с сигналом яркости, прошедшим ФНЧ. Полный цветовой сигнал ПАЛ усиливается видеоусилителем 21 и поступает на выход схемы.

Основным недостатком рассмотренных устройств коррекции фазы поднесущей цветности являются цветные искажения, возникающие в процессе декодирования и повторного кодирования сигналов. Кроме того, кодирующие и декодирующие устройства значительно повышают стоимость бытовых видеомагнитофонов, так как содержат дорогостоящие детали. По мере развития интегральной техники преимущественное применение получит способ гетеродинамирования [5].

Структурная схема канала воспроизведения, построенного по способу коррекции временных искажений видеомагнитофона методом

гетеродинамирования, приведена на рис. 56. Поднесущую цветности $F'_{цв}$, воспроизводимую с ленты, обычно получают или методом управления фазой генератора опорной частоты сигналом вспышки, выделяемой из воспроизводимого цветового сигнала, или методом пилот-сигнала (см. стр. 78—80). Опорную поднесущую цветности $F_{цв}$ вырабатывает генератор, стабилизированный кварцем.

Входной сигнал от видеомагнитофона поступает на ФНЧ 1, выделяющий сигнал яркости, который затем подается на один из входов сумматора 2. Полосовым фильтром 3 из полного телевизионного сигнала выделяется кодированная поднесущая цветности $F'_{цв.к}$, содержащая фазовые искажения. Схема содержит умножитель частоты 7 и четыре смесителя 4, 5, 6, 8. Опорная поднесущая поступает на вход смесителя 8, на второй вход которого подается та же опорная поднесущая, но умноженная в n раз. На выходе смесителя 8 образуются сигналы: $nF_{цв} + F_{цв}$ и $nF_{цв} - F_{цв}$. Нижняя боковая частота подавляется. На смеситель 6 подаются частота $nF_{цв}$ и поднесущая цветности, воспроизводимая с ленты. На выходе смесителя 6 образуются сигналы $nF_{цв} + F'_{цв}$ и $nF_{цв} - F'_{цв}$. Нижняя боковая частота подавляется. Верхняя боковая частота подается на смеситель 5.

Кодированная поднесущая цветности $F'_{цв.к}$, воспроизводимая с ленты и прошедшая фильтр 3, приходит на вход смесителя 4. На второй его вход подается частота $nF_{цв} + F_{цв}$. Таким образом, на выходе смесителя 4 образуются сигналы $nF_{цв} + F_{цв} + F'_{цв.к}$ и $nF_{цв} + F_{цв} - F'_{цв.к}$. Нижняя боковая частота подавляется, а верхняя поступает на второй вход смесителя 5. На выходе этого смесителя получаются сигналы $nF_{цв} + F_{цв} + F'_{цв.к} + nF_{цв} + F'_{цв}$ и $nF_{цв} + F_{цв} + F'_{цв.к} - nF_{цв} - F'_{цв}$. Учитывая, что $F'_{цв.к} = F_{цв.к} + \Delta F$; $F'_{цв} = F_{цв} + \Delta F$ (ΔF — приращение частоты поднесущей из-за неравномерности), на выходе имеем сигналы $2nF_{цв} + 2F_{цв} + 2\Delta F + F_{цв.к}$ и $F_{цв.к}$, следовательно, нижняя боковая частота представляет собой кодированную поднесущую цветности, не содержащую временных искажений. Она отфильтровывается и подается на второй вход сумматора 2. На выходе сумматора образуется полный цветовой сигнал НТСЦ, не содержащий фазовых ошибок из-за нестабильности видеомагнитофона.

Для иллюстрации применения рассмотренных способов записи сигналов НТСЦ и ПАЛ в бытовых видеомагнитофонах проследим за

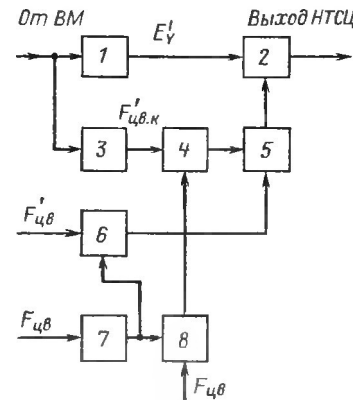


Рис. 56. Структурная схема канала воспроизведения с коррекцией временных искажений методом гетеродинамирования.

преобразованием сигналов цветности в видеомагнитофоне N1500 «Филипс» (ФРГ).

Структурные схемы преобразования поднесущей цветности при записи и воспроизведении приведены на рис. 57, а. В режиме записи на вход поступает полный телевизионный сигнал, кодированный по системе ПАЛ. Полосовым фильтром 2 выделяется поднесущая цветности, усиливается усилителем 9 и подается в преобразователь частоты 10, на который также поступает частота гетеродина от преобразователя 4. Нижняя боковая отделяется ФНЧ 1 и поступает на запись. Частота и фаза гетеродина формируются из частоты и фазы строк сигнала яркости и частоты кварцевого генератора цветовой

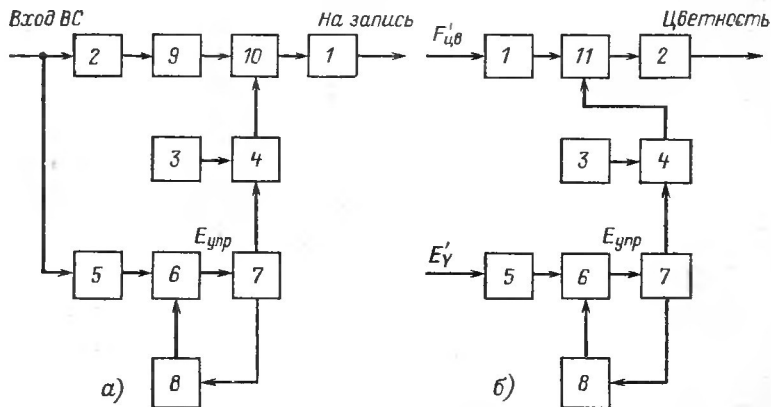


Рис. 57. Структурная схема канала изображения видеомагнитофона N1500 (для сигналов ПАЛ).

поднесущей 3. Для этого из яркостного сигнала амплитудным селектором 5 выделяются строчные синхроимпульсы и подаются в фазовый дискриминатор 6. На второй вход дискриминатора поступает частота управляемого генератора 7, поделенная делителем 8. Сигнал ошибки, выделенный фазовым дискриминатором, подстраивает фазу управляемого генератора. Сигнал ошибки подается в преобразователь 4, в который также поступает сигнал от генератора цветовой поднесущей 3. Верхняя боковая частота преобразователя 4 подается в качестве частоты гетеродина в преобразователь 10.

В режиме воспроизведения с ленты воспроизводятся два сигнала — перенесенная поднесущая цветности $F'_{цв}$ и ЧМ сигнал яркости. На рис. 57, б приведена схема преобразования сигнала цветности. Блоки 3—8 канала воспроизведения по своему назначению и параметрам полностью совпадают с аналогичными блоками канала записи (они обычно коммутируются при изменении режимов видеомагнитофонов).

Поднесущая проходит ФНЧ 1 и попадает в преобразователь частоты 11, на который подается частота гетеродина, сформированная совершенно таким же образом, как и при записи. После обратного переноса сигнал цветности отфильтровывается фильтром 2.

Принципиальной разницей является лишь то обстоятельство, что фаза гетеродина теперь подстраивается строчными синхроимпульсами, полученными из воспроизводимого сигнала яркости, т. е. имеющими такие же фазовые ошибки, как и воспроизводимая поднесущая цветности. Таким образом, преобразования сигнала цветовой поднесущей в видеомагнитофоне N1500 соответствуют способу записи ПЧМ с компенсацией временных ошибок путем гетеродинирования, однако коррекция фазы гетеродина в отличие от ранее рассмотренных методов осуществляется с помощью воспроизводимого яркостного сигнала. Подобный способ коррекции является менее точным, чем коррекция по сигналу вспышки или пилот-сигналу, так как строч-

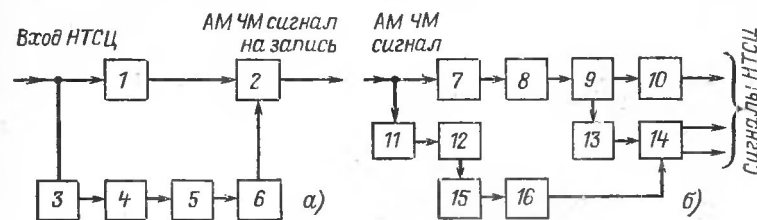


Рис. 58. Структурная схема канала записи и воспроизведения сигналов НТСЦ по способу двойной модуляции несущей видеомагнитофона.

ная частота для коррекции с точностью $\pm 2,5$ ис слишком мала. Поэтому последний способ пригоден только для сигналов, кодированных по системе ПАЛ, менее чувствительных (по сравнению с НТСЦ) к фазовым ошибкам.

Структурная схема канала изображения видеомагнитофона, построенного по способу двойной модуляции несущей, изображена на рис. 58. Для передачи информации о цветном телевизионном сигнале несущую видеомагнитофона модулируют по частоте, а для коррекции временных искажений — пилот-сигналом по амплитуде. При воспроизведении пилот-сигнал отделяют от ЧМ сигнала и с его помощью корректируют фазу воспроизводимой поднесущей цветности.

При записи (рис. 58, а) сигнал НТСЦ поступает в ЧМ модулятор 1, где модулируется несущая частотой 5,5 МГц, которая затем подается в АМ модулятор 2. Параллельно сигнал НТСЦ идет на схему выделения сигнала вспышки 3. Сигнал вспышки подстраивает фазу генератора цветовой поднесущей 4, частота которого 3,58 МГц делится делителем 5 до частоты пилот-сигнала 0,895 МГц. Пройдя фильтр 6, пилот-сигнал поступает в АМ модулятор 2, в котором модулирует по амплитуде ЧМ несущую видеомагнитофона, подаваемую в усилитель записи.

При воспроизведении АМ ЧМ (рис. 58, б) сигнал с ленты ограничивается ограничителем 7 и демодулируется демодулятором 8. После регенерации импульсной части в системе обработки 9 из воспроизводимого сигнала ФНЧ 10 выделяется сигнал яркости, а полосовым фильтром 13 сигнал цветности, который поступает в синхронные детекторы

14 сигналов I и Q . Опорная частота для синхронного детектирования сигналов цветности формируется из воспроизводимого АМ ЧМ сигнала. Амплитудно-модулированный сигнал, выделенный фильтром 11, детектируется детектором 12 и подается на резонансную цепь с высокой добротностью 15, на которой выделяется пилот-сигнал, несущий информацию о временных искажениях воспроизводимого сигнала. Пилот-сигнал умножается в умножителе 16 до частоты поднесущей цветности 3,58 МГц и подается в качестве опоры в синхронный детектор 14. Так как опорная частота и поднесущая цветности имеют одинаковые фазовые искажения, то при синхронном детектировании сигналы I и Q восстанавливаются без цветовых искажений.

Рассмотренный способ записи с двойной модуляцией несущей видеомангитфона довольно прост, но имеет существенный недостаток: процесс магнитной записи сопровождается значительными нелинейными искажениями. Из-за них воспроизводимый АМ ЧМ сигнал может получить дополнительные искажения, которые приводят к ошибкам при компенсации временных искажений в воспроизводимом сигнале.

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ЗАПИСЬ ЦВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ

Попытки одновременной записи телевизионных изображений на нескольких магнитных дорожках были сделаны еще до появления первых видеомангитфонов. Эти попытки потерпели неудачу в основном из-за того, что при параллельной записи происходит фазовый сдвиг между сигналами, записываемыми на разных дорожках, из-за перекоса магнитной ленты в процессе ее движения. На протяжении последних лет этот способ неоднократно возрождался, как только удавалось механически снизить влияние перекоса или разложить входной телевизионный сигнал на такие сигналы, фазовый сдвиг между которыми не вносит существенных искажений в воспроизводимое изображение.

Первые эксперименты по записи сигналов системы СЕКАМ на двух параллельных дорожках были сделаны в СССР на четырехголовочном видеомангитфоне «Кадр-2». Для записи цветовой сигнал системы СЕКАМ разделялся на яркостную E'_Y и цветовую составляющие $E'_{цв}$. Сигнал E'_Y подавался в модулятор видеомангитфона «Кадр-2», превращался в ЧМ сигнал и записывался по первому и третьему каналам. Сигнал $E'_{цв}$ подавался непосредственно в усилители записи второго и четвертого каналов видеомангитфона. Для того чтобы сигналы E'_Y и $E'_{цв}$ хотя бы некоторое время записывались и воспроизводились одновременно, был изготовлен специальный диск с воспроизводящими головками. В этом диске головки были расположены не под 90° , а попарно под углом 45° . Из-за механического сдвига головок часть телевизионного кадра (участки по восемь телевизионных строк) записывалась двумя головками одновременно на двух параллельных магнитных дорожках. Чтобы эти дорожки не накладывались одна на другую, головки были смещены на соответствующую величину шага записи. При воспроизведении ЧМ сигнал яркости поступал в демодулятор. Воспроизводимый сигнал цветности $E'_{цв}$ и сигнал яркости E'_Y суммировались и подава-

лись на цветное ВКУ. Изображение на ВКУ состояло из ряда горизонтальных полос. Некоторые из них соответствовали только сигналу яркости, другие только сигналу цветности, а на третьих наблюдалось полное цветное изображение весьма высокого качества, так как переменные фазовые сдвиги между воспроизводимыми сигналами практически отсутствовали.

При переходе от поперечно-строчной записи к наклонно-строчной опасность появления искажений из-за переменных фазовых сдвигов возрастает. Эксперимент по записи сигналов СЕКАМ на двух параллельных дорожках был повторно проделан на одноголовочном узкополосном видеомангитфоне «Кадр-10». Для его проведения была изготовлена специальная спаренная головка с двумя рабочими зазорами и двумя обмотками. В видеомангитфоне были установлены двойной комплект усилителей записи и воспроизведения, блоки разделения и суммирования сигналов яркости и цветности. Эксперименты показали, что при небольшом расстоянии между рабочими зазорами записывающих и воспроизводящих головок фазовые искажения из-за временной нестабильности ЛПМ или перекоса и деформации магнитной ленты практически отсутствуют.

К основным недостаткам многодорожечного способа записи цветных изображений следует отнести двойной расход полезной площади носителя записи и сравнительно сложную конструкцию магнитных головок. К достоинствам — меньшая, чем при прямом способе, скорость головка/лента и отсутствие перекрестных искажений между сигналами яркости и цветности, возможность оптимального корректирования каждого канала в отдельности.

С целью уменьшения расхода ленты при записи сигналов яркости и цветности на отдельные дорожки их максимально сближают. При этом рабочие зазоры головок устанавливают под углом друг к другу. Из-за взаимного наклона зазоров головок влияние одного канала на другой незначительно и дорожки можно записывать без промежутков. На рис. 59 приведена типовая структурная схема канала записи цветных телевизионных изображений, кодированных по системе СЕКАМ, построенного по способу записи сигналов яркости и цветности на двух параллельных магнитных дорожках. Полный цветовой телевизионный сигнал подается на разделитель 1 сигнала цветности $E'_{цв}$ и яркости E'_Y .

Сигнал $E'_{цв}$ поступает в предкорректор 2, рассчитываемый таким образом, чтобы получить в полосе частот от 3,2 до 5,5 МГц наилучшее отношение сигнал/шум. С выхода предкорректора 2 сиг-

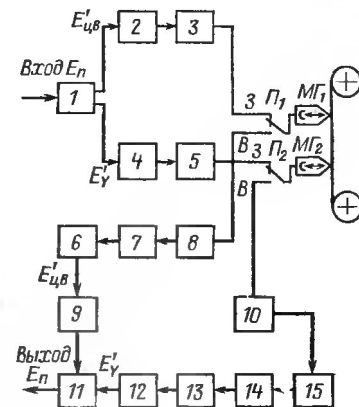


Рис. 59. Структурная схема канала изображения для записи сигналов СЕКАМ на двух параллельных дорожках.

нал через усилитель записи 3 подается в головку $МГ_1$ и записывается на магнитную ленту на первую дорожку. Сигнал яркости E'_Y в модуляторе 4 модулирует несущую видеоманитофона. Частотно-модулированный сигнал яркости усиливается усилителем 5 и записывается головкой $МГ_2$ на второй дорожке, параллельной первой. При воспроизведении головки переключаются на вход соответствующих усилителей воспроизведения 8 и 10. Сигнал цветности, усиленный усилителем 8, проходит декорректор высокочастотных предскажений 7 и ограничивается в ограничителе 6, который устраняет паразитную амплитудную модуляцию, возникающую в процессе записи и воспроизведения сигнала на магнитной ленте. После ограничения сигнал E'_{CB} проходит корректор 9 высокочастотных предскажений СЕКАМ и поступает на один из входов сумматора 11. Частотно-модулированный сигнал яркости, воспроизводимый головкой $МГ_2$, усиливается усилителем 10, корректируется ЧМ корректором 15, ограничивается ограничителем 14 и приходит в демодулятор 13. После демодуляции сигнал яркости E'_Y фазирован линией задержки 12, суммируется в сумматоре 11 с сигналом цветности и подается на выход видеоманитофона.

При записи сигналов НТСЦ или ПАЛ в канал цветности вводятся вторые модулятор и демодулятор, а также формируется и записывается специальный пилот-сигнал, с помощью которого осуществляется компенсация фазовых искажений воспроизводимой поднесущей цветности, возникающих из-за нестабильности временного масштаба воспроизводимых сигналов.

Основные качественные показатели воспроизводимого цветового сигнала можно рассчитать путем использования коэффициентов сужения спектров сигналов яркости и цветности. Если сигнал цветности записывается полностью ($K_{цв}=1$) без предварительной модуляции $\Delta F'_{цв} = \Delta F_{цв}/K_{цв} = \Delta f_{ЧМ}$, то сигнал яркости обычно несколько сужается с тем, чтобы полосы частот, записываемые по обоим каналам, были одинаковы: $\Delta F'_Y = \Delta F_Y/K_Y = \Delta F_{цв} = \Delta f_{ЧМ}/K_Y$, где ΔF_Y — полоса частот, записываемая видеоманитофоном; $\Delta f_{ЧМ}$ — полоса частот, записываемая по ЧМ каналу; K_Y — коэффициент увеличения частоты при использовании частотной модуляции.

Способ записи на двух параллельных дорожках позволяет даже на бытовых видеоманитофонах при скорости головка/лента 8,08 м/с записывать цветовой сигнал системы СЕКАМ с четкостью более 300 строк и отношением сигнал/шум лучше 40 дБ при полном отсутствии муар.

Многоканальный способ записи цветных изображений применяется в простых видеоманитофонах с неподвижными головками. На рис. 60 изображена структурная схема подобного видеоманитофона. Запись изображения осуществляется прямым способом, без использования вращающихся головок и частотной модуляции на ленте шириной 6,25 мм (максимально высокого качества на лавсановой основе) неподвижными головками с рабочим зазором шириной 0,8—1 мкм. Скорость ленты выбирается 3 м/с (при высококачественных головках и лентах 1,5 м/с). При прямом движении ленты одновременно параллельно записываются три магнитные строчки. При обратном движении ленты магнитные строчки записываются в промежутках между строчками, записанными в прямом направлении, для

чего блок головок перемещается по вертикали на ширину одной строчки. Остальная часть лентопротяжного механизма такая же, как в обычном магнитофоне.

Записываемые сигналы снимаются с матрицы декодирующего устройства цветного телевизора. На канал 1 подается суженный по полосе сигнал E'_Y , на канал 4 — сигнал E'_{R-Y} , на канал 6 — сигнал E'_{B-Y} . Эти сигналы корректируются и поступают в соответствующие усилители 2, 5 и 7 и далее в записывающие магнитные головки (можно применить универсальные головки), на которые одновременно подается напряжение (подмагничивания) с частотой 6—8 МГц от высокочастотного генератора 3. При воспроизведении сигналы от головок усиливаются усилителями воспроизведения 8, 12, 13, корректируются и поступают на матрицу декодирующего устройства телевизора 11. В канале Y дополнительно включены линия задержки с отводами 9 для фазирования сигнала яркости и цветности и схема восстановления постоянной составляющей 10.

Качество цветового сигнала, воспроизводимого с ленты, в данном случае хуже, чем в обычном видеоманитофоне. Дело в том, что значения коэффициентов сужения спектров сигналов по каналам приходится выбирать равными 5—6. Подобный выбор коэффициентов сужения спектров и запись сигналов на отдельные дорожки без ЧМ позволили уменьшить скорость записи в 3 раза. По-видимому, дальнейший прогресс в области магнитных головок и лент приведет к появлению все большего числа видеоманитофонов с неподвижными головками и повышению интереса к многоканальной видеозаписи цветного телевизионного сигнала.

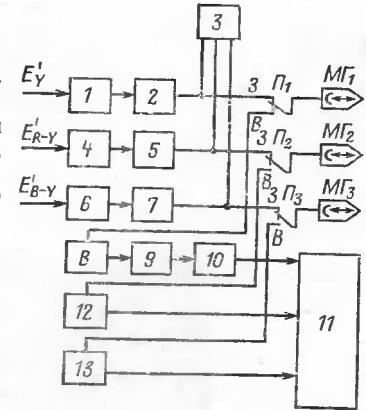


Рис. 60. Структурная схема видеоманитофона-приставки для раздельной записи сигнала яркости и цветоразностных сигналов на трех параллельных дорожках.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПРЯМАЯ ЗАПИСЬ ЦВЕТОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

ПРЯМАЯ ЗАПИСЬ ЦВЕТОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ В ТЕЛЕВИЗИОННОМ ВЕЩАНИИ

Прямая запись цветных телевизионных сигналов нашла широкое применение в телевизионном вещании. Современные профессиональные видеоманитофоны позволяют записывать сигналы любой

цветной телевизионной системы (СЕКАМ, НТСЦ, ПАЛ). Уровень искажений, вносимых в цветовой сигнал видеомагнитофоном, настолько мал, что лишь четвертая или пятая копия начинает заметно отличаться от оригинала. Такие высокие качественные показатели профессиональных видеомагнитофонов были достигнуты после длительного и постепенного их усовершенствования.

Современные профессиональные видеомагнитофоны «Кадр-3П», «Электрон-2М», Кадр-5» рассчитаны на прямую запись цветковых сигналов и позволяют производить регулярный обмен программами как внутри страны, так и между странами [3, 17]. На телецентрах имеется специальное технологическое оборудование для записи, обработки и электронного монтажа программ (рис. 61). Свыше 80% цветных передач передается с видеомагнитофонов.

Во всех системах цветного телевидения информация о цвете передается в верхней части спектра монохроматического сигнала. При прямом способе записи она располагается в области верхних частот канала изображения. Именно эта область частот в наибольшей степени подвержена разного рода искажениям. Прямая запись цветковых сигналов налагает на видеомагнитофон ряд очень высоких требований, которые оговариваются ГОСТ 21051-75 на канал изображения аппаратной магнитной видеозаписи. Основные требования стандарта применительно к сигналам СЕКАМ приведены в табл. 5.

Неравномерность АЧХ канала изображения может стать при прямой записи причиной неодинаковой передачи сигналов яркости и цветности. Известно, что сигналы СЕКАМ менее чувствительны к этим искажениям из-за амплитудного ограничения поднесущей при декодировании. Однако неравномерность АЧХ непосредственно в полосе сигналов цветности приводит к изменению оттенков и насыщенности цветного изображения, поэтому допуски на неравномерность задаются весьма жесткие.

Нелинейность ФЧХ канала изображения может также привести к искажениям. Она возникает из-за нелинейности АЧХ и ФЧХ системы головка — лента и неравномерности ФЧХ блоков ЧМ канала и фильтра демодулятора. Эти искажения корректируются с помощью частотных и фазовых корректоров. Фазовые и амплитудно-частотные искажения после демодуляции приводят к искажениям типа «дифференциальное усиление» и «дифференциальная фаза». Если от искажений типа «дифференциальное усиление» сигналы системы СЕКАМ хорошо защищены, то искажения типа «дифференциальная фаза» вызывают окантовки на яркостных переходах и даже при малом отношении сигнал/шум в канале цветности срыв декодирования после перехода. Одной из причин появления дифференциальных искажений в видеомагнитофоне является неравномерность АЧХ в области девиации несущей. Обычно она вызывается неполной компенсацией резонанса входной цепи головки в канале воспроизведения ЧМ сигнала.

Важнейшими параметрами при прямой записи цветковых сигналов являются отношения сигнал/шум и сигнал/помеха. Так как уровень поднесущей цветности в сигнале СЕКАМ в некоторых случаях на 13 дБ меньше номинального уровня сигнала яркости, то получение запаса по этому параметру вызывает определенные трудности. Для повышения отношения сигнал/шум применяются высококачественные магнитные ленты, высокоэффективные головки, малощумные усилители и специальные корректоры.

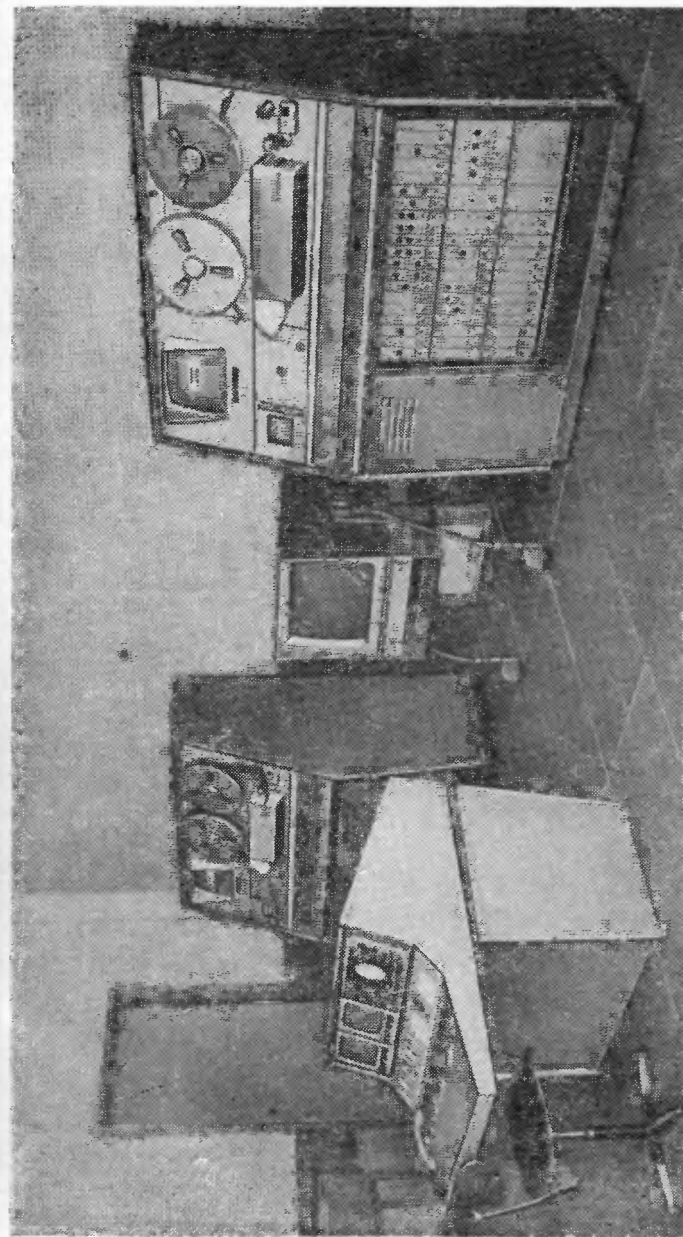


Рис. 61. Аппаратная цветной видеозаписи Останкинского телецентра.

Таблица 5

Основные параметры канала изображения
аппаратной цветной видеозаписи

Параметр	Значения	
	минимальное	максимальное
Амплитудно-частотная характеристика, МГц/дБ:		
1,0	-0,75	+0,75
5,0	-0,75	+0,75
6,0	-3,0	+0,75
Коэффициент нелинейных искажений сигнала яркости, %	—	3
Дифференциальное усиление, %	—	5
Дифференциальный фазовый сдвиг, град	—	5
Отношение сигнала яркости к флуктуационным помехам, дБ	51	—
Отношение сигнала яркости к комбинационным помехам, дБ	35	—
Относительная неравномерность плоской части прямоугольных импульсов частоты полей, %	4	—
Переходная характеристика, мкс	—	0,6
Импульсная характеристика для синус-квадратичного импульса $2T$, %	—	2
Различие в усилении сигналов яркости и цветности, дБ	-0,5	+0,5
Расхождение во времени между сигналами яркости и цветности, нс	-50	+50
Временная нестабильность строк воспроизводимого цветового сигнала, нс	-16	+16

Уровень комбинационных искажений зависит прежде всего от стандарта записи, качества системы преобразования и нелинейных искажений в канале записи и воспроизведения. Так как характеристики записи обычно нормированы, то возможности уменьшения уровня комбинационных искажений заключены в совершенствовании канала воспроизведения и процесса демодуляции.

Чувствительность к временным искажениям связана со способом кодирования цветовой поднесущей. Сигналы системы СЕКАМ в наименьшей степени подвержены этим помехам. Однако, если сигнал СЕКАМ передается в эфир или перекодируется в сигналы ПАЛ и НТСЦ, требования к временным искажениям в видеомагнитофоне значительно повышаются.

Известные трудности возникают при фазировании диска с головками и ленты при монтаже цветowych телевизионных сигналов. В состав видеомагнитофона включается специальный селектор, выделяющий опорные сигналы, привязанные к определенному полукадру сигнала СЕКАМ, а на управляющую дорожку записываются импульсы частотой 12,5 Гц, также сфазированные с полукадровым импульсом записываемого сигнала. С помощью этого сигнала осуществляют фазирование системы автоматического регулирования и системы электронного монтажа программ.

Обработка импульсной части воспроизводимых цветowych сигналов принципиально отличается от обработки черно-белых из-за наличия строк опознавания и поднесущей цветности на гасящих импульсах. Поэтому системы обработки сигналов строят либо по принципу частотного разделения сигналов яркости и цветности, либо временного разделения во время прохождения гасящих импульсов.

СИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ

При прямой записи цветowych сигналов используется частотная или периодная модуляция несущей видеомагнитофона [7]. С целью широкого обмена программными параметрами модуляции для телевизионных стандартов 526/30 (США, Япония) и 625/25 (СССР, ФРГ) стандартизированы (табл. 6).

Таблица 6

Параметры системы ЧМ при ВЧ и СВЧ стандарте записи

Параметр	Значения		
	ВЧ стандарт		СВЧ стандарт
	525/30	625/25	
Частота несущей на уровне синхросигналов, МГц	7,06	7,16	9,0
Частота несущей на уровне черного, МГц	7,9	7,8	10,0
Частота несущей на уровне белого, МГц	10,0	9,3	12,0
Девияция частоты несущей при передаче низкочастотных сигналов, МГц	2,1	1,5	2,0
Предыскажения в области частот сигналов цветности, дБ	8	8	8

Для преобразования входного видеосигнала в ЧМ сигнал и обратно применяют модуляторы, ограничители и демодуляторы различных типов в зависимости от назначения видеомагнитофона. В профессиональных видеомагнитофонах используется модулятор гетеродинного типа (рис. 62). В нем генератор 1 с частотой 75 МГц и генератор 4 с частотой 82,8 МГц модулируются по частоте в противофазе входным видеосигналом. Использование двух управляемых

Параметры ЧМ сигнала, модулированного по ВЧ стандарту сигналом цветных полос

Параметр	Красный	Желтый	Голубой	Зеленый	Пурпурный	Синий	Сигнал цвето- вого опознавания
Частота несущей f_n , МГц	8,15	8,8	8,6	8,47	8,25	7,93	7,8
Частота поднесущей, МГц	4,126	4,36	4,69	4,64	4,17	4,45	4,76
Индекс девиации	0,157	0,113	0,26	0,243	0,13	0,147	0,3
Частота поднесущей F , МГц	4,17	4,02	4,33	4,1	4,4	4,48	3,9
Индекс девиации	0,132	0,234	0,106	0,175	0,125	0,16	0,34

генераторов позволяет уменьшить нелинейность варикапов, с помощью которых осуществляется перестройка частоты. Сигналы от генераторов ограничиваются ограничителями 2, 5 и подаются в балансный смеситель 3. Разностная частота $f_n = f_{Г2} - f_{Г1}$ выделяется с помощью ФНЧ 6, пропускающего весь спектр ЧМ сигнала ($f_{ср} = 15$ МГц).

Как известно, ЧМ колебание при модуляции сигналом $u(t) = u_0 \cos \Omega t$ может быть представлено в виде:

$$f(t) = \sin \left[\omega_n t + \Delta \omega \int_0^t u(t) dt + \theta_0 \right].$$

При этом мгновенная частота колебаний пропорциональна модулирующему сигналу:

$$\omega_{ЧМ} = \omega_n \left[1 + m \frac{u(t)}{u_0} \right],$$

где $m = \Delta \omega / \omega_n$ — глубина модуляции; $u(t)/u_0$ — отношение текущего модулирующего сигнала к его максимальному значению.

С помощью функций Бесселя выражение для ЧМ сигнала приводится к виду:

$$f(t) = J_0(B) \cos \omega_n t + \theta_0 + \sum_{k=1}^{\infty} J_k(B) \cos [(\omega_n + k\Omega)t + \theta] + \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k J_k(B) \cos [(\omega_n - k\Omega)t + \theta],$$

где $B = \Delta \omega / \Omega$ — индекс модуляции; J_k — функции Бесселя первого рода k -го порядка.

Это выражение содержит бесчисленное множество пар боковых составляющих, разделенных интервалом Ω . На практике учитываются только те пары боковых, относительная величина которых превосходит 0,01. На рис. 63 показана зависимость амплитуды боковых составляющих для АМ и ЧМ

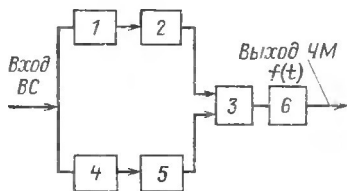


Рис. 62. Структурная схема модулятора.

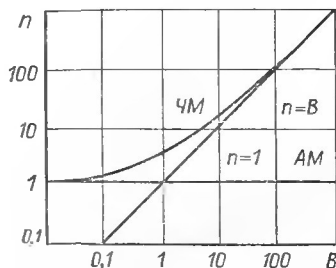


Рис. 63. Зависимость числа пар боковых от индекса модуляции для АМ и ЧМ сигнала.

сигнала от индекса модуляции B . При $B < 1$ энергия боковых составляющих спектра ЧМ сигнала настолько уменьшается, что приходится учитывать только верхнюю и нижнюю боковые составляющие (как в АМ сигнале).

Основные параметры ЧМ сигнала, модулированного по ВЧ стандарту сигналом цветных полос, для системы СЕКАМ приведены в табл. 7. Из нее следует, что модуляция несущей ω сигналом цветности происходит при малых индексах модуляции B , только на строках опознавания $B \geq 0,3$. Это позволяет при оценке искажений в системах преобразования видеоматриц, записывающих цветовой сигнал прямым способом, учитывать только нижнюю и верхнюю боковые составляющие.

Рассмотрим подробнее помехи, возникающие при записи сигнала СЕКАМ по ВЧ стандарту. Спектр наиболее интенсивных помех для этого случая показан на рис. 64. Основные помехи образуются при попадании модулирующего сигнала в ЧМ канал ($F_{цв}$) или если при демодуляции с удвоением частоты появляется третья нижняя боковая второй гармоники несущей ($2f_n - 3F_{цв}$). Основные помехи возникают также от отраженной третьей нижней боковой ЧМ сигнала ($3F_{цв} - f_n$), третьей нижней боковой третьей гармоники несущей ($3f_n - 3F_{цв}$), от первой нижней боковой второй гармоники несущей ($2f_n - F_{цв}$).

На выходе модулятора наиболее опасны помехи от нижней боковой второй гармоники несущей частоты $2f_n - F_{цв}$ и от частоты модуляции последней помехи связано с наличием в ЧМ сигнале на выходе модулятора паразитной АМ. Для получения помех на уровне менее -40 дБ величина АМ должна быть меньше 0,1%, а уровень второй гармоники ниже -40 дБ. Эксперименты, проведенные на видеоматрице «Кадр-3», показывают, что помехи в виде «прямого» прохождения частоты $F_{цв}$ на выход модулятора составляют $-36 \div -37$ дБ. Ввиду того что частота помехи $f_{пвч} = f_{нвч} - F_{цв} = 8,5 - 4,3 = 4,2$ МГц попадает в спектр поднесущей цветности

сигнала СЕКАМ, она вызывает значительные искажения в виде муара. Некоторое уменьшение этих искажений достигается увеличением частоты генераторов свыше 100 МГц.

С целью радикального снижения уровня комбинационных искажений в новых профессиональных видеомагнитофонах сигналы системы СЕКАМ записывают по СВЧ стандарту (см. табл. 6). В этом случае частота помехи от нижней боковой f_n равна: $f_{\text{ПСВЧ}} = f_{\text{НСВЧ}} - F_{\text{цв}} = 11 - 4,3 = 6,7$ МГц, т. е. находится выше верхней частоты модулирующего сигнала.

Иногда в профессиональных видеомагнитофонах применяют более простые модуляторы. Они обычно состоят из несимметричного

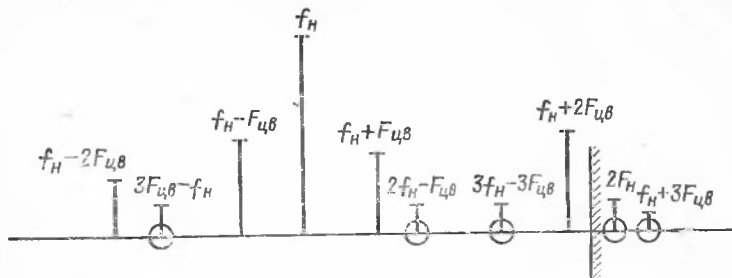


Рис. 64. Спектр наиболее интенсивных комбинационных помех в ЧМ канале.

мультивибратора, настроенного на удвоенную частоту несущей, и высокочастотного триггера — делителя частоты на два, запускаемого выходными импульсами мультивибратора. Мультивибратор модулируется видеосигналом, а деление на 2 его частоты позволяет, с одной стороны, обеспечить высокую симметрию выходных колебаний, с другой — снизить прямое прохождение модулирующего сигнала.

Одной из важных причин, вызывающих комбинационные искажения, являются отраженные боковые частоты. Их появление связано с применением в видеозаписи низкой несущей. В спектре ЧМ сигнала всегда имеются частоты, разность гармоник которых и несущей имеет отрицательные значения. Иными словами, компонента с «отрицательной» частотой «зеркально» отражается от нуля. Ее частота равна: $\Omega_n = \omega_n - |\omega_n - \pi\Omega|$. Величина комбинационных искажений от отраженной боковой вычисляется таким же способом, как и от основных гармоник. Стандарт ВЧ, принятый для профессиональной видеозаписи, составлен таким образом, чтобы уровень помех от отраженных боковых был минимальным. Однако при прямой записи по ВЧ стандарту коэффициент комбинационных искажений превышает 1%, если $B > 0,2$, и искажения будут заметны [7].

Несимметрия передаточной характеристики и амплитудные искажения канала могут вызвать смещение точек пересечения нулевой линии ЧМ сигналом. К этим смещениям приводят появление четных гармоник при отсутствии постоянной составляющей. Нечетные гармоники сами по себе не могут вызвать смещение нулевых точек. Однако, для того чтобы не возникало искажений, высшие гармоники ЧМ сигнала должны передаваться полностью.

Воспроизводимый ЧМ сигнал после корректирования подается в ограничитель и демодулятор. Ограничение воспроизводимого сигнала позволяет ликвидировать паразитную амплитудную модуляцию и восстановить амплитуду верхней боковой составляющей ЧМ спектра. Значение ограничения в профессиональных видеомагнитофонах достигает уровня 50—60 дБ. Ограничитель выполняется симметричным, состоящим из нескольких ячеек. В нем предусматриваются регулирование симметрии, а в некоторых случаях даже ее авторегулирование. Демодулятор обычно выполняется по схеме счетчика импульсов (рис. 65) с удвоением частоты. Входной ЧМ сигнал после ограничения ограничителем 1 поступает на фазоинвертор 2 и разветвляется на два параллельных канала. В первом плече включен формирователь 3 частотно-импульсно-модулированного (ЧИМ) сигнала, а во втором — формирователь 6. Обе последовательности импульсов суммируются в сумматоре 4 и подаются на ФНЧ 5, на выходе которого из ЧИМ сигнала выделяется видеосигнал. Выделение видеосигнала сопровождается комбинационными искажениями, особенно заметными на цветном телевизионном сигнале.

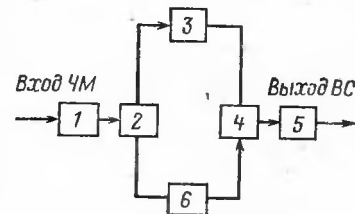


Рис. 65. Структурная схема демодулятора.

Расчетная величина относительного уровня помехи в канале цветности различна для разных цветов. Наиболее заметны эти помехи на зеленом, голубом и желтом цветах. Учитывая, что глаз человека лучше всего различает мелкие детали на зеленом цвете, можно рекомендовать настройку системы преобразования проводить при подаче на ее вход частоты, соответствующей передаче зеленого цвета в строке $B-Y$.

Для уменьшения комбинационных помех применяют демодуляторы с переносом спектра на частоты 50—60 МГц. В таких демодуляторах полезные сигналы и помехи разнесены по диапазону и поэтому легче разделяются. Однако широкого применения эти демодуляторы не получили из-за трудностей, связанных с настройкой полосового фильтра.

Хорошее разделение видеосигнала и ЧМ сигнала можно получить в демодуляторах на высших гармониках. Дело в том, что при умножении частоты ЧМ сигнала разнос по частотному диапазону между полезными и мешающими составляющими спектра увеличивается и их разделение облегчается. Основные трудности, связанные с разработкой и использованием этих демодуляторов, вызваны необходимостью использования в схеме широкополосных умножителей. В настоящее время демодуляторы с умножителем являются наиболее перспективными.

В последнее время в технике магнитной видеозаписи наряду с частотной модуляцией получила распространение периодная модуляция. В отличие от ЧМ при ПМ модулирующему сигналу пропорционально мгновенное значение периода $T_{\text{ПМ}}$, а не частоты высокочастотного колебания:

$$T_{\text{ПМ}} = T_n \left[1 + m \frac{V(t)}{V_0} \right], \text{ где } T_n = 2\pi/\omega_n \text{ — периодическое колебание}$$

од несущего колебания; $m = \Delta T / T_n$ — глубина модуляции. При использовании ПМ может быть достигнута лучшая линейность модуляционной характеристики модулятора релаксационного типа.

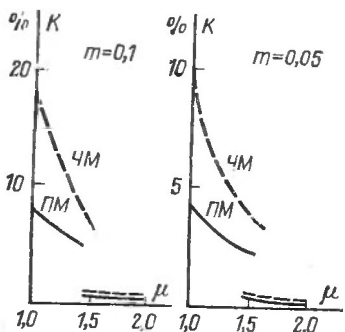


Рис. 66. Зависимость максимального значения коэффициента комбинационных искажений для ПМ и ЧМ демодуляторов с удвоением.

Если же оставить комбинационные искажения на прежнем уровне, то при прочих равных условиях можно понизить частоту несущей видеомагнитофона, что приведет к повышению отношения сигнал/шум в ЧМ канале и в конечном счете улучшению качества изображения.

СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ВЫПАДЕНИЙ ЦВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ

Воспроизведение сигнала нередко сопровождается кратковременными понижениями уровня, которые принято называть выпадениями. Выпадения целесообразно компенсировать, используя для этого сигнал, полученный из предыдущей или предпредыдущей строки. При этом возникают три задачи: фиксация момента появления выпадений и коммутация прямого сигнала; формирование замещающего сигнала; совмещение по фазе замещающего сигнала с основным.

Фиксация момента появления выпадений и коммутация прямого сигнала для черно-белых и цветных сигналов решается одинаково применением порогового амплитудного детектора ЧМ сигнала и быстродействующего ключа. Способ формирования замещающего сигнала зависит от системы кодирования цветных сигналов. Для системы СЕКАМ, в которой принята строчная поочередная передача цветоразностных сигналов, идентичные сигналы повторяются в строках $n-2$ и n . Задержка полного цветного сигнала или его составляющих осуществляется ультразвуковыми линиями задержки (УЛЗ), при этом качество замещающего сигнала в значительной

степени определяется качеством УЛЗ. Так как широкополосная УЛЗ имеет рабочий диапазон на частотах 30—40 МГц, то для переноса цветного сигнала в эту область используются дополнительные модуляторы и демодуляторы.

Более удобно осуществлять отдельную задержку сигнала яркости E_Y на одну строку, а сигнала цветности $E'_{цв}$ на две [15].

С целью переноса сигнала E_Y в рабочую полосу частот УЛЗ этим сигналом предварительно модулируется по амплитуде частота гетеродина f_g . Чтобы задерживать E_Y в максимально большей полосе частот, частота гетеродина располагается по верхнему склону полосы прозрачности УЛЗ. Тогда линия пропускает лишь часть нижней боковой полосы и частоту гетеродина, подавляя спектр сигнала цветности, причем частота гетеродина оказывается за пределами полосы видеосигнала.

При передаче сигнала через УЛЗ в ней возникают отраженные сигналы, которые, суммируясь с основным, вносят искажения. Наиболее опасен сигнал с тройной задержкой. Его влияние может быть значительно снижено таким выбором частоты гетеродина, при котором фазовый сдвиг между основным сигналом и помехой будет равен 90° , однако стабильность гетеродина при этом должна быть не хуже $0,7 \cdot 10^{-4}$. Задержанный сигнал детектируется двухполупериодным амплитудным детектором и фильтруется однозвенным П-образным ФНЧ, рассчитанным с учетом минимальной задержки сигнала и хорошей фильтрации удвоенной частоты.

Канал задержки яркостной составляющей должен вносить минимальные искажения типа «дифференциальное усиление» (менее 10%). В противном случае выпадения, незаметные, например, на темных участках изображения, будут заметными на светлых или наоборот. Основным источником таких искажений является модулятор. Чтобы поддерживать искажения на низком уровне, глубина модуляции не должна превышать 30%.

Задержка сигнала $E'_{цв}$ на две строки может быть осуществлена двумя последовательно включенными УЛЗ, затухание сигнала в которых компенсируется усилителем. Результирующая полоса прозрачности подобной системы равна 3,8—5,3 МГц, что вполне достаточно для сохранения цвета и насыщенности изображения во время выпадения. После суммирования задержанных сигналов E_Y и $E'_{цв}$ образуются сигналы, который подается в качестве замещающего.

В сигнале СЕКАМ фаза поднесущей коммутируется через две строки на третью и от полукадра к полукадру. При компенсации выпадений, когда, например, в строку n включается замещающий сигнал от строки $n-2$, их фазы могут оказаться сдвинутыми на 180° . Кроме того, сдвиг по фазе может произойти из-за временных искажений воспроизводимого сигнала. При экспериментальной оценке заметности помех в зависимости от скачка фазы поднесущей было установлено, что скачки фазы $\pm 60^\circ$ при компенсации случайных выпадений можно считать допустимыми.

Возможны два пути устранения помех, вызываемых скачком фазы после переключения сигналов. При первом способе появление выпадения в строке фиксируется заранее, до ее передачи в эфир. Основной сигнал переключается на задержанный во время строчных гасящих импульсов. Поэтому помех от скачков фазы на изображе-

нии не возникает. При втором способе выпадения компенсируются замещающим сигналом, у которого поднесущая в период строчных гасящих импульсов фазуется с поднесущей основного сигнала.

Для реализации компенсатора выпадений (рис. 67, а), выполненного по первому способу, необходимо в качестве основного использовать видеосигнал, задержанный на 64 мкс, чтобы переключающий импульс опережал на строку выпадение в видеосигнале. Воспроизводимый ЧМ сигнал параллельно подается в ограничитель 1 и в детектор выпадений 6. После ограничения сигнал демодулируется

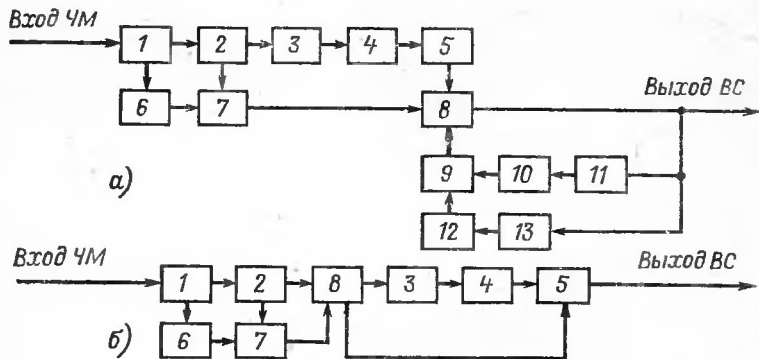


Рис. 67. Структурная схема компенсатора выпадений цветных сигналов.

демодулятором 2 и полученный видеосигнал модулирует в модуляторе 3 по амплитуде частоту гетеродина (около 30 МГц). Амплитудно-модулированный сигнал задерживается широкополосной УЛЗ 4 на 64 мкс. На выходе линии сигнал детектируется амплитудным детектором 5. Полученный задержанный видеосигнал подается на электронный ключ 8, пропускающий его на выход при отсутствии выпадений.

При появлении выпадений сигнал с детектора выпадений запускает схему формирования 7, которая вырабатывает переключающие импульсы только в момент прихода строчных синхроимпульсов от демодулятора 2. Переключающие импульсы коммутируют электронный ключ. На второй вход этого ключа подается с сумматора 9 замещающий сигнал, сформированный из входного видеосигнала путем отдельной задержки на 128 мкс с помощью УЛЗ 10 сигнала цветности, отделенного фильтром 11, и сигнала яркости, который выделяется фильтром 13 и задерживается на 64 мкс с помощью блока задержки 12, содержащего модулятор, УЛЗ на 64 мкс и детектор.

Следует отметить, что этот способ предъявляет очень высокие требования к качеству УЛЗ, осуществляющих задержку видеосигнала в основном канале. При наличии высококачественной УЛЗ с задержкой на 128 мкс компенсатор может быть выполнен по упрощенной структурной схеме на рис. 67, б (в ней обозначения соответствуют рис. 67, а). Компенсатор выпадений работает так же, как и предыдущий, только сигнал задерживается линией 4 на 128 мкс, а

ключ 8 подключает амплитудный модулятор 3 в основном режиме к выходу демодулятора 2, а в режиме компенсации выпадений — к выходу амплитудного детектора 5.

По второму способу выполнена система СКВ-3 [15], структурная схема которой изображена на рис. 68. Система состоит из трех функциональных узлов: компенсатора, сумматора и коммутатора фазы. Компенсатор формирует переключающие импульсы из частотно-модулированного сигнала с помощью ограничителя 1, детектора 2, ФНЧ 3 и схемы формирования 4, которые управляют работой ключа

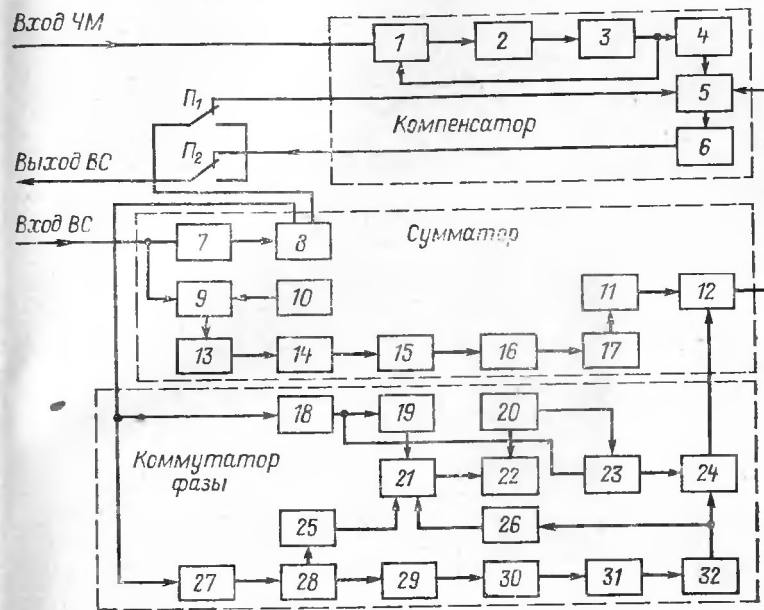


Рис. 68. Структурная схема системы компенсации СКВ-3 с фазированием поднесущей в замещающем сигнале.

ча 5. Сумматор выполняет следующие функции: задерживает основной сигнал на 0,2 мкс; задерживает сигнал E_V на строку; формирует замещающий видеосигнал путем сложения задержанного сигнала E_V с задержанным на две строки сигналом $E_{цв}$. Схемное построение сумматора диктуется использованием трех стандартных УЛЗ, применяемых в цветных телевизорах. Сумматор подстроен по способу отдельной задержки сигнала яркости и цветности. В канал задержки сигнала яркости входит модулятор 9, на который подается сигнал гетеродина 10. С выхода модулятора 9 через согласующий усилитель 13, перенесенный в рабочую полосу частот УЛЗ, сигнал яркости подается на фильтр 14 и задерживается с помощью УЛЗ 15 на 64 мкс. Затем сигнал усиливается усилителем 16, детектируется

амплитудным детектором 17, задерживается линией с переменной задержкой 11, компенсирующей разницу в задержках по каналу яркости и цветности, и подается на один из входов сумматора 12.

Коммутатор фазы выделяет из полного видеосигнала $E_{\text{цв}}^*$ и ССП, задерживает $E_{\text{цв}}^*$ на две строки и инвертирует на 180° фазу задержанной поднесущей цветности в момент прихода задней площадки строчного гасящего импульса таким образом, чтобы она стала синфазной с поднесущей цветности основного сигнала.

Видеосигнал с линии задержки 7 сумматора через усилитель 8 одновременно поступает на ФВЧ 27 и амплитудный селектор 18. Выделенная фильтром поднесущая усиливается усилителем 28 и задерживается двумя последовательно включенными УЛЗ 29 и 30. Затухание в линиях компенсируется усилителем 31. После усиления поднесущая подается на фазовращатель 32, позволяющий вручную сфазировать сигнал на входе и выходе линий при настройке.

При воспроизведении сигналы $E_{\text{цв}}^*$ с входа линии 29 и с выхода фазовращателя 32 ограничиваются ограничителями 25 и 26 и поступают на вход фазового детектора 21, который сравнивает фазы немодулированных поднесущих во время стробирующего импульса.

Когда фазы совпадают, сигнал на выходе фазового детектора отсутствует. Если фазы отличаются довольно сильно, то на выходе фазового детектора появляется сигнал, который формируется с помощью амплитудного детектора 22, формирователя 20 и триггера 23 в импульсы, переключающие управляемый фазовращатель 24, включенный в цепь сигнала $E_{\text{цв}}^*$ между фазовращателем 32 и сумматором 12.

Стробирующие импульсы вырабатываются из СС, выделяемой амплитудным селектором из входного сигнала. Строчные синхронимпульсы запускают ждущий мультивибратор 19, формирующий стробирующий импульс длительностью 4—5 мкс, положение которого совпадает с моментом передачи немодулированной поднесущей в сигнале СЕКАМ. Так как на одно плечо триггера подаются строчные синхронимпульсы, а на другое — сигнал с фазового детектора, то триггер перебрасывает фазовращатель только тогда, когда фазы основного и замещающего сигналов не совпадают. Коммутатор фазы обеспечивает синфазность поднесущей в момент выпадения с точностью $\pm 30^\circ$, что обеспечивает отсутствие заметного переходного процесса во время переключения сигналов.

Компенсация выпадений в цветных сигналах, кодированных по системе НТСЦ и ПАЛ, имеет некоторые особенности. В сигналах системы НТСЦ частота поднесущей в одном и том же месте двух соседних строк находится в противофазе при передаче одинакового цвета. Если сигнал $E_{\text{цв}}^*$ в замещающем сигнале формируется с задержкой на одну строку, то длительность задержки необходимо увеличить (или уменьшить) на время, равное половине периода поднесущей цветности. При задержке сигнала $E_{\text{цв}}^*$ на две строки фазы поднесущей в основном и замещающем сигналах при передаче одного и того же цвета совпадут.

При компенсации выпадений цветных сигналов, кодированных по системе ПАЛ, необходимо учитывать, что фаза сигнала $E_{\text{цв}}^*$ в двух соседних строках оказывается зависящей от преобладающего

цветового тона. В строках $n-2$ и n сдвиг фаз всегда постоянный и равен 180° . Поэтому при формировании замещающего сигнала для сигналов системы ПАЛ используется задержка, равная длительности двух строк плюс (или минус) половина периода частоты поднесущей цветности, или применяется задержка с коммутатором фазы сфазированного сигнала цветности (рис. 68).

КОРРЕКЦИЯ И ОБРАБОТКА ЦВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ

Воспроизводимый сигнал после демодуляции не всегда может быть подан на выход видеоманитфона, так как он содержит большое количество искажений, вызываемых шумами, импульсными помехами, разбросом характеристик магнитных головок и нарушениями временного масштаба. В результате на цветном изображении возникает полосатость, цветные тянучки после переходов, искривление и качание вертикальных линий, нарушение и даже сбой в работе декодирующего устройства телевизора.

В замкнутых системах цветной телевизор может быть подстроен под сигнал и часть искажений станет незаметна. С целью удешевления в бытовых видеоманитфонах не применяются компенсаторы временных искажений и системы обработки, ограничиваясь коррекцией разброса частотных характеристик головок и компенсацией неустойчивости поднесущей при переносе сигнала цветности. Поэтому телевизионные сигналы с бытовых видеоманитфонов в эфир обычно не передаются.

Профессиональные видеоманитфоны имеют в своем составе системы, которые позволяют не только скомпенсировать вручную или автоматически разброс параметров головок, скорректировать дифференциальное усиление по каналам, но и полностью убрать из сигнала временные искажения и регенерировать его импульсную часть [16]. Принцип коррекции искажений состоит в том, что по выделяемому из воспроизводимого сигнала синхронимпульсам или сигналам цветовой синхронизации определяется временная ошибка и по ней в противофазе регулируется задержка видеосигнала. Ошибка определяется относительно внешнего опорного сигнала или сигнала, выделяемого системой обработки видеоманитфона, регенерирующего импульсную часть воспроизводимого телевизионного сигнала.

На рис. 69 приведена классификация временных корректоров, используемых в современных видеоманитфонах. По форме сигнала, с которым производится коррекция, различают аналоговые и цифровые корректоры. В качестве задерживающих элементов используют различного типа линии задержки с распределенными и сосредоточенными параметрами, а также запоминающие устройства.

На рис. 70 изображена структурная схема широко распространенного аналогового компенсатора временных искажений профессионального видеоманитфона с управляемой линией задержки. Она выполняется в виде набора ЛС-ячеек, в которых в зависимости от потенциала смещения варикапа меняется время задержки каждой ячейки и линии в целом. Входной сигнал параллельно подается в линию 2 и в амплитудный селектор 1, в котором отделяются синхронимпульсы и вспышка, поступающие на фазовый детектор 3. На второй вход детектора приходит опорный сигнал. Сигнал ошибки формируется формирователем 4 в управляющее напряжение. В зависимости от смещения меняется емкость варикапов и в противофазе изменяется время задержки компенсирующей линии. Поскольку в

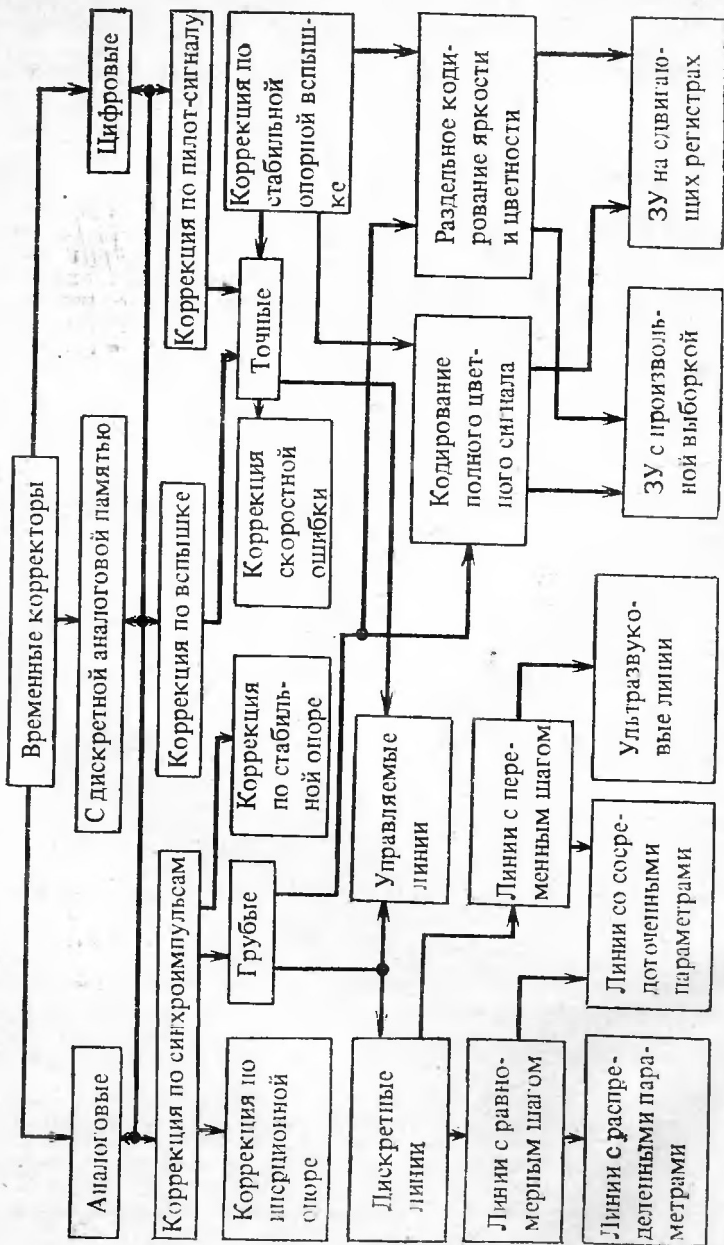


Рис. 69. Классификация компенсаторов временных искажений.

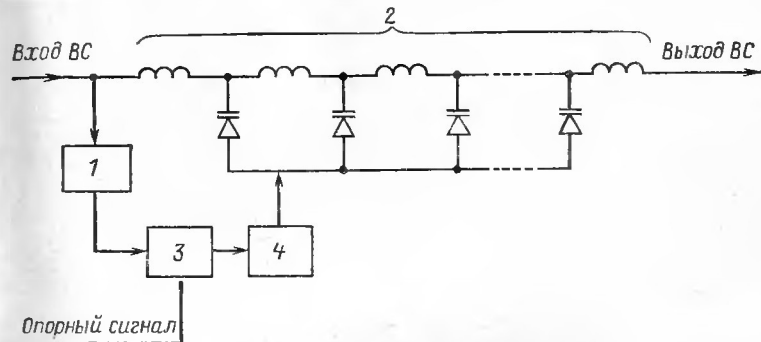


Рис. 70. Структурная схема аналогового компенсатора с управляемой линией задержки.

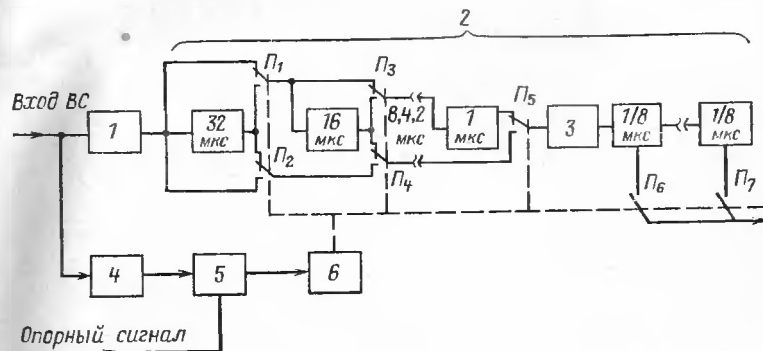


Рис. 71. Компенсатор временных искажений с дискретными линиями задержки.

Для получения широкого диапазона регулирования применяются компенсаторы на дискретных линиях задержки.

В компенсаторе, изображенном на рис. 71, используется набор УЛЗ с задержкой от 32 до 1 мкс (с убыванием по геометрической прогрессии) и восьмисекционная линия с задержкой каждой секции на $1/8$ мкс, которые переключаются электронными ключами $\Pi_1 - \Pi_7$. Из воспроизводимого видеосигнала селектором 4 выделяются синхроимпульсы и подаются в фазовый детектор 5, где вырабатывается сигнал ошибки относительно опорного сигнала. Сигнал ошибки ко-

процессе работы линии изменяется ее сопротивление, то возникают искажения формы выходных сигналов. Поэтому управляемая линия с центральной задержкой 3 мкс обеспечивает компенсацию ошибок в пределах только $\pm 0,5$ мкс. Недостатком компенсаторов с управляемыми линиями является их зависимость от питающих напряжений, температуры и разброса параметров варикапов.

в блоке 5 пилот-сигнал выделяется полосовым фильтром 12, а видеосигнал фильтром 8, далее они подаются в предварительный корректор временных искажений 9. Затем воспроизводимый пилот-сигнал формируется в блоке 13 и поступает на фазовый дискриминатор 18, на второй вход которого приходит пилот-сигнал, сформированный в блоках 16 и 17 из опорной поднесущей цветности. Сигнал ошибки, выделяемый в фазовом дискриминаторе, управляет точным корректором временных искажений 10. Параллельно воспроизводимый пилот-сигнал детектируется в блоке 15 и подается на схему сравнения 11, на второй вход которой приходит постоянный потенциал, устанавливаемый вручную или автоматически, через схему фиксации 14 (P_2). Выходной сигнал схемы сравнения используется в качестве управляющего для автоматической коррекции частотных характеристик каналов воспроизведения. Коррекция временных и частотных искажений с помощью пилот-сигнала необходима при записи цветных телевизионных сигналов с квадратурной модуляцией цветовой поднесущей.

При записи сигналов СЕКАМ в пилот-сигнале нет необходимости. Следует отметить, что при записи по ВЧ стандарту могут возникнуть биения спектральных составляющих частотно-модулированного сигнала и пилот-сигнала, приводящие к муару на изображении. По этой причине применение пилот-сигнала обычно сопровождается переходом на запись по СВЧ стандарту, при котором несущая переносится в область более высоких частот и биений не возникает.

В последнее время аналоговые компенсаторы временных искажений вытесняются цифровыми, которые имеют более широкий диапазон коррекции и стабильнее в работе. Они различаются типом применяемых запоминающих устройств. На рис. 74 изображена упрощенная структурная схема цифрового корректора на запоминающих устройствах (ЗУ) с произвольной выборкой. Запоминающее устройство с произвольной выборкой обычно строится в виде матрицы из запоминающих элементов. Элементы матрицы кодируются по вертикали и горизонтали. Ввод цифр в элементы памяти и вывод их производится по специальным командам в произвольных точках матрицы.

Принцип работы компенсатора состоит в том, что воспроизводимый телевизионный сигнал, преобразованный в цифровую форму тактовыми импульсами, синхронизированными синхроимпульсами, вводится в ЗУ, а затем выводится из него тактовыми импульсами, синхронизированными от внешней опоры. При этом выводимый из ЗУ телевизионный сигнал, вновь преобразованный в аналоговую форму, не содержит временных искажений.

Рассматриваемый цифровой компенсатор четырехголовочного видеоманитофона (рис. 74) корректирует временные искажения и скоростные ошибки. Воспроизводимый видеосигнал параллельно поступает в аналого-цифровой преобразователь 1 и в селектор синхроимпульсов и сигналов цветовой синхронизации 6. Синхроимпульсы запускают генератор тактовых импульсов 9, которые подаются в АЦП и определяют шаг квантования. Тактовые импульсы синхронизируют генератор импульсов записи 10, подключаемых через переключатель P_1 к ЗУ в режиме запоминания. Одновременно от АЦП в ЗУ 2 емкостью на одну строку подаются цифры, несущие информацию о видеосигнале. Они в соответствии с принятым кодом запоминаются ячейками ЗУ в тот момент, когда на ячейки приходят запоминающие импульсы.

В режиме считывания переключатель P_1 подключает к ЗУ генератор импульсов считывания 11. Этот генератор запускается тактовыми импульсами от генератора 12, который синхронизируется синхроимпульсами и вспыхкой от внешней опоры. Считанный сигнал в цифровой форме поступает в буферное ЗУ 3, с произвольной выборкой емкостью на одну строку и управляемое импульсами записи и считывания от генератора 7, который также синхронизируется внешним опорным сигналом. Цифровой сигнал из ЗУ 3 далее приходит в буферное ЗУ 4, предназначенное для компенсации скоростной ошибки. Его емкость выбирается около 280 нс в соответствии с

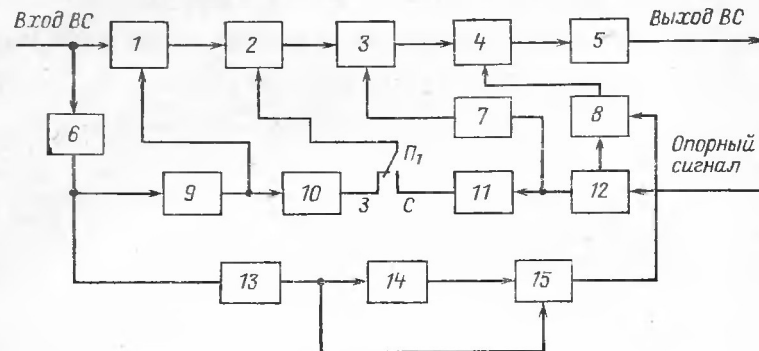


Рис. 74. Цифровой компенсатор временных искажений с коррекцией скоростной ошибки и ЗУ с произвольной выборкой.

периодом поднесущей цветности системы НТСЦ. Буферное ЗУ 4 управляется сигналами, формируемыми в фазовом модуляторе 8, на который подаются импульсы, синхронные с частотой опорной поднесущей цветности.

Выделение скоростной ошибки происходит следующим образом: из воспроизводимого сигнала цветовой синхронизации в блоке 13 формируются импульсы. Линией 14 они задерживаются на строку и сравниваются с незадержанными в фазовом детекторе 15. Сигнал с детектора поступает в фазовый модулятор 8, что позволяет в ЗУ 4 скомпенсировать скоростную ошибку. Считанный с ЗУ 4 цифровой сигнал в цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП) преобразуется в аналоговый видеосигнал и подается на выход.

Для нормальной работы компенсатора временных ошибок, имеющего диапазон коррекции ± 30 мкс, достаточно иметь в его составе ЗУ емкостью на одну строку. При этом видеоманитофон синхронизируется опорным сигналом, имеющим отставание по фазе от воспроизводимого сигнала на 30 мкс. Воспроизводимые сигналы вводятся в ЗУ с произвольной выборкой с опережением на 30 мкс, а считывание производится тактовыми импульсами, синхронными с опорным сигналом. В этом случае даже резкие колебания фазы воспроизводимого сигнала, связанные с коммутацией головок в четырехголовочном видеоманитофоне, не будут искажать изображение, если их величина лежит в пределах диапазона коррекции.

Следует отметить, что цифровые компенсаторы, имеющие ЗУ с произвольной выборкой, могут одновременно являться компенсаторами выпадений, если они имеют память на одну строку. Дело в том, что в матрицу ЗУ при нормальной работе все время вводятся сигналы строки n . Если из-за выпадения подача информации прекращается, то в соответствующих элементах матрицы остаются сигналы, введенные во время передачи предыдущей строки $n-1$. Следовательно, при считывании сигнал во время выпадения замещается сигналом предыдущей строки, что достаточно для компенсации сигналов НТСЦ. Для сигналов СЕКАМ и ПАЛ компенсация выпадений может быть осуществлена, если емкость ЗУ будет составлять две телевизионные строки.

Основным недостатком описанных цифровых компенсаторов является сложность ЗУ с произвольной выборкой. Компенсатор временных искажений с ЗУ на сдвигающих регистрах имеет несколько боль-

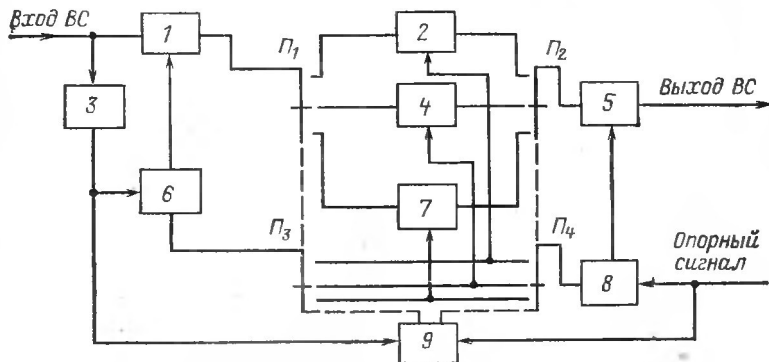


Рис. 75. Скоростной компенсатор временных искажений с ЗУ на сдвигающих регистрах.

ший объем памяти, но значительно проще. Сдвигающий регистр представляет собой запоминающее устройство с последовательным соединением запоминающих элементов. Тактовые импульсы смещают входной сигнал последовательно от одного элемента к другому до тех пор, пока он не достигнет последнего выходного элемента. Если число элементов будет равно числу тактовых интервалов, на которые разбита строка, то время перемещения информации по регистру будет равно длительности строки.

Заполнение регистра происходит с тактовыми интервалами, синхронными с воспроизводимыми синхрипульсами, а считывание с тактовыми интервалами, синхронными с внешним опорным сигналом. Поэтому считываемый сигнал не будет содержать временных искажений. На рис. 75 изображена структурная схема подобного компенсатора.

Входной видеосигнал параллельно подается в АЦП 1 и в селектор 3, выделяющий строчные синхрипульсы, которыми синхронизируется генератор тактовых записывающих импульсов 6 и коммутатор сдвигающих регистров 9. Тактовые импульсы подаются в АЦП и через переключатель П3 в сдвигающие регистры 2, 4, 7. Видеосиг-

нал в цифровой форме с выхода АЦП через переключатель П1 поступает на вход регистров, причем, первая строка записывается в регистр 2, вторая строка — в регистр 4, третья строка — в регистр 7 и т. д. Информация с регистров считывается со средней фазовой задержкой на 1,5 строки тактовыми импульсами, подаваемыми через переключатель П2 от генератора 8, который синхронизируется внешней опорой. Цифровая информация о видеосигнале через переключатель П4 поступает в ЦАП 5, где снова переключается в аналоговый видеосигнал. Следует отметить, что даже при резких изменениях фазы на $\pm 0,5$ строки нет необходимости в одновременном вводе и выводе информации из регистра, что значительно упрощает адресные цепи. В то же время при считывании данных информация удаляется из элементов памяти и для компенсации выпадений или скоростных ошибок требуются дополнительные запоминающие схемы.

Компенсаторы на сдвигающих регистрах удобны для видеоманитофонов с наклонно-строчной записью. В этих видеоманитофонах изменение временной ошибки на активной части изображения происходит плавно, без скачков, а переход головки с одной магнитной строки на другую производится во время кадрового гасящего импульса. Поэтому быстрдействие схем выделения временных ошибок может быть значительно снижено и время их отработки в компенсаторе увеличено.

Принципы аналоговой и цифровой коррекции временных искажений наиболее близко соприкасаются в новых компенсаторах временных искажений, построенных на основе элементов последовательной аналоговой памяти. Эти элементы способны запомнить аналоговый телевизионный сигнал, разбитый на дискретные последовательные интервалы, который затем считывается сигналом, синхронным с внешней опорой. Хотя подобные компенсаторы не имеют в своем составе таких сложных узлов, как АЦП и ЦАП, устройства синхронизации в них отличаются высокой сложностью. В настоящее время компенсаторы с аналоговой последовательной памятью не получили широкого распространения.

В профессиональных видеоманитофонах импульсная часть воспроизводимого сигнала обычно регенерируется с целью ликвидации различного рода помех. При работе с черно-белым сигналом воспроизводимый видеосигнал обычно ограничивается по уровню черного и в него вводятся новые гасящие и синхрипульсы кадровой и строчной частоты. Новые гасящие и синхрипульсы подаются либо от специального синхрогенератора, либо от блока обработки, содержащего селектор и помехоустойчивую АПЧФ инерционных импульсов двойной строчной частоты и специальные формирователи строчных и кадровых гасящих и синхрипульсов.

Регенерация импульсной части воспроизводимого цветного сигнала затрудняется из-за наличия сигнала цветности на строчных и кадровых гасящих импульсах. Существуют два различных способа обработки цветных сигналов. При первом способе сигнала цветности отделяются и подвергаются обработке только во время гасящих интервалов. При втором способе сигнал яркости отделяется от сигнала цветности, регенерируется так же, как при работе с черно-белыми сигналами, и затем снова суммируется с сигналом цветности.

Упрощенная структурная схема блока обработки без полного разделения сигналов яркости и цветности приведена на рис. 76. Входной видеосигнал поступает на схему управляемой фиксации по уровню гасящих 1, на которую подаются импульсы фиксации, сфор-

мированные схемой формирования 7 из строчных синхрипульсов. Затем сигнал параллельно подается на ограничитель 2 по минимуму и на ключевой каскад 8. После ограничения сигнал приходит в смеситель 3, где в него замешиваются новые гасящие импульсы, а затем в ограничитель 4 по максимуму. Ключевой каскад пропускает сигнал четности в усилитель 10 в тот момент, когда на него поступают импульсы, сформированные усилителем 9 из СС. Видеосигнал суммируется в сумматоре 5 с сигналом четности, затем в сумматоре 6 в него замешиваются СС. Далее полный телевизионный сигнал усиливается усилителем 11 и подается на выход видеомагнитофона.

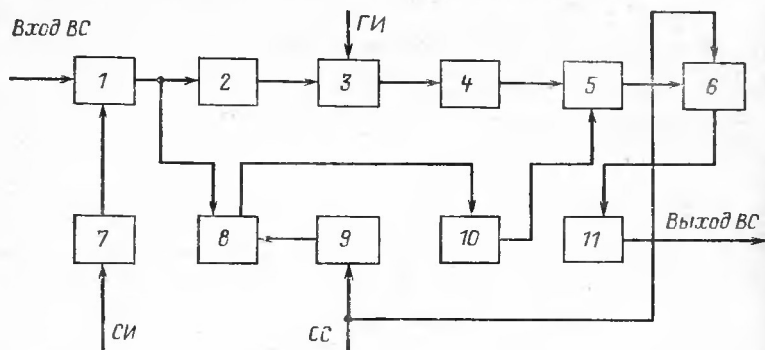


Рис. 76. Структурная схема блока обработки без полного разделения сигналов яркости и цветности.

Рассматриваемый способ обработки не вносит никаких искажений в активную часть телевизионного изображения, что является его преимуществом, однако временные искажения могут внести помехи в работу ключевого каскада, что исключается при втором способе обработки.

Упрощенная структурная схема блока обработки с полным разделением сигналов яркости и цветности приведена на рис. 77. Воспроизводимый видеосигнал с выхода усилителя 1 параллельно поступает в селектор 12 на ФНЧ 2 и линию задержки 6, вместе с вычитающим каскадом 7 образующих схему разделения сигналов яркости и цветности. Сигнал яркости проходит устройство управляемой фиксации 3, смеситель 4, где в него замешиваются новые гасящие импульсы, и попадает после ограничения по уровню черного в ограничитель 5 и в сумматор 10. Сигнал цветности с выхода вычитающего устройства 7 через схему антисовпадений 9 подается на второй вход сумматора 10. В сигнал, полученный после суммирования сигналов яркости и цветности в смесителе 11, замешиваются регенерированные СС, сформированные схемой формирования 14, после чего полный телевизионный сигнал подается на выход видеомагнитофона.

В состав селектора входят управляемая схема фиксации и схема выделения синхрипульсов с управляемым порогом срабатывания, чем обеспечивается точность фиксации их временного положения

± 20 нс. На выходе селектора образуются строчные и кадровые синхрипульсы, фиксирующие синхрипульсы и сложный сигнал. Регенерированные импульсы двойной строчной частоты формируются схемой ФАПЧ 13, которая подстраивается сигналами от селектора. С помощью этих импульсов схемой 14 формируется регенерированный СС и гасящие импульсы, подаваемые в смесители 4 и 11. Из строчных импульсов схемой 8 формируются стробирующие импульсы, запирающие каскад антисовпадений во время отсутствия в сигнале цветовой поднесущей, чем повышается помехоустойчивость канала цветности. В состав блока обработки входит устройство 15, опреде-

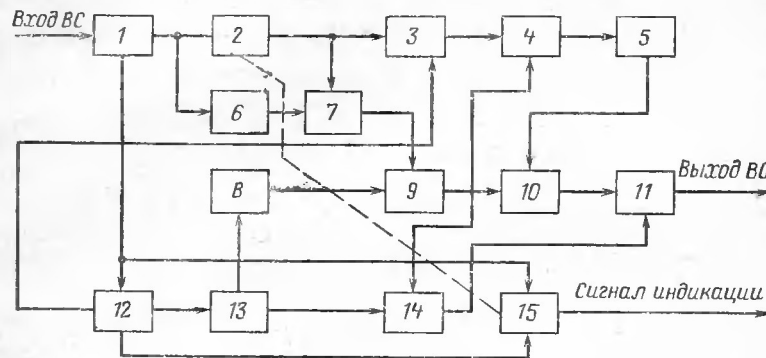


Рис. 77. Упрощенная структурная схема блока обработки с разделением сигналов яркости и цветности.

ляющее наличие в сигнале цветовой поднесущей и порядок чередования сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} в сигналах системы СЕКАМ.

Рассмотренный блок обработки цветových сигналов применяется в профессиональных видеомагнитофонах типа «Кадр-3П». В состав профессионального видеомагнитофона типа «Кадр-5» включается специальный синхрегенератор, с помощью которого формируются все необходимые для регенерации импульсные сигналы и осуществляется их фазировка [17].

Следует отметить, что применение цифровых компенсаторов временных искажений позволяет исключить из состава профессиональных видеомагнитофонов блоки обработки импульсной части телевизионных сигналов. При преобразовании воспроизводимого аналогового сигнала в цифровой и обратно происходит полное формирование нового видеосигнала, что исключает его дополнительную обработку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Магнитная запись цветových телевизионных сигналов существует менее двух десятков лет. Непрерывно совершенствуются способы записи, ленты, магнитные головки, механизмы и схемотехника видеомагнитофонов. Особенно важное влияние на этот процесс оказывает

широкое применение интегральных схем и интегральной технологии. Появились первые сообщения об интегральных головках, больших интегральных схемах (БИС), заменяющих блок памяти или блок переноса сигнала цветности. То, что раньше казалось слишком сложным, в настоящее время может быть решено с помощью нескольких БИС. Вместе с тем общие тенденции магнитной записи, состоящие в постоянном сокращении объемов носителя информации, повышении плотности записи, упрощении механической части магнитофонов продолжают сохраняться. По-видимому, в ближайшие годы в телевизионном вещании будет использоваться лента шириной 25,4 мм вместо 50,8 мм, одноголовочные и двухголовочные видеомагнитофоны вместо четырехголовочных. В области бытовой техники появятся видеомагнитофоны с меньшими размерами кассет, более простой конструкции; видеомагнитофоны с неподвижными многоканальными головками.

Коренное изменение способов записи цветных изображений произойдет с появлением цифровых видеомагнитофонов. В настоящее время для превращения цветного телевизионного сигнала из аналоговой в цифровую форму используется слишком большой объем высокоскоростной информации (от 30 до 120 М бит в с). Записать такой цифровой поток на магнитную ленту пока весьма сложно. Однако в научно-исследовательских лабораториях разрабатываются, с одной стороны, методы сокращения потока информации, а с другой — способы его записи на магнитный носитель. Создание цифровых видеомагнитофонов для записи цветных телевизионных программ — дело вполне реальное. По-видимому, в дальнейшем все видеомагнитофоны станут цифровыми и будут использоваться для записи не только телевизионной, но и другой разнообразной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Певзнер Б. М. Системы цветного телевидения. — Л.: Энергия, 1969.
2. Лазарев В. И., Лишин Л. Г., Пархоменко В. И. Бытовые видеомагнитофоны. — М.: Энергия, 1971.
3. Гончаров А. В. и др. Техника магнитной видеозаписи. — М.: Энергия, 1978.
4. Михневич А. В. Лентопротяжные механизмы. — М.: Энергия, 1971.
5. Лишин Л. Г. Запись цветных телевизионных сигналов на узкополосных видеомагнитофонах. — В кн.: Вопросы магнитной записи электрических сигналов, вып. 2. — М.: Связь, 1973, с. 196—205.
6. Лишин Л. Г., Лазарев В. И., Пархоменко В. И. Видеомагнитофон «Кадр-103». — Техника кино и телевидения, 1975, № 1, с. 45—51.
7. Молодцов В. Е. О демодуляции ПМ колебания с удвоением частоты. — Радиотехника, 1974, № 10, с. 29—30.
8. Кретов С. Д., Лишин Л. Г., Плаксин Е. П., Степанов В. И. Режим стоп-кадра двухголовочного видеомагнитофона. — Техника кино и телевидения, 1975, № 3, с. 47—50.
9. Справочник радиолюбителя-конструктора. — М.: Энергия, 1977.
10. Лишин Л. Г., Катопуло В. И. Перенос спектра сигналов цветности при магнитной видеозаписи. — Техника кино и телевидения, 1974, № 6, с. 51—56.
11. Шендерович А. М., Сельванов Л. А. Передача сигналов цветного телевидения по линиям связи. — М.: Связь, 1973.
12. Лишин Л. Г., Катопуло В. И. Блок цветности для записи сигналов СЕКАМ—ЗБ на узкополосном видеомагнитофоне. — Техника кино и телевидения, 1973, № 1, с. 46—50.
13. Шульман М. Г., Баланин Л. Н., Алексеев А. В. Запись цветных ТВ сигналов на видеомагнитофоне ЛЮМО типа ВК. — Техника кино и телевидения, 1975, № 1, с. 51—56.
14. Бессуднов Р. П. Уменьшение помех при записи сигнала цветности системы СЕКАМ методом переноса спектра. — Техника кино и телевидения, 1978, № 1, с. 58—62.
15. Смирнов Б. В., Лишин Л. Г., Сакс Е. К. Компенсация выпадений при воспроизведении сигналов цветного телевидения системы СЕКАМ. — Техника кино и телевидения, 1975, № 5, с. 55—61.
16. Штейн А. Б., Мучиев С. Г., Гергель О. А. Система регенерации телевизионных сигналов для видеомагнитофона. — Техника кино и телевидения, 1975, № 2, с. 39—46.
17. Пархоменко В. И., Гончаров А. В. Видеомагнитофон «Кадр-5». — Техника кино и телевидения, 1976, т. 9, с. 39—41.

- Мамчев Г. В. Стереотелевидение. — 5 л. — 40 к.
- Тихомиров В. С. Видеоустройства приемника
цветного телевидения. — 5 л., — 40 к.
- Василевский Д. П. Частотные предискажения
в магнитофонах. — 4,5 л., — 35 к.
- Вознесенский Ю. А., Клименко Г. К. Квадрафо-
ния. — 7,5 л., — 55 к.
- Медведовский Д. С., Гузевич О. Н. Электро-
музыкальные щипковые инструменты. — 10,5 л.,
— 80 к.
- Бартенев В. Г. Универсальный измерительный
прибор. — 3 л., — 25 к.
- Шилов В. Ф. Измерительные приборы на элект-
ронно-световом индикаторе. — 4 л., — 30 к.

