

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ТЕЛЕВИДЕНИЮ И РАДИОВЕЩАНИЮ

---

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТЕЛЕВИДЕНИЯ И РАДИОВЕЩАНИЯ

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ  
В ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ  
ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ  
НАКЛОННО-СТРОЧНОЙ ЗАПИСИ

Сборник научных трудов

**Редакционная коллегия:**

В. В. Быков, Ю. Б. Волегов, А. Ф. Ермолаева, Л. Г. Лишин, И. Л. Мартынова, А. С. Мкртумов, Ю. В. Пелевин, В. А. Петропавловский, А. Р. Раковский, А. Б. Штейн, А. Л. Штейнберг, В. И. Щербина

Научный редактор к. т. н. Л. Г. Лишин

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

## ВНЕДРЕНИЕ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ «КАДР-103Ц» В ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ

В двенадцатой пятилетке решениями партии и правительства поставлены серьезные задачи по улучшению качества телевизионных программ, расширению объема телевизионного вещания и улучшению его материально-технической базы.

В работе [1] приведены основные данные, характеризующие состояние материально-технической базы для подготовки телевизионных программ в нашей стране. При этом планируется параллельное развитие и серийное производство как аналогового, так и цифрового записывающего оборудования. Ниже рассматриваются вопросы создания и освоения в серийном производстве наклонно-строчных аналоговых видеомагнитофонов, работающих на ленте шириной 25,4 мм, — основного вида профессионального оборудования двенадцатой пятилетки.

В настоящее время на телецентрах страны преобладает аппаратура III поколения. В одиннадцатой пятилетке проводилась большая работа по оснащению телецентров этим оборудованием [2]. Основное видеозаписывающее оборудование III поколения — студийный четырехголовочный видеомагнитофон «Кадр-ЗПМ», работающий по формату «Q» на ленте шириной 50,8 мм, модернизированный в 1984 г. В основном модернизация касалась введения в аппарат системы монтажа по адресно-временному коду. Формат «Q», применяемый в течение 25 лет для профессиональной видеозаписи, остался неизменным. Следовательно, остались неизменными известные недостатки, присущие аналоговым видеомагнитофонам этого типа. Это — большие эксплуатационные расходы, вызываемые высокой стоимостью видеоленты, износом видеоголовок и большой энергоемкостью; большие масса и габариты катушек с лентой; отсутствие режимов воспроизведения с переменной скоростью ленты, позволяющих осуществлять спецэффекты и облегчающих монтаж, и т. д. Эти проблемы позволяют решить только переход телевещания на новые форматы записи.

Подробный технико-экономический анализ, сделанный в начале 70-х годов [3], показал, что для профессиональной аналоговой видеозаписи целесообразно уменьшать ширину ленты. За прошедшее десятилетие для ленты шириной 25,4 мм зарубежными фирмами были предложены одноголовочные несегментные форматы «А», «D», полтораголовочный формат «С» и двухголовочный сегментный формат «В». Ранее во ВНИИТР был разработан одноголовочный видеомагнитофон «Кадр-103» с форматом записи, близким к формату «А» [4], но в котором запись сигнала управления производилась в центре ленты с наложением на видеострочки. С помощью этих видеомагнитофонов на Волгоградском РТЦ в 1975 г. впервые в СССР, были переданы в эфир черно-белые программы [5]. Запись проводилась на ленте с рабочим

слоем из гамма-окисла железа видеоголовками ВГ-2У, имевшими металлический сердечник. Обработка и коррекция временных искажений осуществлялась с помощью аналогового корректора РГ-100 [6]. Качество воспроизводимого сигнала (ВС) уступало по отношению сигнал/шум и импульсным характеристикам сигналу, воспроизводимому видеомагнитофоном, работающим по формату «Q». Поэтому первые одноголовочные видеомагнитофоны применялись в основном для репортажных целей в составе передвижных репортажных телевизионных станций (ПРТС) [7]. Появление ленты с рабочим слоем из двуокиси хрома и создание во ВНИИТР головок из горячепрессованного феррита [8], имевших более высокую износостойкость и лучшие характеристики на высоких частотах, позволили записать на видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» цветные телевизионные сигналы системы СЕКАМ. В 1977 г. состоялись первые передачи в эфир цветных программ [9]. Опытная эксплуатация аппарата на Вильнюсском РТЦ вскрыла основные недостатки формата, примененного в видеомагнитофоне «Кадр-103». Допустимый размер форматного выпадения, размещенного между строками цветоопознавания и интервалом активной части поля сигнала изображения, требовал максимального сближения входной и выходной направляющих на блоке видеоголовок (БВГ), что приводило к местным деформациям магнитной ленты. Сигнал управления, который записывался с наложением, несмотря на наклон рабочего зазора головки, давал помеху на изображении. Стало ясно, что с целью получения необходимых для телевизионного вещания высоких значений параметров воспроизводимого цветного телевизионного сигнала формат записи в видеомагнитофоне должен быть изменен. К началу 1979 г. международная стандартизация формата записи для ленты шириной 25,4 мм была фактически завершена в форме двух несовместимых форматов «В» и «С» [9]. Позднее эти форматы были приняты Советским Союзом в рамках рекомендаций МЭК и ОИРТ, причем применение того или иного формата для международного обмена не ограничивалось.

Необходимо подчеркнуть, какое важное значение имеет выбор одного формата записи для телевизионного вещания для такой огромной страны, как Советский Союз. Затруднения при широком обмене программами между телецентрами, наличие двух видов аппаратуры в аппаратных, специальные аппаратные «перегона», усложненная работа редакций и видеотек — вот далеко не полный перечень недостатков при применении различных форматов в телевещании. Технико-экономический анализ, учитывающий опыт эксплуатации аппаратуры ведущих фирм за рубежом, показал что для СССР предпочтительнее формат «С» (рис. 1). Решающими факторами в пользу выбора этого формата были признаны следующие:

— несегментный способ записи одной головкой исключает полосатость изображения и помехи, вызываемые неидентичностью параметров видеоголовок, что особенно важно при многократном копировании;

— конструкция БВГ формата «С» может быть выполнена таким образом, что изношенные видеоголовки могут заменяться индивидуально, что значительно упрощает эксплуатацию аппаратуры и стоимость ремонта;

— система автоматического слежения за магнитной строчкой и цифровой корректор временных искажений дают возможность реализовать режимы стоп-кадра, замедления, ускорения и просмотра изображений при перемотках, без блока электронной памяти на кадр;

— воспроизводящая видеоголовка позволяет осуществить контроль за качеством записи непосредственно во время записи программы.

Несколько усложненная заправка ленты в ЛПМ формата «С» по

сравнению с ЛПМ формата «В» является серьезным отрицательным аргументом, однако обслуживание аппаратуры на телецентрах осуществляется специально обученным квалифицированным персоналом. Последующий выпуск профессиональных видеомagneтофонов в Японии, США и других странах раскрыв ряд дополнительных преимуществ формата «С», что способствовало его широкому распространению в мире. Например, в этом формате может быть реализован режим:

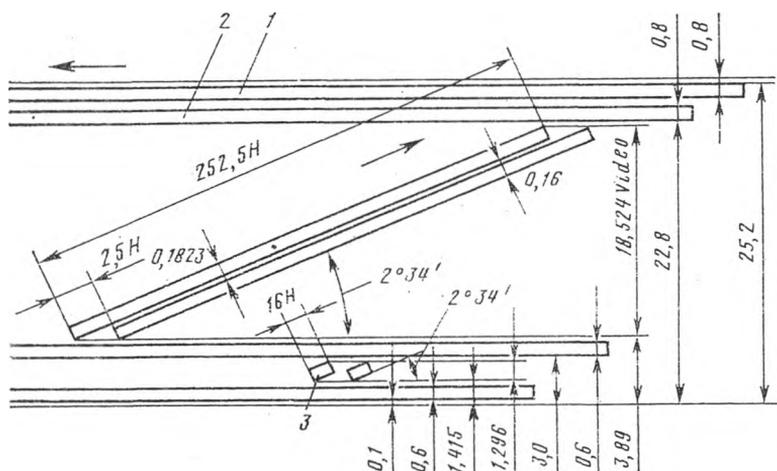


Рис. 1. Видеофонограмма формата «С»

записи одиночных кадров на неподвижной ленте, что удобно при создании мультипликационных фильмов, он позволяет реализовать режим подгонки длительности программы, при котором длительность фрагмента плавно изменяется в пределах  $\pm 10\%$  незаметно для телезрителя и т. д.

В настоящее время выпущен ГОСТ на видеофонограмму на ленте шириной 25,4 мм, который рекомендует для телевещания в СССР указанный формат. Запись изображения в формате «С» (рис. 1) происходит на одной строчке (длительность 411 мм, ширина 160 мкм, промежуток 50 мкм).

Номинальная скорость ленты 24 см/с достаточна для высококачественной записи двух стереофонических звуковых сигналов, которые записываются по верхнему краю ленты на двух параллельных дорожках. Относительная скорость головка/лента 21 м/с позволяет применить для записи изображения практически такую же расстановку частот, как в формате «Q». Под видеострочками, идущими под углом  $2^{\circ}34'$ , записывается продольная дорожка с контрольным сигналом, состоящим из импульсов, следующих с частотой полукадров, и монтажных импульсов с частотой 12,5 Гц. По нижнему краю ленты записывается продольная дорожка с адресно-временным кодом *SMPTE*. Между дорожками с контрольным сигналом и кодом записывается синхрострочка, на которой помещается информация, соответствующая форматному выпадению (интервал телевизионного сигнала от 2 до 16 строки в первом полукадре и от 313 до 328 строки во втором). Синхрострочки записываются дополнительной видеоголовкой, смещенной на угол  $30^{\circ}$  относительно основной. Всего на вращающемся барабане БВГ под углом  $120^{\circ}$  устанавливаются три головки для записи, воспроизведения и стирания видеострочек и три — для синхрострочек.

В случае использования формата *C/EBU* синхроголовки заменяются имитаторами — сердечниками, не имеющими обмоток. На месте синхрострочек записывается дополнительный 4-й звуковой канал, который обычно используется для режиссерских пояснений. Этот участок ленты может остаться незаписанным.

Чтобы перевести советское телевизионное вещание на новый носитель записи нужно было создать базовый профессиональный видеомagnитофон, соответствующий одному из международных форматов записи, пригодный для серийного производства на отечественных заводах. Эта задача была решена в конце 80-х годов. За основу был принят формат *C/EBU* при условии индивидуальной замены каждой головки. Разработка наклонно-строчного видеомagnитофона, стоящего на уровне зарубежных образцов и не уступающего по своим параметрам (имеются в виду параметры канала изображения) серийному видеомagnитофону формата «Q», представляла сложную научно-техническую проблему. Нужно было создать не только ряд новых систем видеомagnитофона (преобразования видеосигнала, управления и автоматического регулирования, автотрекинга, цифровой обработки и временной коррекции видеосигнала и др.), но и разработать ряд новых комплектующих элементов и узлов, в частности, видеоголовки, прецизионные двигатели постоянного тока, пьезокерамические преобразователи, бесконтактные токосъемники, аналого-цифровые и цифро-аналоговые высокоскоростные преобразователи, специальные виды покрытий и новые технологические процессы высокоточной механической обработки узлов и их регулировки. В 1984 г. был разработан и прошел испытания видеомagnитофон «Кадр-103СЦ» [5] (рис. 2), в состав которого вошел специально разработанный в виде отдельного модуля цифровой корректор временных искажений [10].

Угруппированная структурная схема видеомagnитофона приведена на рис. 3. Основными модулями видеомagnитофона являются блок записи-воспроизведения и цифровой корректор, вспомогательными — блок адресно-временного кода (БВК), блок контроля и коммутации (БК), к которому подключаются осциллограф, видеоконтрольное устройство, микрофон и громкоговоритель. Все блоки располагаются в вертикальной стойке, имеющей колеса и домкраты для перемещения и установки в студии. Каждый блок имеет автономный источник питания. При размещении в автомашине модули могут быть разнесены и индивидуально закреплены. Основные технические характеристики видеомagnитофона приведены в табл. 1. Все электронные системы размещены на печатных платах трех типоразмеров (всего 84 типа блоков), в их состав входит около 2000 интегральных схем и 500 транзисторов и диодов. Структура электронных систем — смешанная, аналого-цифровая, а способ записи изображения — аналоговый с частотной модуляцией. Звуковые сигналы и код записываются на продольных дорожках с высокочастотным подмагничиванием.

Основным узлом видеомagnитофона является лентопротяжный механизм. При выборе кинематической схемы большое внимание уделялось уменьшению трения в тракте ЛПМ и снижению деформации ленты особенно при работе в старт-стопных и переходных режимах. С этой целью в тракт были введены эластичные развязки, а ведущий вал помещен между БВГ и блоками звуковых головок. Все узлы ЛПМ устанавливаются на литую плату сверху в соответствующие ячейки. С целью удобства ремонта плата в каркасе закреплена на шарнирах и может откидываться вперед на 120°, при этом видеомagnитофон сохраняет работоспособность, так как панель управления также откидывается вперед без отключения питания. В боковых узлах ЛПМ применены коллекторные двигатели постоянного тока с плоским ротором типа ДПУ и оптические таходатчики. Двигатели такого же типа, но

меньшей мощности, используются в ведущем узле и БВГ. Ведущий узел выполнен с непосредственным приводом от встроенного двигателя, имеет магнитный таходатчик, сигналы которого использованы в системах автотрекинга и регулирования скорости ленты (САР-СЛ). Эластичные развязки, установленные справа и слева от ведущего узла, состоят из обводного ролика и рычага с пружиной, закрепленного на оси синусно-косинусного трансформатора. Одновременно они являются датчиками системы натяжения.

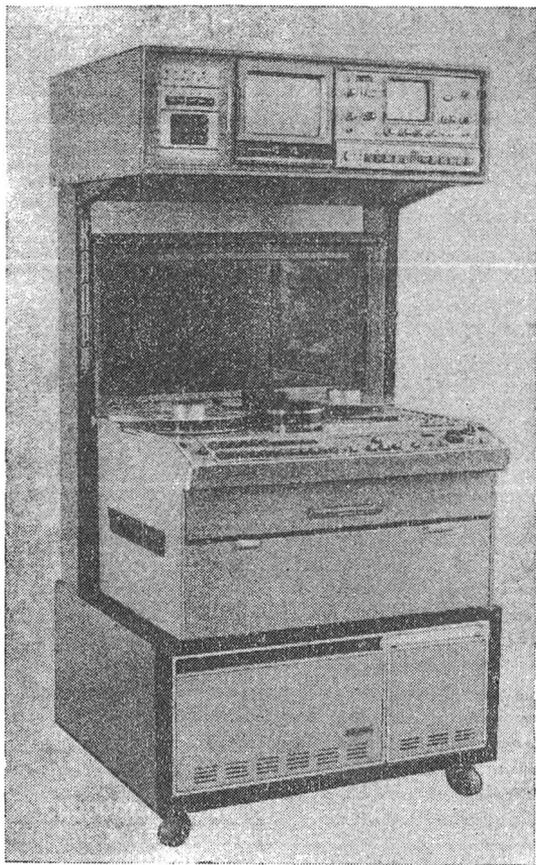


Рис. 2. Студийный видеомаягнитофон  
«Кадр-103СЦ»

Наиболее сложным электромеханическим узлом видеомаягнитофонов является блок вращающихся головок, выполненный в виде съемной конструкции, основу которой составляет электродвигатель ДПУ с полым валом, помещенный в нижнюю неподвижную часть БВГ. В верхней вращающейся части размещаются съемные видеоголовки в специальных обоймах и предварительный усилитель воспроизведения с коммутатором. Установка головок в обоймах производится с помощью приспособлений на заводе, а их замена на телецентрах не требует точных механических регулировок. Высокочастотные сигналы передаются на головки и предварительный усилитель с помощью бес-

контактных ферритовых токосъемников, а управляющее напряжение на пьезокерамическую пластину, питание усилителя и коммутирующие сигналы — через многоканальный контактный токосъемник. Внутри БВГ размещены два таходатчика частоты вращения верхнего барабана, сигнал которых поступает в САР-СД. На нижнем барабане БВГ устанавливается опорная лента, положение которой регулируется с большой точностью. Входная и выходная направляющие, закрепленные на неподвижных опорах специальными механизмами, с высокой точностью регулируются с помощью измерительных лент.

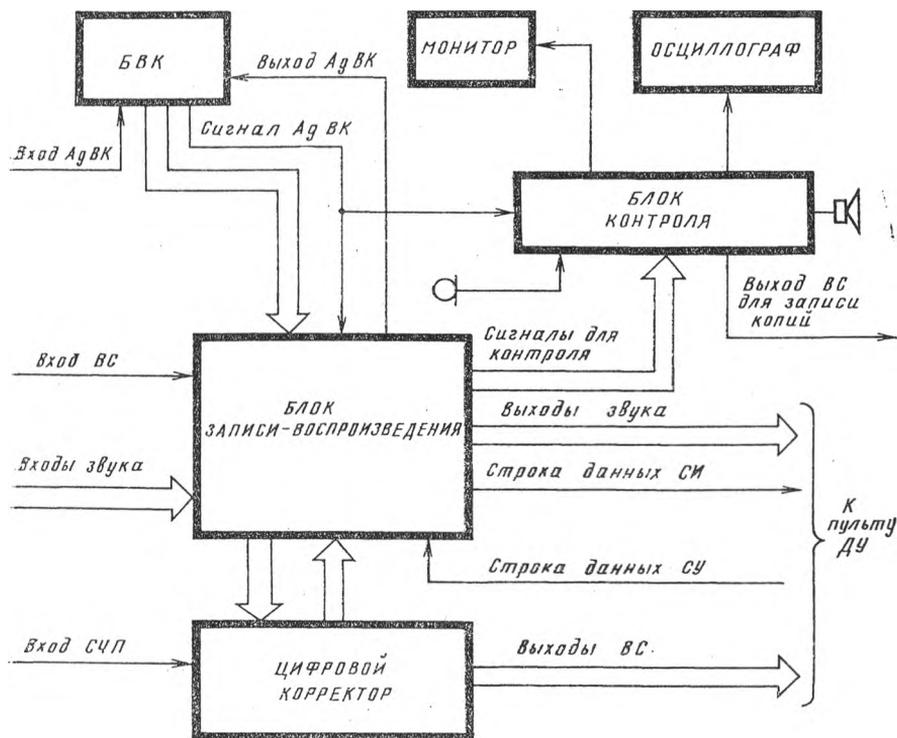


Рис. 3. Увеличенная структурная схема видеомagneтoфона «Кадр-103СЦ»

Освоение технологии изготовления высокоточных деталей ЛПМ и БВГ, их сборка и регулировка, вызывали наибольшие трудности при внедрении видеомagneтoфона в серийное производство. Ряд узлов и деталей имеет допуски 1–4 мкм. Чтобы их достигнуть потребовалось точнейшее станочное оборудование, специальные помещения и новые технологические процессы.

ЛПМ размещается горизонтально в сварном каркасе, имеющем две кассетницы, панель управления и вводной щиток. В верхней кассетнице установлены электронные блоки звуковых каналов, а в нижней — электронные блоки остальных систем видеомagneтoфона. Оперативные органы управления видеомagneтoфоном расположены на панели управления, рабочая часть которой разбита на три зоны. В центральной зоне — кнопки управления основными режимами и четыре стрелочных индикатора. Справа — многофункциональная ручка плавной регулировки и кнопки включения режимов перемотки, замедления, ускорения, шага и синхронизации двух видеомagneтoфонов. Слева —

кнопки управления режимами монтажа и цифровой индикатор с памятью, на который подается адресно-временной код или показания счетчика метража ленты.

Таблица 1  
Основные характеристики видеомагнитофонов формата „С“

Параметры	VPR-6 Ampex США	BVH-2180 Sony Япония	HR-210 Hitachi Япония	КАДР-103СЦ СССР
Габариты, мм	1880×838×673	1910×900×900	1800×810×690	1700×850×700
Масса, кг	304	305	290	240
Потребляемая мощность, кВт	1,0	0,9	1,33	1,0
Время записи, мин	120	180	90	90
Время перемотки, мин	1,7	1,9	1,5	1,5
Время входа в синхронизм, с	3	2	6	2
<b>Канал изображения</b>				
Полоса частот, МГц	6,0	5,5	6,0	6,0
Сигнал/шум, дБ	43	43	44	42
Муар, дБ	36	35	35	36
Дифф. усиление, %	4	4	4	5
Дифф. фаза, град	4	4	4	4
Нелинейные искажения, %	2	1	2	3
К <sub>ф</sub> , %	1	1	1	1,5
Диапазон спецрежимов воспроизведения	$-V_H + 3 V_H$	$-V_H + 3 V_H$	$-0,25 V_H$ $+1,5 V_H$	„стоп-кадр“ $+ 0,25 V_H$ $+ 2 V_H$
<b>Звуковые каналы</b>				
Полоса частот, кГц	18	15	15	16
Сигнал/шум, дБ	56	56	56	52
Нелинейные искажения, %	3	3	3	3
Детонация, %	0,1	0,1	0,1	0,12

На рис. 4 приведена упрощенная структурная схема блока записи-воспроизведения. Современная элементная база и высококачественные горячепрессованные ферритовые головки позволили получить высокие параметры каналов изображения и звука, приведенные в табл. 1. Они сохраняются в различных режимах работы видеомагнитофона [11]. Для удобства настройки блока записи-воспроизведения и обеспечения подсмotra изображения в режимах перемотки на выходе демодулятора установлен блок предварительной обработки воспроизводимого сигнала с управляемой фиксацией уровня черного и защитой от импульсных помех, с которого сигнал подается на ЦКВИ. Схемы коррекции выполнены с учетом характеристик применяемых головок. Системы авторегулирования обеспечивают стабилизацию частоты вращения БВГ и скорости ленты не только в режиме воспроизведения с номинальной скоростью  $V_H$ , но и на дискретных кратных скоростях  $0,25 V_H$ ,  $0,5 V_H$ ,  $2 V_H$ . На этих скоростях, а также при «стоп-кадре» и «шаге» прижимной ролик подводит ленту к ведущему валу и сохраняет стабильное натяжение ленты в спецрежимах воспроизведения. С помощью системы управления и натяжения обеспечиваются плавные «бесстоповые» переходы от «перемотки» к «воспроизведению» и «стоп-кадру», автоматический поиск заданных точек монтажа по заложенному алгоритму и остановка ЛПМ перед концом или в начале намотки ленты на катушку. Система автотрекинга управляет положением

воспроизводящей видеоголовки во всех режимах воспроизведения и в режиме «запись» с целью контроля за качеством и содержанием программы. Встроенные системы монтажа и дистанционного управления (ДУ) обеспечивают: просмотр программы с одновременной записью кода; разметку трех выбранных точек; автоматический поиск выбранных точек и предустановку на 6 с; предварительную репетицию монтажа в режимах «вставка» и «продолжение»; коррекцию разметки в

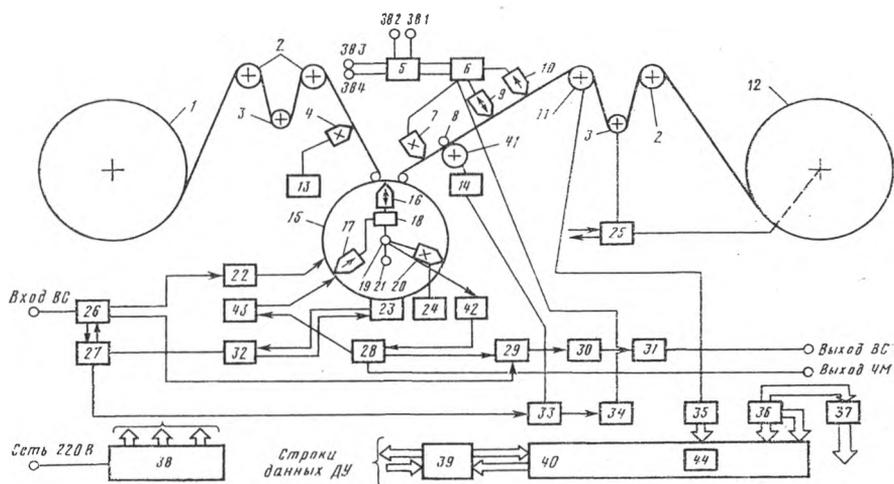


Рис. 4. Структурная схема блока записи-воспроизведения:

1 — подающая катушка; 2 — ролики; 3 — датчики натяжения; 4 — блок стирающих головок; 5 — система звуковых каналов; 6 — предварительный усилитель; 7 — блок звуковых стирающих головок; 8 — ведущий вал; 9 — блок универсальных звуковых головок; 10 — блок воспроизводящих звуковых головок; 11 — датчик скорости; 12 — приемная катушка; 13 — генератор стирания; 14 — привод ведущего узла; 15 — блок вращающихся видеоголовок; 16 — универсальная видеоголовка; 17 — воспроизводящая видеоголовка; 18 — предварительный усилитель; 19 — токосъемник воспроизведения; 20 — стирающая видеоголовка; 21 — токосъемник записи; 22 — усилитель записи; 23 — электродвигатель блока вращающихся видеоголовок; 24 — генератор видеостирания; 25 — система натяжения ленты; 26 — модулятор; 27 — опорный селектор; 28 — корректор ЧМ; 29 — ограничитель; 30 — демодулятор; 31 — блок предварительной обработки; 32 — САР-СД; 33 — САР-СЛ; 34 — канал управления; 35 — счетчик; 36 — система управления; 37 — система электронного монтажа; 38 — система питания; 39 — система ДУ; 40 — панель управления; 41 — прижимной ролик; 42 — усилитель воспроизведения; 43 — система автотрекинга; 44 — система контроля

режимах «замедление» и «шаг»; автоматический монтаж фрагментов программы на двух или нескольких видеомагнитофонах при управлении ими с пульта электронного монтажа. Подача 32 команд по системе ДУ производится путем их предварительного уплотнения в строку команд управления и в строку команд исполнения. Передача строк с командами происходит с частотой телевизионных строк, а их синхронизация производится от кварца или внешней опоры.

Выбранный способ передачи команд по системе ДУ обеспечивает высокую достоверность и быстродействие, что особенно важно при применении видеомагнитофонов в монтажных аппаратах. Вместе с тем, он не соответствует международным рекомендациям, что станет препятствием при создании автоматизированных монтажных аппаратов. Предполагается оснастить видеомагнитофон микропроцессорным интерфейсом [12], который будет преобразовывать стык и протокол, соответствующие Рекомендации 3245Е EBU, в строки данных видео-

магнитофона «Кадр-103СЦ». Блок контроля видеоманитофона позволяет подать на ВКУ или на осциллограф входные и выходные сигналы, проконтролировать ЭДС головок, работу автотрекинга и системы АдВК. Для удобства измерения канала изображения при подаче комбинированных измерительных сигналов с пропуском строк в БК имеется задержанная регулируемая развертка осциллографа. Временной код отображается на индикаторе панели управления и на ВКУ с наложением на изображение. Предусмотрен выход ВС с кодом для записи копии на кассетных видеоманитофонах с целью облегчения внедрения на телецентрах монтажа «по копиям».

Внедрение в телевизионное вещание нового формата записи и ленты шириной 25,4 мм связано с обеспечением взаимозаменяемости и контролем важнейших параметров видеофонограмм в условиях телецентров. С этой целью в 1986 г. был разработан во ВНИИТР комплекс аппаратуры «Кадр-103ЛВ» и «Кадр-103ЛЗ» для записи измерительных лент (ЛИМ). В комплект ЗИП видеоманитофона входят следующие измерительные ленты:

- 25.ЛИМ.В.И2.24 — для контроля параметров видеоканала;
- 25.ЛИМ.В.З.Ч.24 — для контроля частотных характеристик звуковых каналов;
- 25.ЛИМ.В.З.У.24 — для контроля уровня;
- 25.ЛИМ.В.Т.24 — для проверки тракта ЛПМ;
- 25.ЛИМ.К.В.24 — для проверки комплексатора выпадений видеоманитофона.

Комплект позволяет оперативно проверить в условиях телецентров основные параметры каналов изображения и звука, их фазировку и соответствие видеоманитофона формату *C/EBU*.

Внедрение в телевещание формата «С» создает новые возможности для подготовки телепрограмм, так как видеоманитонфон позволяет останавливать ленту в любом месте, не теряя изображения, наблюдать за ним при перемотках и поиске. Так как монтаж программ становится «видимым», то снимается эмоциональная нагрузка режиссеров. В сочетании с электронной памятью на кадр, дисковыми видеоманитофонами и синхронными многодорожечными магнитофонами видеоманитофоны формата «С» открывают новые возможности перед творческим персоналом.

Для работы с видеоманитофонами «Кадр-103СЦ» создаются несколько типов аппаратных видеозаписи, характеристики которых приведены в табл. 2.

Аппаратная ВМА-1 предназначена для небольших телецентров, в которых нет расчленения технологических процессов подготовки программ, а объем собственных передач мал. В ней два видеоманитофона будут использоваться для записи оригиналов программ, монтажа (без спецэффектов и микширования) и для выдачи программ в эфир. Пульт ПЭМ-2 с помощью системы дистанционного управления обеспечивает управление двумя видеоманитофонами и коммутаторами линий. В аппаратной имеется контрольно-измерительная аппаратура: генератор испытательных сигналов, синхрогенератор и кодирующее устройство и осциллограф, помещенные в одну стойку, дистанционно управляемые коммутаторы и видеоконтрольные устройства, помещенные во вторую стойку, контрольные звуковые агрегаты АКМ-2. В состав пульта включены индикаторы уровня и АдВК и звуковой микшер, позволяющий микшировать стереофоническое звуковое сопровождение или звуковое сопровождение на двух языках одновременно. Управление двумя видеоманитофонами в режимах «синхронная запись» и «синхронное воспроизведение» производится параллельно, а в режиме «монтаж» — последовательно. Разметка монтажных переходов может производиться при замедленном воспроизведении, что повы-

Характеристики аппаратных видеозаписи для наклонно-строчных видеомagniтофонов

Технические характеристики	ВМА-1	ВМА-2	ВМА-3	ВМА-4	ВМА-5	„Агат“
Основное назначение аппаратной	унив.	воспр.	монт.	монтаж „по копиям“	озвуч.	унив.
Количество видеомagniтофонов	2	2	6	2	1	3÷8
Количество звуковых каналов	2 (стерео)	2 (стерео)	2 (стерео)	2	2 (стерео)	2 (стерео)
Тип системы монтажа	Цифр. ИС	Цифр. ИС	ЭВМ	Микропро- цессор	Микропро- цессор	Микро-ЭВМ
Наличие микшеров						
- видео	нет	нет	есть	нет	нет	есть
звук	есть	нет	есть	нет	есть	есть
Наличие спецэффектов	нет	нет	есть видео	нет	есть звуковые	есть видео
Наличие долговременного запоминающего уст- ройства монтажных переходов	нет	нет	есть	нет	есть	внеш.
Коммутаторы внешних линий	есть	есть	есть	нет	есть	есть
Дистанционное управление спецрежимами вос- произведения	есть	нет	есть	нет	есть	есть
Электронная коррекция монтажных переходов	есть	нет	есть	нет	есть	есть
Наличие дополнительных источников сигналов	есть	нет	есть	нет	есть	внеш.

шает точность. Поиск монтажных точек и реализация монтажных режимов ведется встроенными системами монтажа видеомэгнитофона.

Аппаратная ВМА-2 предназначена для передач в эфир готовых программ. Входящие в нее видеомэгнитофоны отличаются от обычных тем, что не будут иметь режима «запись».

Аппаратная ВМА-3 предназначена для сложного монтажа художественных программ и рассчитана на крупные телецентры. Укрупненная структурная схема аппаратной подобного типа приведена на рис. 5. ЭВМ имеет помимо основной программы монтажа, вводимой по листу монтажных решений (ЛМР), еще ряд программ для реализации режимов «поиск», «репетиция» и т.д. Пульт управления, снабженный дисплеем и клавиатурой, позволяет вводить коррекцию точек монтажа, микширование с различной скоростью, спецрежимы воспроизведения и спецэффекты. Подключение к аппаратной устройств видеографики и кадровой памяти расширяет ее возможности. Синхронные мэгнитофоны предназначены для озвучивания программ в процессе их подготовки. Оснащение аппаратной буквопечатающим устройством позволяет параллельно документировать результаты монтажа.

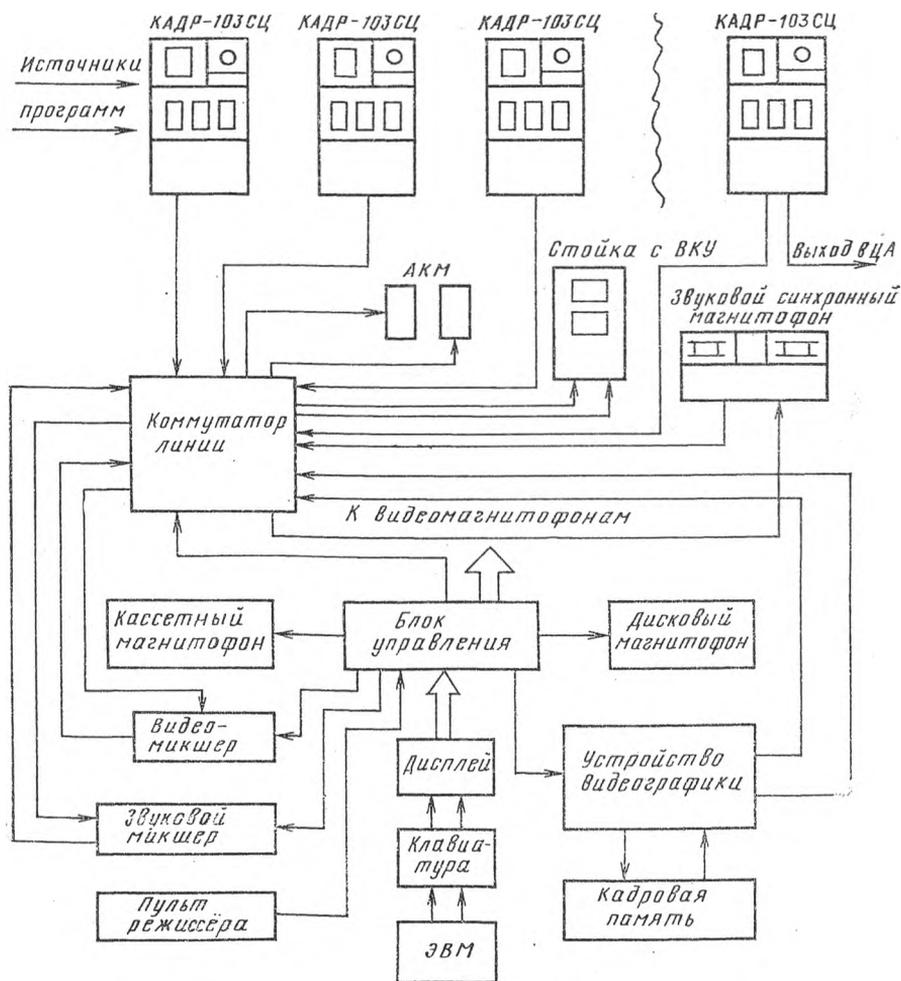


Рис. 5. Структурная схема автоматизированной монтажной аппаратной

Аппаратная ВМА-4 предназначена для предварительного монтажа художественных программ «по копиям» с целью создания ЛМР. В ней могут использоваться кассетные видеоманитофоны, снабженные встроенными системами монтажа. Предварительный монтаж и составление ЛМР «по копиям» позволяет сократить общий объем работ по монтажу в дорогостоящих программируемых аппаратных.

Аппаратная ВМА-5 предназначена для озвучивания видеопольмов и монтажа звукового сопровождения.

Универсальная система электронного монтажа с наращиваемой структурой предназначена для управления видеоманитофоном и электронным коммутатором линий в аппаратных видеозаписи и передвижных телевизионных станциях. В зависимости от числа управляемых объектов программы, вводимые в ЭВМ, могут меняться. Они записываются на сменных гибких магнитных дисках. Так как передача всех команд осуществляется по шине данных и интерфейсу, соответствующему международному протоколу обмена командами, система может наращиваться по мере необходимости. При этом способ передачи команд и структура программ будут сохраняться.

Дальнейшее усовершенствование аналоговых видеоманитофонов формата «С» и аппаратных связано с введением новых функциональных возможностей, таких как быстрая кадровая запись, оперативный повтор фрагментов, плавное сокращение или удлинение программ, введение спецэффектов во время монтажа, кадровая память для изменения размеров раstra и т. д.

На основе видеоманитофонов формата «С», по-видимому, будут созданы аналого-цифровые студийные видеоманитофоны для записи сигналов ТВЧ. Следует отметить, что цифровая обработка и преобразование сигналов в сочетании с одно- или многострочным аналоговым способом записи дает возможность использовать преимущества цифровой техники и технологии без значительного повышения плотности записываемого потока информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юшкявичюс Г. З. Советское телевидение на новом этапе развития // Техника кино и телевидения, 1985, № 1, с. 3—4.
2. Палицкий В. М. Отечественная ТВ техника: ближайшие задачи и перспективы // Техника кино и телевидения, 1985, № 2, с. 3—7.
3. Лишин Л. Г., Маковеев В. Г., Молодцов В. Е., Абузов А. П. Оценка перспективности видеоманитофонов различных систем для телевизионного вещания // Тез. докл. Всес. конф. НТО им. А. С. Попова. — М., 1973.
4. Пархоменко В. И., Лишин Л. Г., Лазарев В. И. Одноголовочный видеоманитофон «Кадр-103» // Радио и телевидение ОИРТ, 1976, № 3, с. 24—34.
5. Лишин Л. Г. Видеоманитофон «Кадр-103СЦ» // Техника кино и телевидения, 1984, № 9, с. 38—45.
6. Лишин Л. Г., Папилов А. П., Рудман В. И. и др. Регенератор РГ-100 // Техника кино и телевидения, 1978, № 9, с. 55—58.
7. Петропавловский В. А., Постникова Л. Н., Хесин А. Я. Технические средства телевизионного репортажа. — М.: Радио и связь, 1983.
8. Лосева О. А., Эйсулович А. С., Пустовойтов О. И. Материалы для магнитных головок видеозаписи // Тез. докл. семинара «Проблемы и перспективы телевизионного кинематографа». / МДНТП. — М., 1977.
9. Гитлиц М. В., Лишин Л. Г. Видеоманитофоны и их применение. — М.: Радио и связь, 1980.
10. Гергель О. А., Штейн А. Б. Цифровой корректор временных искажений «Цифра-101» для видеоманитофонов формата «С» // Техника кино и телевидения, 1984, № 6, с. 46—53.
11. Лишин Л. Г., Хавин В. Л., Дмитриев В. Г., Колпаков А. В. Канал изображения видеоманитофона «Кадр-103СЦ» // Техника кино и телевидения, 1985, № 8, с. 31—35.
12. Старкин Г. Н., Ярков В. С., Токарев В. И., Любашевский А. С. Программируемый интерфейс для управления видеоманитофонов «Кадр-103СЦ» // Техника кино и телевидения, 1987, № 9, с. 36—37.

Статья поступила в редакцию 8 июля 1985 г.  
После доработки 9 августа 1988 г.

Ю. В. БОНДАРЕВ, А. В. МИХНЕВИЧ, В. С. ПУШКОВ,  
В. М. РАЛЬФ

### ОСОБЕННОСТИ ЛЕНТОПРОТЯЖНОГО МЕХАНИЗМА ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»

Разработка лентопротяжного механизма (ЛПМ) студийного видеоманитофона «Кадр-103СЦ», работающего по формату «С», была проведена во ВНИИТР на базе накопленного многолетнего опыта разработки наклонно-строчных видеоманитофонов [1] и с учетом достижений в этой области [2, 3 и др.].

Одним из основных вопросов при разработке ЛПМ видеоманитофона является выбор схемы тракта движения ленты. Этот вопрос настолько важен, что ведущие фирмы-изготовители видеоманитофонов, рекламируя новую модель, как правило, отмечают, насколько в ней улучшен тракт движения ленты с указанием количества вращающихся и неподвижных элементов.

В видеоманитофонах, работающих по формату «С», проблема тракта является особенно острой, так как она заведомо осложнена наличием в тракте барабана блока вращающихся видеоголовок (БВГ) с большим углом охвата его лентой ( $346^\circ$ ) и двух неподвижных стоек у барабана также с большим углом охвата ( $90 \div 110^\circ$  каждая), что уже дает на этих трех обязательных для формата «С» элементах тракта очень большой общий угол охвата ( $526 \div 566^\circ$ ). Еще четырьмя обязательными элементами тракта профессионального видеоманитофона являются четыре блока стационарных головок с углом охвата  $8 \div 12^\circ$  каждый (общий угол охвата  $32 \div 48^\circ$ ).

При разработке тракта и при его оценке обычно принимают во внимание три важных показателя, которые нужно минимизировать:

1. Общее количество элементов тракта, огибаемых лентой, и общий угол их огибания. — От этого зависит удобство зарядки ленты в тракт.
2. Количество неподвижных направляющих в тракте и общий угол их огибания. — От этого зависит перепад натяжений ленты в тракте.
3. Количество неподвижных направляющих в тракте со стороны рабочего слоя ленты и общий угол их огибания. — От этого зависит интенсивность износа и повреждения рабочего слоя ленты.

Сравнение трактов четырех студийных видеоманитофонов формата «С» (см. рис. 1 и таблицу) показывает, что, хотя разработчики всех этих трактов стремились к выполнению вышеуказанных требований, но приоритеты все же были выбраны различные, что привело к различным схемным решениям.

Особенно большие успехи по выполнению этих требований достигнуты фирмой «Хитати» в оригинальной схеме тракта видеомagnитофона HR-210. В этой схеме заходящая на БВГ и сходящая с него ветви ленты расходятся в диаметрально противоположных направлениях, что само по себе создает значительные удобства при зарядке ленты в тракт, хотя выигрыша по общему числу элементов в тракте (см. таблицу) и по общему углу их огибания (если последний сравнить с аппаратами фирм «Сони» и «Ампекс») получено при этом не было. Отсутствие выигрыша по общему углу охвата объясняется, в частности, тем,

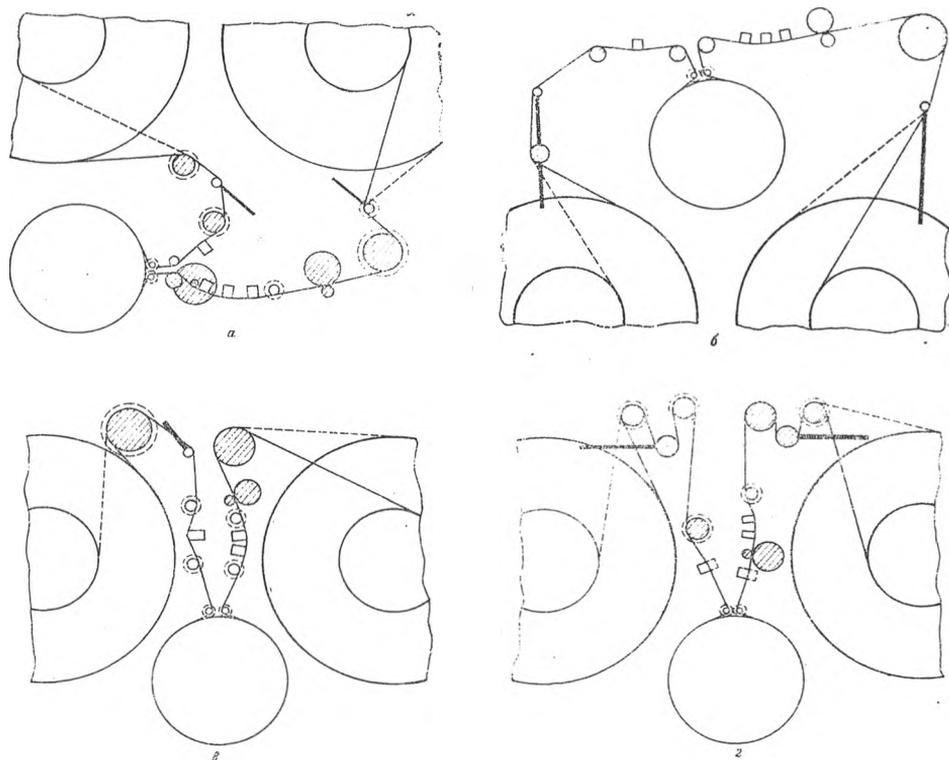


Рис. 1. Выполненные в масштабе схемы лентопротяжных трактов студийных видеомagnитофонов, работающих по формату «С» (элементы, вращающиеся со скоростью ленты, заштрихованы; поперечные направляющие даны пунктиром):  
 а — BVH-2000 и BVH-2500, Sony; б — HR-210, Hitachi; в — VPR-2, Amrex; г — «Кадр-103СЦ», ВНИИТР

что разворот заходящей на БВГ и сходящей с него ветвей ленты для получения «раскрытой» схемы тракта вызывает соответствующее увеличение углов охвата на обводных роликах у БВГ, да и само появление этих роликов в этом месте тракта вызвано к жизни этой схемой (ср., например, с трактом видеомagnитофона «Кадр-103СЦ», где лента за неподвижными стойками у БВГ попадает сразу на стационарные блоки стирающих головок).

В схеме тракта видеомagnитофона HR-210 меньше, чем в аппаратах фирм «Сони» и «Ампекс», неподвижных элементов и, что фирма «Хитати» особенно рекламирует, со стороны рабочего слоя ленты оставлены только обязательные элементы (барaban БВГ и четыре блока стационарных головок).

Сравнение трактов ленты студийных видеомэгнитофонов формата «С»

№ п/п	Характер и расположение охватываемых лентой элементов в тракте	SONY		HR-210 HITACHI		VPR-2 AMPEX		КАДР-103СЦ ВНИИТР	
		кол-во, шт.	общий угол охвата, град.	кол-во, шт.	общий угол охвата, град.	кол-во, шт.	общий угол охвата, град.	кол-во, шт.	общий угол охвата, град.
1	Все элементы	16	1064	14	1017	13	1002,5	15	1693
2	Неподвижные элементы	10	490	9	504	11	540,5	8	413,5
	обязательные	7	405	7	411	6	430	7	412
	необязательные	3	85	2	93	5	110,5	1	1,5
3	Неподвижные элементы со стороны рабочего слоя	6	227	5	213	7	256	4	199
	обязательные	5	221	5	213	4	215	4	199
	необязательные	1	6	0	0	3	41	0	0

*Примечание.* В пунктах 2 и 3 учитывается только половина угла охвата лентой барабана БВГ ( $346^\circ/2=173^\circ$ ), так как в аппаратах формата «С» примерно половина площади ленты, лежащей на барабане, опирается на воздушную подушку, что с точки зрения величины силы трения, эквивалентно трению ленты по такому же неподвижному барабану (без воздушной подушки), но с уменьшенным вдвое углом охвата.

При создании схемы тракта видеоманитофона «Кадр-103СЦ» особое внимание было уделено уменьшению числа неподвижных элементов вообще и со стороны рабочего слоя в частности и уменьшению общего угла их охвата лентой. Как видно из таблицы (пп. 2, 3), по этим параметрам тракт видеоманитофона «Кадр-103СЦ» превосходит тракты всех зарубежных аппаратов, в том числе и НР-210.

Необязательные неподвижные элементы были практически устранены из тракта (кроме одной стойки с малым углом охвата). Этого, в частности, удалось добиться, придав дополнительные функции блокам стационарных стирающих головок, которые здесь играют также роль обводных элементов при подходе к БВГ (ср. с другими схемами трактов). Кроме того, их же использовали для установки керамических поперечных направляющих для ленты. Последняя идея, хотя и запатентована за рубежом применительно к кассетным магнитофонам [4], в профессиональных видеоманитофонах применена впервые. Наконец, уменьшение количества обязательных неподвижных элементов со стороны рабочего слоя было получено установкой блока стирающих головок на входе БВГ со стороны основы ленты (ср. с другими схемами трактов).

Заканчивая сравнение трактов по количеству элементов и общему углу их охвата лентой, отметим, что тракт видеоманитофона «Кадр-103СЦ» уступает трактам других сравниваемых аппаратов по общему углу охвата всех элементов лентой в 1,6—1,7 раза. Это главным образом вызвано наличием в нем у приемного и подающего рулонов натягивающих ленту подпружиненных роликов на качающихся рычагах, каждый из которых расположен между двумя дополнительными обводными роликами. Натягивающие ленту ролики выполняют здесь несколько важных функций:

1. Являются звеньями эластичной развязки между подающим и приемным рулонами и рабочей зоной тракта. Это позволяет уменьшить колебания скорости и натяжения ленты в рабочей зоне, вызываемые кинематическими возмущениями от подающего и приемного узлов.

2. Являются буферными устройствами, снижающими ударную нагрузку на ленту в старт-стопных и шаговых режимах работы ЛПМ, которая возникает в противном случае из-за больших приведенных к ленте масс подающего и приемного узлов.

3. Являются чувствительными элементами датчиков натяжения ленты системы автоматического регулирования натяжения ленты (САРН).

4. Являются инструментом контроля натяжения, в том числе регламентного, что весьма удобно в эксплуатации.

Для успешного выполнения всех этих функций натяжные ролики должны иметь достаточно большой ход и малые приведенные к ленте значения массы, жесткости и активного сопротивления. Последнее достигается при прочих равных условиях, когда обе ветви ленты, сходящие с натяжного ролика параллельны между собой и перпендикулярны к рычагу [5], что требует увеличения угла охвата натяжных роликов и соседних с ними обводных роликов.

Таким образом, при разработке тракта видеоманитофона «Кадр-103СЦ» был сделан выбор в пользу САРН высокого качества с обеих сторон от рабочей зоны ЛПМ и в пользу высоких фильтрующих свойств натяжных роликов, но при этом несколько усложнилась заправка ленты в тракт.

Трение в тракте ЛМП видеоманитофонов формата «С» довольно велико, что приводит к большим значениям натяжения ленты на выходе из тракта. Так, даже в последних модификациях аппарата «Кадр-103СЦ», где трение в тракте существенно уменьшено, перепад натяжений в тракте на рабочей скорости движения ленты достаточно

велик и находится в пределах  $\frac{T_2}{T_1} \approx 2,7 \div 3,9$  [6]. Да и тракт, несмотря на предпринимаемые усилия, остается сложным.

Поэтому фирмы-разработчики видеомагнитофонов этого формата часто вводят в аппараты дополнительные устройства, позволяющие в какой-то мере уменьшить вышеуказанные недостатки. Например: раздвижные стойки у барабана БВГ в аппаратах фирм «Сони» и «Хитати» несколько упрощают заправку ленты; поддув воздуха в аппаратах HR-210 между барабаном и лентой и между стойками у барабана и лентой в режимах «перемотка» и «подготовка» уменьшает трение в тракте и износ ленты, причем воздушная подушка между лентой и барабаном задается такой величины, что поднимает ленту над вращающимися головками, устраняя в этих режимах не только износ ленты, но и износ головок. Такого рода усовершенствования в видеомагнитофонах формата «С», очевидно, следует ожидать и в дальнейшем. Возможен, например, автоматический отвод натяжных роликов при зарядке ленты в тракт для ее упрощения [7].

Принципиальной особенностью тракта видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» является расположение ведущего вала между БВГ и блоками стационарных универсальных и воспроизводящих головок. Поскольку ведущий вал обладает существенным приведенным к ленте механическим импедансом (приведенная к ленте масса ведущего вала  $M_{вв} = 220$  кг при диаметре ведущего вала 9,54 мм), это практически полностью защищает зону универсальных и воспроизводящих звуковых головок от генерируемых БВГ высокочастотных механических колебаний скорости и натяжения ленты.

Защита от этих возмущений действительно желательна, и поэтому часто в видеомагнитофонах вводят в тракт между БВГ и звуковыми головками инерционный ролик («Кадр-3»; BVH-1000, -2000, -2500; VPR-2B; MR2B, Marconi). Такое решение, однако, хуже, чем защита ведущим валом, так как:

1. При этом защита менее эффективна в силу меньшего механического импеданса инерционного ролика по сравнению с ведущим валом и худшего его сцепления с лентой.

2. Требуется вводить в тракт дополнительный элемент.

3. Инерционный ролик может приводить к образованию прослабления ленты между ним и ведущим валом (см. рис. 1, а) при ускорении или замедлении ведущего вала и к потере контакта между лентой и стационарными головками, что недопустимо в аппаратах формата «С», так как приводит к сбою воспроизведения управляющего сигнала и сигнала адресно-временного кода. Поэтому, например, для предотвращения прослабления ленты в таких случаях в аппаратах BVH-2000, -2500 инерционный ролик снабжен электродвигателем с соответствующей схемой управления, а между ведущим валом и стационарными головками в тракт введена подпружиненная стойка, натягивающая ленту, т. е. дополнительно усложняется тракт и ЛПМ в целом.

Расположение в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» ведущего вала между БВГ и стационарными головками в сочетании с эффективной САРН со стороны приемного узла и при условии эффективных защитных свойств натяжного ролика (приведенная к ленте масса его  $m = 0,013$  кг) снимает все вышеуказанные проблемы и позволяет (в сочетании также с мерами по повышению стабильности движения ведущего вала) получить меньшие значения коэффициента колебания скорости  $K_c$  и коэффициента детонации  $K_d$ , чем в аппаратах формата «С» того же класса, и меньшие колебания натяжения ленты на звуковых головках. Так, в «Кадр-103СЦ»  $K_d = 0,07 \div 0,08\%$ , а в MR2B  $K_d = 0,1\%$  (проспект фирмы), в BVH-2000 PS  $K_d \leq 0,1\%$  (проспект фирмы).

Кроме того, такое расположение ведущего вала в сочетании с эф-

фективной САРН со стороны приемного узла позволяет получить постоянное и оптимальное среднее натяжение ленты на звуковых головках вне зависимости от типа ленты, температуры и влажности воздуха и направления движения ленты. В аппаратах же с традиционным расположением ведущего вала все эти факторы в сильной степени влияют на натяжение ленты на звуковых головках даже при стабильном натяжении на подающем узле из-за больших потерь на трение на БВГ, которые сильно зависят от вышеназванных факторов [6].

Интересно отметить, что в выпущенных в последние годы портативных носимых видеомагнитофонах формата «С» VPR-5 (Аmprex-Nagra) применено такое же расположение ведущего вала, как в «Кадр-103СЦ».

Возвращаясь к подпружиненным роликам в сравниваемых аппаратах, отметим, что, хотя практически во всех четырех они работают в САРН в качестве датчиков натяжения ленты, но в зарубежных аппаратах точность регулирования натяжения ленты в целом при прочих равных условиях должна быть ниже (и особенно у приемного узла) так как:

в аппарате VPR-2 отсутствует датчик натяжения ленты у приемного узла;

широко применяемые натяжные штыри вместо натяжных роликов создают ошибку в САРН [8] из-за трения ленты о них;

если между рулоном и натяжным роликом нет обводного ролика (BVH-2000 и HR-210 у приемного узла), то это приводит к специфической ошибке в САРН [8];

неоптимальные углы в зарубежных аппаратах между рычагом и отрезками ленты у натяжного ролика (оптимально  $90^\circ$  к рычагу [5]) приводят к уменьшению чувствительности датчика натяжения ленты.

Неоптимальные углы подхода ленты к рычагам в рассматриваемых зарубежных видеомагнитофонах приводят также к ухудшению защитных свойств натяжных роликов от возмущений, генерируемых соответствующими приемными или подающими узлами. Например, в видеомагнитофоне BVH-2000 приведенная к ленте масса рычага у подающего узла в три раза больше, чем при оптимальных углах, а в HR-210 приведенная масса рычага у приемного узла в семь раз больше. Соответственно в такое же число раз уменьшаются при отсутствии демпфера на рычаге коэффициенты защиты по сравнению с оптимальным вариантом.

Еще одной особенностью ЛПМ видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» и его САРН является отсутствие на рычагах с натягивающими ленту роликами существенного механического демпфирования, т. е. нет специальных механических демпферов, которые, например, применены в аппаратах VPR-2 и BVH-2000 (на рычаге у приемного узла). Такое решение позволяет резко увеличить защитные свойства натяжных роликов и существенно снизить максимальные значения динамических нагрузок на ленту в старт-стопных режимах работы ЛПМ [9], но при этом в ЛПМ образуются дополнительные механические колебательные контуры высокой добротности. Последние могут приводить к увеличению показателя колебательности САРН вплоть до потери ею устойчивости, поскольку натяжные ролики используются в САРН в качестве чувствительных элементов датчиков отклонения натяжения.

В видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» устойчивость САРН обеспечена применением электрических корректирующих звеньев, что позволило уменьшить динамические нагрузки на ленту, повысить коэффициент защиты механического фильтра и уменьшить длительность переходных процессов.

При определении передаточных функций объекта регулирования САРН в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» в результате теоретического анализа и на основании экспериментальных исследований было уста-

новлено, что передаточная функция этого объекта регулирования для подающего узла в режиме рабочего хода в рабочей области частот системы для постоянных времени, больших 2 мс, может быть представлена в виде

$$W(p) = K \frac{1 + 2\xi_3 T_3 p + T_3^2 p^2}{(1 + 2\xi_1 T_1 p + T_1^2 p^2)(1 + 2\xi_2 T_2 p + T_2^2 p^2)},$$

где  $T_1 \approx 0,27$  с;  $T_2 \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$  с;  $T_3 \approx 2 \cdot 10^{-3}$  с;

$$\xi_1 \approx 0,1; \quad \xi_2 \approx 0,15; \quad \xi_3 \approx 0,3.$$

Большие значения  $T_2$  и  $T_3$  связаны с особенностью тракта ЛПМ видеоманитофона формата «С». Дело в том, что наличие большого отрезка ленты, охватывающего БВГ, приводит к резкому снижению жесткости свободного отрезка ленты от подающей катушки до ведущего вала, где лента в рабочем режиме закреплена. Вдобавок, установка в видеоманитоне «Кадр-103СЦ» вращающегося ролика на подпружиненном рычаге, расположенном у подающей катушки, приводит к значительному увеличению приведенной к ленте массы этого рычага. С этой точки зрения выгоднее применять на рычагах у подающего узла не натяжные ролики, а легкие натяжные штыри (см. рис. 1, а, б, в), но, как мы уже отмечали, при этом возрастают потери на трение в тракте и появляется специфическая ошибка в САРН.

Помимо высокого порядка передаточной функции объекта регулирования, синтез корректирующих цепей САРН осложняется также непостоянством параметров этого объекта. Для различных экземпляров ЛПМ и типов лент постоянные времени  $T_2$  и  $T_3$  изменяются примерно на 30%. Но и в пределах одного механизма коэффициент передачи и постоянная времени  $T_1$  в зависимости от размера катушки и количества ленты на ней изменяются в среднем в два раза. На сложность задачи синтеза корректирующих цепей САРН видеоманитофона формата «С» указывает тот факт, что аппарат ВВН-2000 построен так, что в нем автоматически изменяются параметры корректирующих цепей САРН в зависимости от момента инерции и радиуса катушки с лентой, для чего используется микропроцессор.

Помимо указанной, существует еще одна особенность тракта ЛПМ видеоманитофона формата «С». Она состоит в том, что для БВГ с  $\Omega$ -петлей величина силы сопротивления движению ленты по тракту зависит от скорости ее движения. Количественные характеристики этой зависимости были получены в результате специально проведенных экспериментов [6] на всех модификациях видеоманитофона «Кадр-103СЦ». В результате было установлено наличие механического отрицательного активного сопротивления в колебательной системе, связанной с колебаниями ленты на БВГ при определенных скоростях, зависящих от конкретного механизма, типа ленты и климатических условий.

Два натяжных ролика или штыри в тракте (рис. 1, а, б, г) в режиме «перемотка» (если последняя ведется подающим и приемным узлами) образуют вместе с лентой на барабане БВГ колебательную систему с одной степенью свободы с высокой добротностью, если на рычагах специально не введено демпфирование. Такая система при наличии в ней отрицательного активного сопротивления должна впасть в режим фрикционных автоколебаний, которые действительно наблюдались экспериментально в аппарате «Кадр-103СЦ» на частоте, близкой к расчетной (5,1 Гц). В видеоманитоне «Кадр-103СЦ» эти автоколебания были подавлены простым введением вязкой смазки между внешней и внутренней втулками подшипниковых узлов осей качания обоих рычагов. При этом не понадобилось усложнять конструкцию ЛПМ вве-

дением специального демпфера, и это позволило сохранить высокие фильтрующие свойства эластичных развязок.

ЛПМ видеоманитофона формата «С» характеризуется еще одной особенностью, предъявляющей дополнительные требования к САРН. Натяжения ленты как у подающего, так и у приемного узлов в различных режимах работы значительно отличаются между собой и могут изменяться в пределах 0,7—4,0 Н. С учетом переходных режимов этот перепад натяжений оказывается еще большим. Причиной этого является наличие в тракте БВГ с  $\Omega$ -петлей.

Для перекрытия столь большого диапазона натяжений при линейной зависимости натяжения от угла поворота рычага, несущего натяжной ролик, приведенная к ленте величина жесткости натяжного ролика должна быть очень большой, что резко снижает фильтрующие свойства эластичных развязок и чувствительность датчика натяжения. Поэтому, чтобы обеспечить высокие значения этих параметров в основном режиме работы ЛПМ (запись/воспроизведение), где они особенно необходимы, и все же перекрыть необходимый диапазон натяжений, в аппарате «Кадр-103СЦ» использованы натяжные ролики с нелинейной, резко возрастающей зависимостью натяжения от угла поворота рычага. Такая характеристика реализуется простой кинематической схемой (рис. 2), особенностью которой является установка пружины под острым углом к рычагу в исходном положении [10].

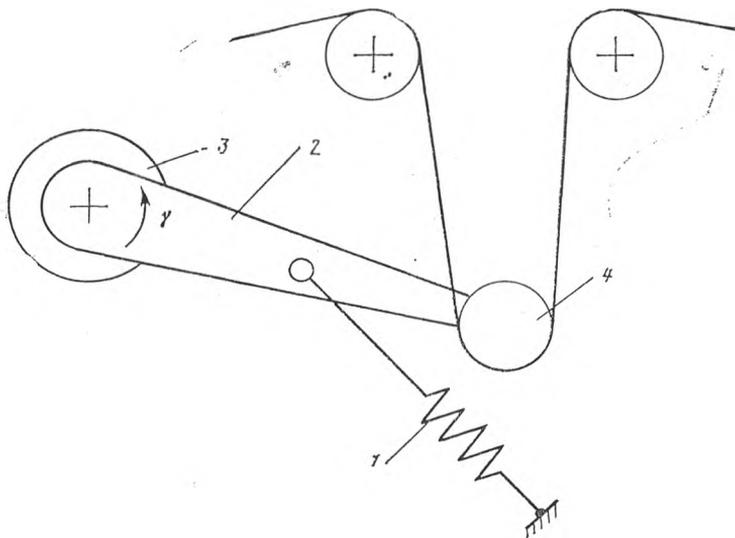


Рис. 2. Кинематическая схема подпружиненного рычага с нелинейной зависимостью натяжения ленты от угла поворота:

1 — пружина растяжения; 2 — рычаг; 3 — электромеханический преобразователь угла поворота; 4 — натягивающий ленту ролик;  $\gamma$  — направление вращения рычага при уменьшении длины петли ленты

Характер зависимости натяжения ленты от угла поворота рычага для такой установки пружины представлен на рис. 3. Откуда видно, что при малых натяжениях жесткость рычага мала, что обеспечивает высокие фильтрующие свойства и чувствительность в основном режиме работы ЛПМ, а с увеличением натяжения ленты она возрастает, обеспечивая тем самым перекрытие большого диапазона натяжений.

Получение параметров сигналограммы формата «С» требует созда-

ния высокостабильного точного тракта движения магнитной ленты [2, 3].

В аппарате «Кадр-103СЦ» установлены следующие требования к точности узлов и деталей, определяющие точность тракта: неплоскостность базовой плоскости платы ЛПМ, являющейся единой базой для всех элементов тракта, 0,01 мм; неперпендикулярность к плате ЛПМ всех элементов тракта 0,01 мм; непараллельность к плате плоскостей установки катушек 0,015 мм; точность установки поперечных направляющих для ленты  $\pm 0,01$  мм; точность установки плоскости видеоголовки  $\pm 0,005$  мм; радиальное биение вращающегося барабана БВГ 0,004 мм; отклонение опорной ленты на нижнем барабане БВГ от заданной винтовой линии  $\pm 0,005$  мм.

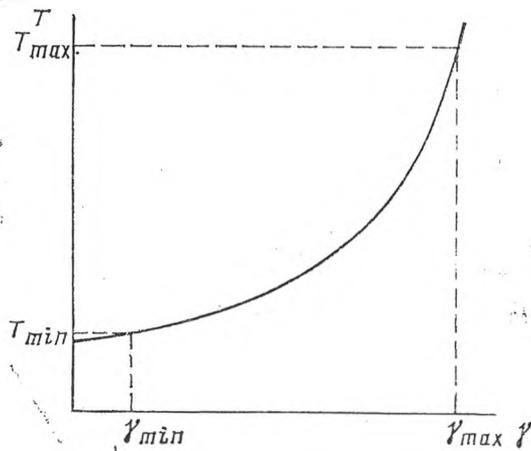


Рис. 3. Характер зависимости натяжения ленты от угла поворота  $\gamma$  подпружиненного рычага в схеме на рис. 2:

$\gamma_{max}$  и  $\gamma_{min}$  — максимальный и минимальный углы поворота рычага;  $T_{max}$  и  $T_{min}$  — максимальное и минимальное натяжение ленты

Опыт разработки ЛПМ видеомэгнитофона и экспериментальная проверка показали, что выполнение указанных точностей необходимо как для получения сигналограммы формата «С», так и для обеспечения взаимозаменяемости всех механических узлов ЛПМ без последующей их регулировки в тракте. Выходные точностные параметры узлов обеспечиваются применением финишных операций.

Основные факторы, обеспечивающие высокостабильную точность тракта ленты:

1. Литая из сплава АЛ-9 (подвергнутая термообработке Т6) плата сотовой конструкции с большим количеством ребер жесткости, обеспечивающая высокую и стабильную точность (рис. 4).

2. Стабильность положения в осевом и радиальном направлениях вращающихся элементов конструкции БВГ, ведущего, подающего и приемного узлов получена применением поджимного устройства, обеспечивающего тарированный осевой натяг ( $\sim 100$  Н) шарикоподшипников этих узлов.

3. Изготовление направляющих поперечного ограничения движения ленты из износостойкого материала (керамика, титан).

В целях унификации БВГ ведущий, подающий и приемный узлы выполнены на двигателях [1] одного типа «ГНОМ» (плоский кол-

лкторный двигатель постоянного тока, с возбуждением от постоянных магнитов, имеющий дисковый немагнитный якорь). Для повышения надежности ЛПМ во всех этих узлах используется прямой привод.

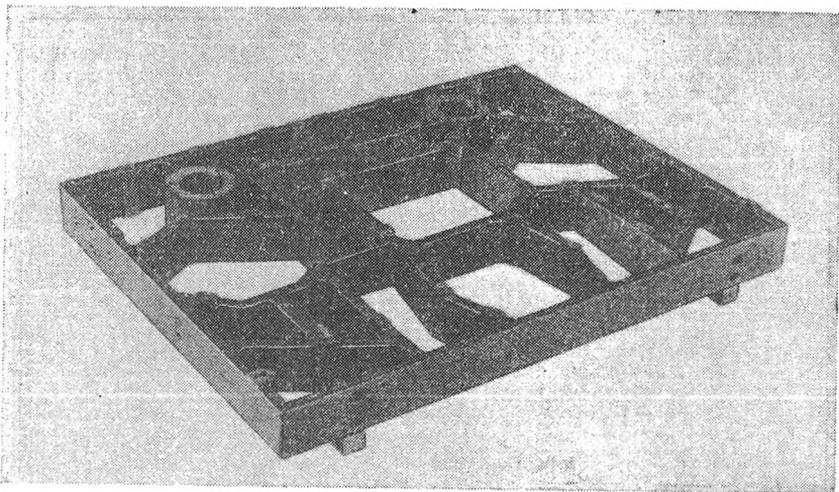


Рис. 4. Плата ЛПМ видеоманитофона «Кадр-103СЦ» (размер платы 526×400×50 мм)

Таким образом, ЛПМ видеоманитофона «Кадр-103СЦ» разработан с учетом последних достижений в этой области и находится на уровне лучших зарубежных образцов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зон П. Г., Михневич А. В., Онацевич М. А., Ральф В. М. Лентопротяжный механизм видеоманитофона «Кадр-103» // Труды ВНИИТР, 1976, вып. 8 (27), с. 97—106.
2. Ryan D. M. Mechanical Design Considerations for Helical-Scan Videotape Recorders // SMPTE J., 1978, v. 87, N 11, p. 767—771.
3. Fanimura H., Fujiwara Y., Mehrens E. T. A Second Generation Type-C One Inch VTR // SMPTE J., 1983, v. 92, N 12.
4. Linke S. Magnetic head having guide surfaces for the magnetic recording medium made of ceramic material. — Пат. США № 3.812.536, заявл. 8.09.71, опубл. 21.05.74.
5. Михневич А. В. Упрощение некоторых расчетных формул стабилизаторов скорости движения ленты // Техника кино и телевидения, 1968, № 3.
6. Боксберг П. И., Коновалов А. М., Михневич А. В. О трении ленты на блоке вращающихся головок видеоманитофона «Кадр-103АС» // Тез. докл. I Всесоюз. науч.-техн. конф. «Совершенствование технической базы, организации и планирования телевидения и радиовещания» / ВНИИТР. — М., 1984, с. 109.
7. Михневич А. В., Ральф В. М. Лентопротяжный механизм. — А. с. 179028 СССР, заявл. 12.05.64; опубл. 3.11.66; Опубл. в Б. И., 1966, № 4.
8. Пушков В. С., Ральф В. М. Способы минимизации ошибки рычажных датчиков натяжения ленты // Техника телевидения и радиовещания: Сб. науч. тр. // ВНИИТР. — М., 1981, с. 45—50.
9. Пушков В. С. Вопросы динамики систем автоматического регулирования натяжения ленты // Проблемы магнитной записи, радиовещания и экономики телевидения: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1983, с. 48—61.
10. Михневич А. В. Некоторые формулы приведения в стабилизаторах скорости движения ленты // Труды ВНИИРТ, 1969, вып. 8 (18), с. 50—55.

Статья поступила в редакцию 29 мая 1985 г.

### МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РАБОТА НАТЯГИВАЮЩИХ ЛЕНТУ ПОДПРУЖИНЕННЫХ РОЛИКОВ В ВИДЕОМАГНИТОФОНЕ «КАДР-103СЦ»

Натягивающие ленту подпружиненные ролики применяются в лентопротяжных механизмах (ЛПМ) достаточно широко, но при этом они могут выполнять различные функции. Чаще всего (особенно в киноаппаратуре) их применяют в качестве звена эластичной развязки между источником кинематических возмущений скорости движения ленты и рабочей зоной, где требуется уменьшить колебания скорости и натяжения ленты [1—4]. В аппаратуре магнитной записи их иногда используют в качестве буферных устройств между подающим и приемным рулонами и остальной частью лентопротяжного тракта для обеспечения быстрого действия ЛПМ в старт-стопных режимах и (или) для обеспечения шагового режима работы при сохранении натяжения ленты в допустимых пределах. Наконец, в аппаратах магнитной записи подпружиненные ролики иногда используют в качестве чувствительных элементов датчиков натяжения ленты в системе автоматического регулирования натяжения ленты (САРН) [1], также размещая их, как правило, между рулонами и остальным трактом ленты.

Хотя выполнение этих трех функций предъявляет различные требования к параметрам и характеристикам натяжного ролика, иногда все же удается разработать устройства, удачно совмещающие все три функции. Примерами такого совмещения функций является работа натяжных роликов в некоторых профессиональных видеомагнитофонах: четырехголовочном AVR-3 (фирма Ampex), двухголовочных серии VCSN (фирма Bosch Fernseh), полутороголовочном (формат «С») «Кадр-103СЦ» (ВНИИТР). Лентопротяжный тракт последнего представлен на рис. 1, г (см. с. 16 настоящего сборника).

На примере видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» рассмотрим общий подход к расчету характеристик натяжного подпружиненного ролика и к его разработке с учетом необходимости синтеза характеристик определенного типа, требуемых для обеспечения нормальной работы ЛПМ во всех режимах.

В качестве звена эластичной развязки был выбран ролик, установленный на подпружиненном рычаге и натягивающий ленту между двумя стационарными обводными роликами (рис. 1). С целью унификации деталей и узлов ЛПМ и электронных блоков САРН схема и конструкция натягивающих ленту роликов у подающего и приемного узлов были выбраны по возможности одинаковыми.



из-за образования воздушной подушки контакт ленты с роликом датчика количества и скорости ленты, проходящей через тракт, становится ненадежным. Натяжение ленты у узла, принимающего ленту, с учетом потерь на трение в тракте и на БВГ [5, 6] будет в этом случае  $\sim 3 \div 5$  Н.

Таким образом, в результате проведенного выбора на характеристиках натяжных роликов и САРН будем иметь всего три рабочие точки: 0,7 Н; 1,6 Н;  $\sim 3 \div 5$  Н. Дальнейшее уменьшение числа рабочих точек в аппаратах формата «С», как видно из вышеизложенного, невозможно из-за принципиально присущих этому формату больших потерь на трение на БВГ. В этом случае при разработке схемы натяжного ролика и САРН необходимо рассматривать его характеристики полностью, а не ограничиваться определением приведенных к ленте параметров натяжного ролика для одной рабочей точки, как это обычно делается при разработке киноаппаратуры (или простых аппаратов магнитной записи) [1].

Возвращаясь к найденным рабочим точкам, заметим, что первые две (0,7 Н; 1,6 Н) относятся в основном к работе аппарата при записи-воспроизведении, а последняя ( $\sim 3 \div 5$  Н) к работе принимающего ленту узла при перемотке. Поэтому для первых двух требуется особая работа САРН (особенно для точки 0,7 Н при записи), а в последнем случае натяжение на регулируется вообще (регулируется скорость ленты) и натяжной ролик не работает как датчик натяжения.

Чувствительность натяжного ролика как элемента датчика натяжения

$$\zeta = \frac{\Delta \gamma}{\Delta T}, \quad (1)$$

где  $\Delta T$  — малое изменение натяжения ленты,  $\Delta \gamma$  — малый угол поворота рычага, несущего ролик, от этого воздействия (положительное направление угла поворота рычага соответствует повороту, при котором уменьшается длина петли ленты). Она соответственно должна быть по возможности максимально высокой для первых двух точек и может быть низкой для последней точки.

Рассматривая работу натяжного ролика в качестве звена эластичной развязки, препятствующего прохождению кинематических возмущений от подающего или приемного узла в рабочую зону, отметим, что для первых двух рабочих точек также требуется его хорошая работа в этом плане, а для последней — нет. Защитные свойства натяжного ролика улучшаются при уменьшении его механического импеданса [3]

$$Z_{\text{мп}} = \frac{\Delta T_{\text{п}}}{\Delta V_{\text{п}}} = \sqrt{R^2 + \left(\Omega m - \frac{k}{\Omega}\right)^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta V_{\text{п}}$  — амплитуда задаваемых с угловой частотой  $\Omega$  гармонических колебаний скорости ленты на натяжном ролике,  $\Delta T_{\text{п}}$  — амплитуда колебаний натяжения ленты от этого воздействия у натяжного ролика, что достигается уменьшением приведенных к ленте параметров ролика  $R$ ,  $m$ ,  $k$  (активного сопротивления, массы, жесткости). Поэтому для первых двух рабочих точек следует стремиться к всемерному уменьшению этих параметров. Это, в частности, требует выбора такой геометрии системы натяжного ролика, чтобы для этих точек подходящие к натяжному ролику отрезки ленты были по возможности перпендикулярны рычагу [4]. С этой же целью в этом аппарате не устанавливали механических демпферов на рычагах ( $R=0$ ), а демпфирование подающего и приемного узлов осуществили введением соответствующих корректирующих цепей в САРН. Момент инерции рычага с натяжным роликом также был выбран минимальным.

Что касается требования уменьшения (для первых двух рабочих точек) приведенной к ленте жесткости натяжного ролика,

$$k = \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (3)$$

где  $\Delta x$  — малое относительное смещение точек ленты на входе и выходе системы натяжного ролика (положительное значение  $x$  соответствует уменьшению петли ленты),  $\Delta T$  — возникшее от этого приращение натяжения, — то оно, когда отрезки ленты у натяжного ролика примерно перпендикулярны рычагу, по существу, совпадает с требованием повышения чувствительности (1).

Так как диапазон рабочих натяжений ленты примерно задан и величина перемещения натяжного ролика в этом диапазоне также примерно задается (ограничена конструкцией и габаритами ЛПМ), то можно было бы, например, стремиться получить в этом диапазоне линейную зависимость  $T(x)$  натяжения от относительного смещения точек ленты на входе и выходе системы натяжного ролика. Однако выгоднее в этом случае характеристика, резко возрастающая в области последней рабочей точки. Она позволяет получить в заданном диапазоне  $T$  и  $x$  меньшие значения  $k$  (и соответственно большие значения  $\zeta$ ) для первых двух рабочих точек, что и требуется в данном конкретном случае.

Известно [1, 4], что приведенная к ленте жесткость натяжного ролика для каждого его положения определяется выражением

$$k = \frac{K_{ку}}{4 L^2 \sin^2 \varphi \sin^2 \tau} + \frac{T}{2 \sin^2 \varphi \sin^2 \tau} \left[ \frac{\sin \varphi \cos \tau}{L} + \frac{l_b \sin^2(\tau - \varphi) + l_a \sin^2(\tau + \varphi)}{2 l_a l_b} \right], \quad (4)$$

где  $K_{ку}$  — угловая жесткость на рычаге, создаваемая установочной пружиной;  $T$  — среднее натяжение ленты у натяжного ролика в данном его положении;  $L$  — длина рычага (рис. 1) от оси качания до оси натяжного ролика;  $l_a, l_b$  — длина отрезков ленты, составляющих с направлением рычага  $S$  углы  $[\tau + (90^\circ - \varphi)]$  и  $[\tau - (90^\circ - \varphi)]$  соответственно;  $\varphi$  — угол, равный половине угла охвата лентой натяжного ролика;  $\tau$  — наименьший угол между направлением рычага  $S$  и равнодействующей натяжений ленты  $P$ , приложенной к рычагу.

Анализ этого выражения [4] позволяет сделать вывод, что  $k$  может меняться в широких пределах в зависимости от геометрии системы, поэтому разработчик, задаваясь исходной геометрией системы, может существенно влиять на ход характеристик  $k(x)$  и  $T(x)$ . В частности, желаемое резкое нарастание  $k$  в конце хода натяжного ролика может быть получено (4), если он к этому моменту будет проходить между стационарными обводными роликами (рис. 1), что вызовет резкое уменьшение  $\varphi$ .

Кроме того, если для создания момента на рычаге используется (рис. 1) пружина растяжения (как это чаще всего и делается), то входящая в выражение (4) угловая жесткость на рычаге  $K_{ку}$  также зависит от углового положения рычага, так как определяется [7] выражением

$$K_{ку} = \frac{\Delta M}{\Delta \gamma} = P_s L_s \cos \tau_s \left( \frac{L_s}{l_s} \cos \tau_s + 1 \right) + K_{лy} L_s^2 \sin^2 \tau_s, \quad (5)$$

где  $\Delta M$  — приращение момента на рычаге при его повороте на малый угол  $\Delta \gamma$ ;  $K_{лy}$  — линейная жесткость установочной пружины (величина постоянная);  $L_s = OA$ ;  $l_s = AB$ ;  $P_s$  — сила, приложенная со стороны пружины к рычагу;  $\tau_s$  — наименьший угол между направлением рычага  $S$  и направлением силы  $P_s$ . Эту зависимость также можно исполь-

зовать для влияния на  $k(x)$ . В частности, анализ показывает [7], что при  $\tau_3 < 90^\circ$  требуемая характеристика  $T(x)$  может быть еще более подчеркнута, а при  $\tau_3 > 90^\circ$  — наоборот сглажена.

Исходя из вышеизложенного, выбираем кинематическую схему натяжного ролика на подпружиненном рычаге, которую прорисовываем в масштабе (рис. 2). На схеме изображаем столько положений ролика, сколько расчетных точек мы хотим иметь на характеристиках (в данном случае для простоты взяты пять равноотстоящих положений ролика во всем диапазоне его перемещений от упора до упора). Поскольку выбор этой схемы все же довольно произволен, после расчета окончательных характеристик для их коррекции схема может быть несколько изменена с проведением корректировочного расчета. Для упрощения и ускорения расчета будем пользоваться графоаналитическим методом, находя величины  $l_3, l_a, l_b, \tau_3, \tau, \varphi$  для каждой расчетной точки прямым измерением из чертежа (рис. 2).

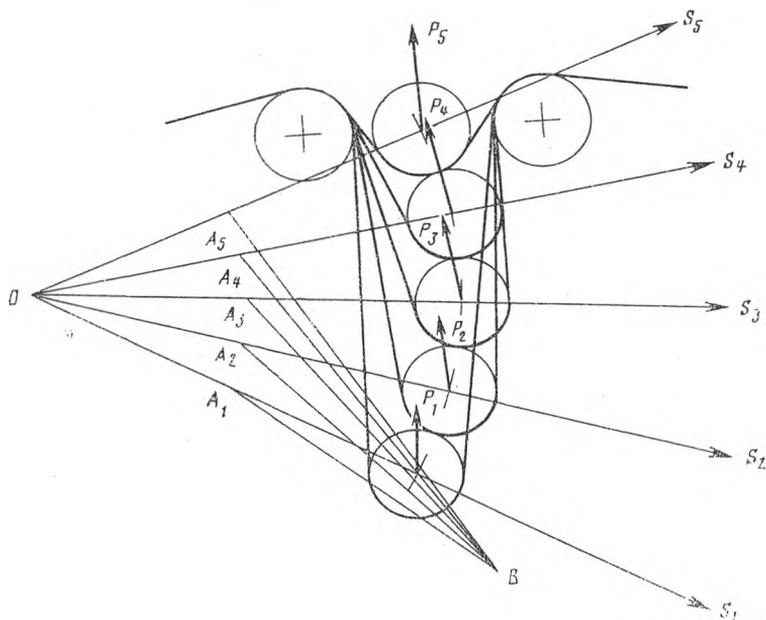


Рис. 2. Выбранная для видеоманитофона «Кадр-103СЦ» кинематическая схема натяжного ролика на подпружиненном рычаге (пять расчетных точек)

Выбрав схему натяжного ролика, мы тем самым задали примерный характер изменения натяжения ленты от положения ролика. Конкретизируем теперь ход этой характеристики, задавшись натяжением ленты для двух расчетных точек. Примем  $T_3 = 1$  Н (при этом первая и вторая рабочие точки расположатся где-то близко к среднему положению рычага в точке 3) и зададимся в точке 1 малым натяжением  $T_1 = 0,05$  Н, которое гарантирует, что лента будет натянута во всем диапазоне возможных перемещений ролика, а рычаг в отсутствии ленты будет прижат пружиной к упору в точке 1.

Момент, приложенный к рычагу со стороны ленты, уравновешен моментом от пружины [1, 2]:

$$M = T_2 L \sin \varphi \sin \tau = P_3 L_3 \sin \tau_3. \quad (6)$$

Зная  $T_1$  и  $T_3$ , найдем из выражения (6)  $P_{э1}$  и  $P_{э3}$ . Так как удлинение пружины от точки 1 к точке 3 известно (рис. 2), то определим линейную жесткость установочной пружины ( $K_{лу} = 4,38$  Н/см), и далее, зная удлинение пружины для всех расчетных точек, определяем усилия пружины  $P_э$  для этих точек, и, подставляя в (6), получаем натяжения ленты для всех этих точек (рис. 3). Таким образом, мы получили желаемое искривление характеристики  $T(\gamma)$  (из-за конечного числа расчетных точек на рис. 3, 4, 7 дана линейно-кусочная аппроксимация кривых).

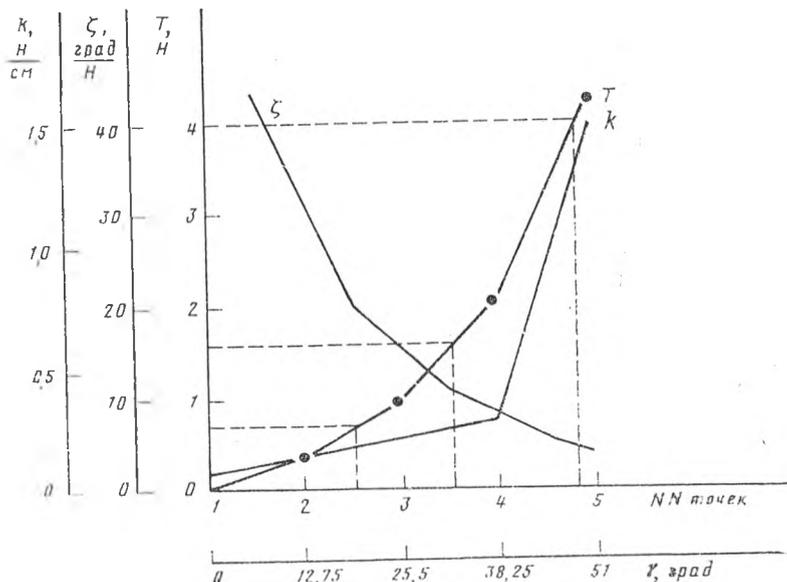


Рис. 3. Зависимость натяжения  $T$  ленты, чувствительности  $\zeta$  ролика и приведенной к ленте жесткости  $k$  ролика от его углового положения  $\gamma$  для выбранной схемы натяжного ролика (рис. 2).

Пунктиром даны значения  $\gamma$  для рабочих точек: 0,7 Н; 1,6 Н; 4 Н

Продифференцировав эту зависимость графоаналитическим способом (1), получим график изменения чувствительности натяжного ролика от его положения  $\zeta(\gamma)$  (рис. 3). Наконец, используя выражения (4) и (5), находим значения приведенных к ленте жесткостей натяжного ролика для каждой расчетной точки и строим зависимость  $k(\gamma)$  (рис. 3). Как видно, нам удалось получить желаемые зависимости  $\zeta(\gamma)$ ,  $k(\gamma)$  и соответственно малые значения  $k$  и большие значения  $\zeta$  для первых двух рабочих точек (и особенно для точки 0,7 Н, где это важнее всего). Следовательно, изменением геометрии кинематической схемы натяжного ролика на рычаге и присоединенной к нему пружины, а также параметров этой пружины можно в широких пределах влиять на механические характеристики натяжного ролика.

Подчеркнем, что, как уже отмечалось выше, общий ход характеристик натяжных роликов, данный на рис. 3, является объективно необходимым для некоторых видеоманитофонов, в частности формата «С». Однако способы получения таких зависимостей могут быть разные. Так, в видеоманитофонах серии VCN, а также в некоторых видеоманитофонах фирмы Апрех [8] они получают посредством последовательного подключения к рычагу при его перемещении новых пружин,

это дает необходимые зависимости, но ломаного или ступенчатого вида. Примененный нами способ [9] позволяет получить гладкие зависимости при очень простой конструктивной их реализации.

От углового положения ролика зависит также его приведенная к ленте масса [1, 4]

$$m = \frac{I}{4 L^2 \sin^2 \varphi \sin^2 \tau}, \quad (7)$$

где  $I$  — момент инерции рычага с роликом относительно оси качания рычага (в «Кадре-103СЦ»  $I=3752$  г·см<sup>2</sup>) и частота собственных колебаний натяжного ролика [3]

$$f_{op} = \frac{\omega_{op}}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (8)$$

Ход этих зависимостей для видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» представлен на рис. 4.

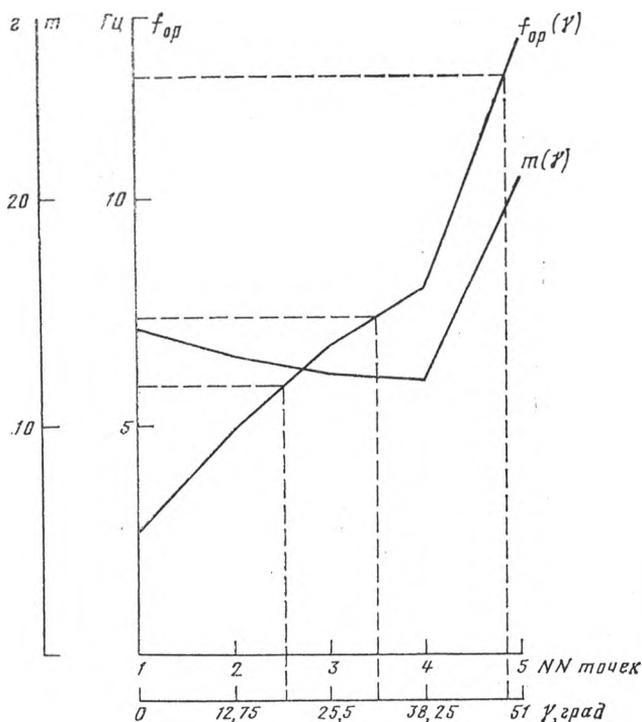


Рис. 4. Зависимость приведенной к ленте массы натяжного ролика  $m$  и частоты его собственных колебаний  $f_{op}$  от его углового положения  
Пунктиром даны значения  $f_{op}$  для трех рабочих точек

Из рис. 3 и 4 следует, что при использовании натяжного ролика в качестве чувствительного элемента датчика натяжения ленты в САРН при переходе от одного рабочего натяжения ленты к другому параметры натяжного ролика ( $k$ ,  $m$ ,  $\zeta$ ,  $f_{op}$ ) могут изменяться в широких пределах, что, в частности, накладывает дополнительные ограничения на разработку САРН.

Так как для всех трех рабочих точек значения  $k$ ,  $m$ ,  $f_{0p}$  различны, то различными будут и графики механического импеданса натяжного ролика для этих точек (рис. 5), который (2) в отсутствие демпфера на рычаге определяется выражением

$$Z_{mp} = \left| \Omega m - \frac{k}{\Omega} \right| = m \Omega \left| 1 - \frac{\omega_{0p}^2}{\Omega^2} \right| = \frac{k}{\Omega} \left| \frac{\Omega^2}{\omega_{0p}^2} - 1 \right|. \quad (9)$$

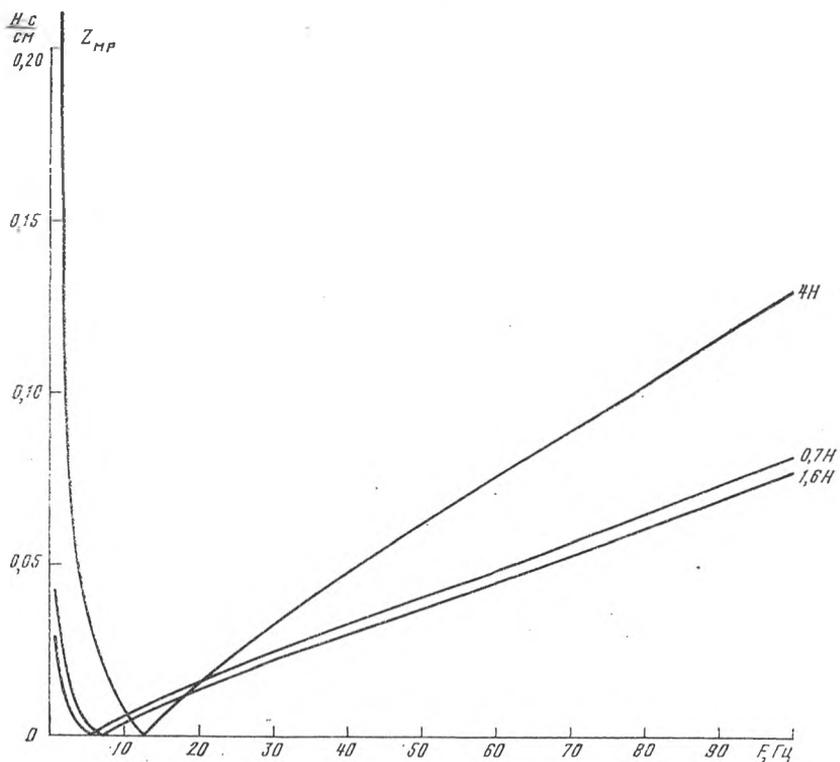


Рис. 5. Зависимость (9) механического импеданса натяжного ролика  $Z_{mp}$  от частоты кинематических возмущений  $F = \frac{\Omega}{2\pi}$  для рабочих точек: 0,7 Н; 1,6 Н; 4 Н

Из рис. 5 видно, что при проведении всех вышеизложенных мер удалось получить для рабочих точек 0,7 Н и 1,6 Н весьма малые значения  $Z_{mp}$  в интересующей нас полосе частот и что для этих точек кривые  $Z_{mp}$  проходят существенно ниже, чем для точки 4 Н (левые ветви лежат ниже, так как для этих точек  $k$  существенно меньше, а правые — ниже, так как  $m$  меньше). Отметим, что с точки зрения получения малого значения механического импеданса вне конкуренции, конечно, находятся вакуумные буферные устройства, так как в них все три параметра  $m$ ,  $R$ ,  $k$  практически равны нулю.

Однако возможности уменьшения механического импеданса натяжных роликов не исчерпываются полученными здесь результатами, и их защитные свойства могут быть еще улучшены.

Так, используя эффект от момента инерции натяжного ролика относительно его оси вращения [10, 11], можно свести к нулю (теоретически) приходящие в рабочую зону составляющие колебаний натяжения ленты, связанные с приведенной к ленте массой ( $m$ ) натяжного ролика.

С другой стороны, абсолютное значение приведенной к ленте жесткости натяжного ролика (особенно для одной рабочей точки) может быть сделано подбором геометрии натяжного ролика и параметров установочной пружины практически очень близким к нулю. Так, расчеты показывают, что даже в рамках схемы по рис. 1, 2 можно только изменением параметров установочной пружины и угла ее подсоединения к рычагу  $\tau_2$  получать зависимости  $T(x)$  не только возрастающие, но и горизонтальные на большом протяжении (где  $k=0$ ) или даже (см. рис. 7) падающие (где  $k < 0$ ) [2, 4, 7].

Поскольку улучшение защитных свойств натяжных роликов является важной задачей для разработчиков ЛПМ, можно рекомендовать в будущем применение таких зависимостей  $T(x)$ , для которых  $k \approx 0$ , и поэтому возможно на некоторых участках  $k < 0$ . Насколько нам известно, до сих пор такие характеристики не использовались.

При их применении необходимо иметь в виду, что натяжные ролики, имеющие во всем диапазоне своего перемещения хотя бы отдельные участки, где их приведенная к ленте жесткость отрицательна ( $k < 0$ ), не могут нормально работать без САРН, которая регулирует положение ролика, так как в отсутствие САРН на этих участках система будет статически неустойчива и от заданного положения равновесия будет сваливаться либо до упоров, ограничивающих перемещение ролика, либо до участков характеристики, где  $k \geq 0$ .

Введение статической САРН с отрицательной обратной связью по положению натяжного ролика механически эквивалентно (если пренебречь колебаниями ведущего вала по сравнению с колебаниями рулона) введению между корпусом ЛПМ и рулоном ленты дополнительной положительной жесткости  $k_{\text{САРН}}$  (рис. 6). Очевидно, что статическая устойчивость образовавшейся колебательной системы подающего (приемного) узла будет обеспечена, если суммарная жесткость системы  $k_{\Sigma}$  будет положительна, т. е. если во всем диапазоне перемещений ролика будет соблюдено условие

$$k_{\Sigma} = k + k_{\text{САРН}} > 0. \quad (10)$$

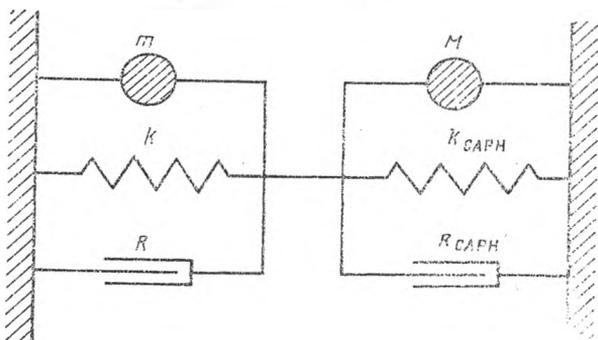


Рис. 6. Механическая модель приведенной к ленте колебательной системы подающего (приемного) узла, соединенной с ведущим валом упругой системой натяжного ролика ( $m, k, R$ ):

$M$  — приведенная к ленте масса подающего (приемного) узла;  $k_{\text{САРН}}$  — эквивалентная механическая положительная жесткость, появляющаяся при работе статической САРН;  $R_{\text{САРН}}$  — эквивалентное активное сопротивление, появляющееся при работе САРН, в которой есть соответствующие корректирующие цепочки для демпфирования.

Интересно отметить, что аналогичное явление в ЛПМ имеет место в блок-стабилизаторах [2], где общая жесткость стабилизатора также является суммой двух жесткостей, одна из которых, как правило, отрицательна.

Снять характеристику  $k_{\text{САРН}}(\gamma)$ , аналогичную  $k(\gamma)$  (рис. 3), можно экспериментально, если ЛПМ и САРН в нем уже имеются. Например, включив САРН на поддержание натяжения в заданной рабочей точке, задавшись наибольшим радиусом рулона (так как при этом  $k_{\text{САРН}}$  минимальна) и принудительно перемещая натяжной ролик во всем диапазоне возможных перемещений, можно, измеряя при этом натяжение ленты, создаваемое САРН, снять характеристику  $T_{\text{САРН}}(\gamma)$ . Используя зависимость между  $\Delta\gamma$  и малым относительным смещением ленты  $\Delta x$  в точках входа/выхода натяжного ролика [11]

$$\frac{\Delta x}{2L \sin \varphi \sin \tau} = \Delta\gamma \quad (11)$$

(или, что удобнее, найдя зависимость  $\gamma(x)$  графоаналитически, рис. 2), можно перейти (рис. 7) к зависимости  $T_{\text{САРН}}(x)$ . Далее, применив графоаналитическое дифференцирование, получим зависимость

$$k_{\text{САРН}}(x) = \frac{\Delta T_{\text{САРН}}}{\Delta x} \quad (12)$$

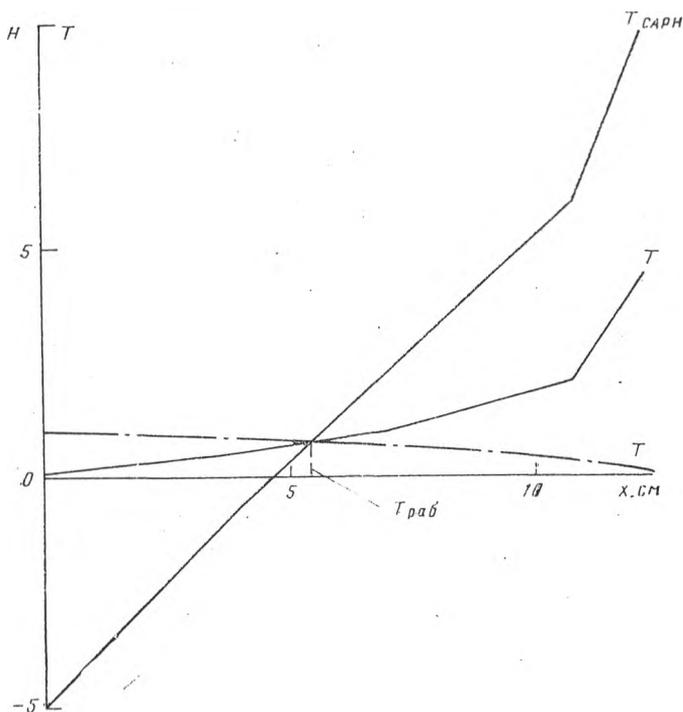


Рис. 7. Зависимость натяжения ленты  $T$ , создаваемого натяжным роликом, и натяжения  $T_{\text{САРН}}$ , создаваемого САРН, от относительного смещения  $x$  точек ленты на входе/выходе натяжного ролика для видеомеганитофона «Кадр-103СЦ»:

$T_{\text{раб}}$  — рабочее натяжение ленты, на стабилизацию которого включена САРН;  $T^*$  — пример возможной (но не в аппаратах формата «С») падающей характеристики натяжного ролика.

Эту же зависимость можно получить и расчетным путем, если в САРН задан коэффициент передачи

$$W = \frac{\Delta M_{\text{САРН}}}{\Delta \gamma}, \quad (13)$$

где  $\Delta M_{\text{САРН}}$  — изменение создаваемого САРН момента на рулоне, вызванное перемещением рычага на малый угол  $\Delta \gamma$ . С учетом выражений (11)—(13), а также того, что

$$\Delta T_{\text{САРН}} = \frac{\Delta M_{\text{САРН}}}{\rho}, \quad (14)$$

где  $\rho$  — радиус рулона ленты, получим

$$k_{\text{САРН}} = \frac{W}{2 L \sin \varphi \sin \tau \rho}. \quad (15)$$

Для оценки порядка величин полезно отметить, что в САРН видеомангнитофона «Кадр-103СЦ» в рабочей точке  $T_{\text{раб}} = 0,7 \text{ Н}$  (рис. 7)  $k = 0,17 \text{ Н/см}$ , а  $k_{\text{САРН}} = 0,93 \text{ Н/см}$  (при максимальном радиусе рулона).

Авторами был создан экспериментальный макет САРН, в котором приведенная к ленте жесткость натяжного ролика  $k$  была отрицательной, но система оставалась статически устойчивой, так как условие (10) соблюдалось.

## Выводы

1. В некоторых ЛПМ (например, в видеомангнитофоне «Кадр-103СЦ») удается при разработке натягивающего ленту ролика, установленного между подающим (приемным) узлом и рабочей зоной, удачно совместить выполнение им функций звена эластичной развязки, буферного устройства и чувствительного элемента датчика натяжения ленты.

2. В видеомангнитофонах формата «С» (тракт с  $\Omega$ -петлей), как правило, желательна механическая характеристика натяжного ролика  $T(x)$ , представленная на рис. 3, которую можно синтезировать подбором геометрии натяжного ролика, параметров установочной пружины и угла ее установки по отношению к рычагу.

3. Для улучшения защитных свойств натяжного ролика в качестве звена эластичной развязки не следует устанавливать на нем механического демпфирования, а демпфирование свободных колебаний подающего и приемного узлов следует осуществлять корректирующими цепями в САРН.

4. При использовании натяжного ролика в качестве чувствительного элемента датчика натяжения ленты в САРН следует учитывать, что при переходе от одного рабочего натяжения ленты к другому параметры натяжного ролика могут изменяться в широких пределах, что накладывает на САРН дополнительные ограничения.

5. Варьируя геометрию кинематической схемы натяжного ролика, параметры его установочной пружины и угол ее подсоединения к рычагу, можно в широких пределах изменять ход механических характеристик натяжного ролика от возрастающих до почти горизонтальных и падающих.

6. Для повышения защитных свойств натяжного ролика желательна, чтобы его приведенная к ленте жесткость равнялась нулю (горизонтальный участок механической характеристики). При этом на практике в некоторых аппаратах может оказаться удобным работать на слабопадающем участке механической характеристики, где жесткость натяжного ролика мала по абсолютной величине, но отрицательна.

7. Натяжной ролик с отрицательной приведенной к ленте жесткостью может работать только в САРН, стабилизирующей его положение в заданной рабочей точке (точках). Без САРН подающий (приемный) узел на упругом подвесе натяжного ролика с отрицательной жесткостью является статически неустойчивой системой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михневич А. В. Лентопротяжные механизмы. — М.: Энергия, 1971.
2. Михневич А. В. Стабилизаторы скорости движения ленты, ведомые лентой // Труды ВНИИРТ, 1968, вып. 6 (16), с. 74—91.
3. Михневич А. В. Анализ работы подпружиненного ролика в лентопротяжном механизме // Труды ВНИИТР, 1972, вып. 3 (22), с. 137—148.
4. Михневич А. В. Упрощение некоторых расчетных формул стабилизаторов скорости движения ленты // Техника кино и телевидения, 1968, № 3, с. 24—28.
5. Михневич А. В. О трении ленты на барабане блока вращающихся головок // Техника телевидения и радиовещания: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1981, с. 51—60.
6. Михневич А. В. К расчету трения ленты на барабане блока вращающихся головок // Проблемы техники и экономики телевизионного вещания: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1982, с. 50—60.
7. Михневич А. В. Некоторые формулы приведения в стабилизаторах скорости движения ленты // Труды ВНИИРТ, 1969, вып. 8 (18), с. 50—55.
8. Ryan D. M. Tape tensioning apparatus. — Пат. США, 242/189 (В 65 Н 59/38), № 4434954; Заявл. 02.04.82; Опубл. 06.03.84.
9. Михневич А. В., Пушков В. С. Устройство для регулирования натяжения магнитной ленты. — А. с. № 1254553, СССР; Опубл. в Б. И., 1986, № 32.
10. Михневич А. В., Пушков В. С. Устройство для натяжения ленточного носителя информации. — А. с. № 1187209, СССР; Опубл. в Б. И., 1985, № 39.
11. Михневич А. В., Пушков В. С. Механическая модель натягивающего ленту ролика и ее электрический аналог // Вопросы организации труда и развития техники телевидения и радиовещания: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1985, с. 60—72.

Статья поступила в редакцию 11 апреля 1986 г.

*С. Г. ВОЛЧЕК, В. А. ГОЛОВАНОВ, В. В. ГОЛЬЦОВ*

### **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»**

В аппарате «Кадр-103СЦ» по сравнению с предыдущими моделями отечественных наклонно-строчных видеоманитофонов, работающих на ленте шириной 25,4 мм [1], значительно расширены функциональные возможности. Видеоманитофон «Кадр-103СЦ» в дополнение к основным режимам обеспечивает:

воспроизведение изображения при остановленной ленте (режим «Стоп-кадр»);

замедленное воспроизведение изображения на двух фиксированных скоростях ленты, равных 0,25 и 0,5 от номинальной скорости воспроизведения (режим «Замедление»);

ускоренное воспроизведение изображения со скоростью, равной удвоенной номинальной (режим «Ускорение»);

плавное пошаговое воспроизведение изображения (режим «Шаг») и другие режимы, позволяющие значительно расширить технологические возможности электронного монтажа программ.

Реализация указанных режимов работы видеоманитофона стала возможной благодаря расширению диапазона перемещения исполнительного элемента системы автотрекинга (САТ) и динамических возможностей системы автоматического регулирования скорости ленты (САР-СЛ), введению в состав видеоманитофона цифрового корректора временных искажений (ЦКВИ) с диапазоном коррекции  $\pm 480$  мкс. Значительное расширение функций видеоманитофона и усложнение алгоритма его работы потребовало системного подхода к управлению режимами работы аппарата, в результате чего была создана более совершенная система управления видеоманитофоном (СУВ).

В состав СУВ (рис. 1) входят: панель управления с органами управления и индикацией включения режимов видеоманитофона (ВМф), а также индикацией счетчика ленты; блок основных команд; блоки электронного монтажа; блоки управления лентопротяжным механизмом (ЛПМ); блоки дистанционного управления. В зависимости от режимов работы СУВ вырабатывает исполнительные команды, которые управляют соответствующими режимами в других системах видеоманитофона.

Органы управления режимами работы видеоманитофона, а также его органы контроля и индикации, расположенные на панели управления, сгруппированы в трех функциональных зонах.

В левой части первой функциональной зоны находится кнопка СЕТЬ, которая включает аппарат в сеть переменного тока (рис. 2). В этой же функциональной зоне располагаются кнопки управления монтажными режимами и восьмиразрядный счетчик с органами управления. Пять кнопок ВИДЕО, ЗВУК 1, ЗВУК 2, ЗВУК 3, ЗВУК 4 объединены в сектор ПРЕДНАБОР. С помощью этих кнопок предварительно выбирается тот канал, по которому предстоит запись сигнала или электронный монтаж. При этом по командам с СУВ звуковые и видеоголовки подключаются к соответствующим каналам записи.

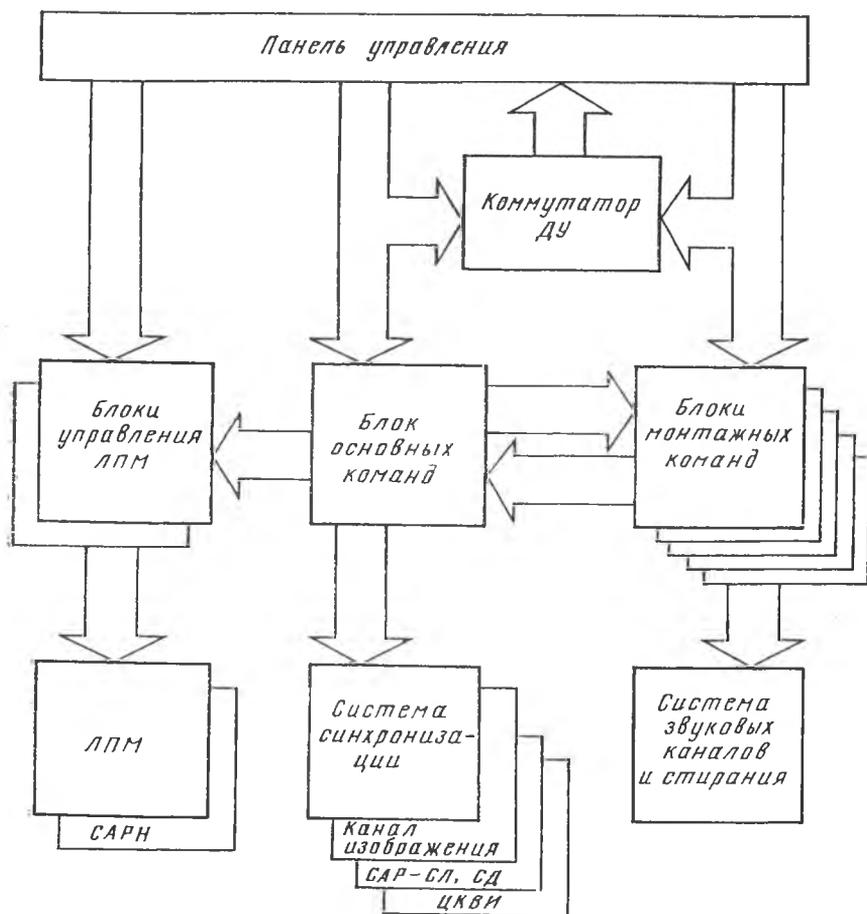


Рис. 1. Структурная схема СУВ

В режимах электронного монтажа СУВ, работая совместно с системой электронного монтажа, подготавливает другие системы видеоманитофона к тому или иному виду монтажа. Вид монтажа выбирается кнопками ВСТАВКА, ПРОДОЛЖ, СБОРКА. При нажатии кнопки МОНТАЖ по командам с СУВ универсальная видеоголовка подключается к каналу воспроизведения, система САР-СД фазуруется таким образом, чтобы фаза воспроизводимого видеосигнала совпадала с фазой видеосигнала, поданного на вход видеоманитофона. Кнопками НАЧАЛО и КОНЕЦ оператором отмечаются границы монтируемого

фрагмента. При исполнении электронного монтажа функции системы электронного монтажа и СУВ разделены таким образом, что первая задает временные интервалы и задержки в исполнении команд, а вторая формирует команды на системы видеоманитфона в соответствии с этими временными интервалами и задержками. К органам управления системой поиска и счетчиком ленты, входящим в систему электронного монтажа, относятся пять кнопок *МАРКЕР*, *ПОИСК*, *КОД*, *ФИКС*, *СБРОС*. Более подробно с встроенной системой электронного монтажа и принципами ее построения можно ознакомиться в статье, посвященной этому вопросу ||[2].

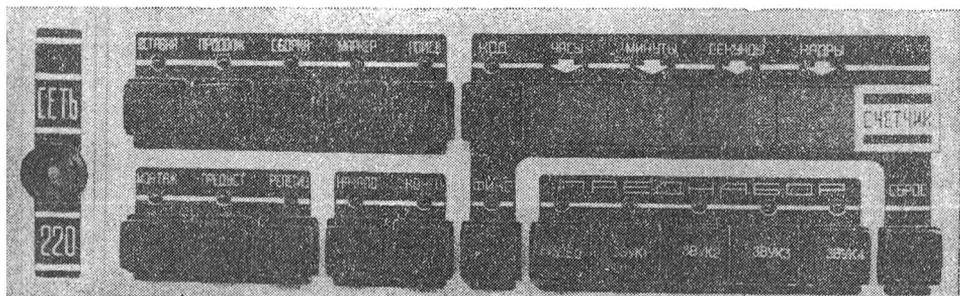


Рис. 2. Панель управления — зона управления режимами электронного монтажа

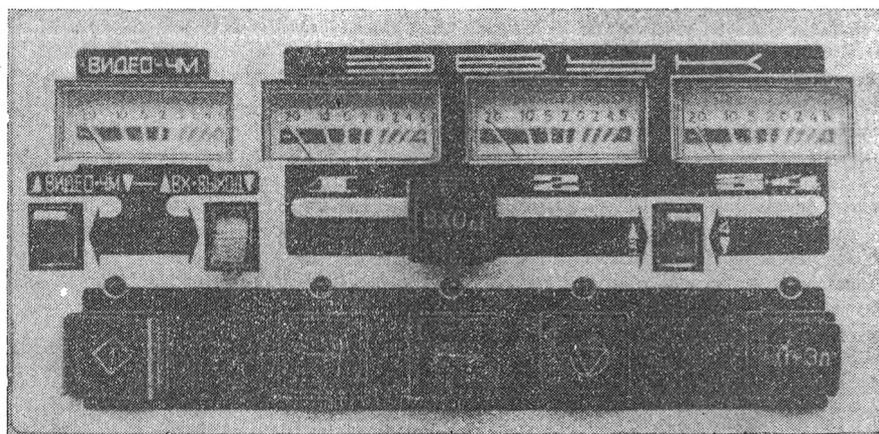


Рис. 3. Панель управления — зона управления основными режимами

Ко второй функциональной зоне (рис. 3) относятся четыре индикаторных прибора и кнопки управления основными режимами видеоманитфона. Индикаторный прибор *ВИДЕО-ЧМ* служит для контроля уровня видеосигнала на входе видеоманитфона и выходе демодулятора и уровня ЧМ-сигнала на выходе ЧМ-корректора в зависимости от положения соответствующих переключателей. Индикаторные приборы *ЗВУК 1*, *ЗВУК 2*, *ЗВУК 3—4* (в зависимости от положения переключателя «3—4») постоянно подключены к выходу соответствующего звукового канала, и только при нажатии кнопки *ВХОД* контролируется входной звуковой сигнал.

Режим «Подготовка» включается кнопкой  $\nabla$ . В этом режиме по команде с СУВ включаются системы автоматического регулирования двигателя БВГ (САР-СД), САР-СЛ и система автоматического регулирования натяжения ленты (САРН). Перечисленные системы готовят ЛПМ к пуску ленты при последующем включении режимов «Запись», «Воспроизведение», «Перемотка» и др.

Режим «Стоп» (кнопка  $\nabla$ ) не отличается от режима «Подготовка» по состоянию ЛПМ и других систем видеомagniтофона и служит в основном для выключения режимов «Запись», «Воспроизведение» и др.

В режим «Запись» видеомagniтофон включается при одновременном нажатии двух кнопок  $\rightarrow|$  и  $| \rightarrow$  и только после включения режимов «Стоп» или «Подготовка».

Переход из режима «Воспроизведение» в режим «Перемотка» или «Замедление», а также обратные переходы можно осуществить, минуя режим «Стоп» (бесстоповый переход).

Кнопкой *Л-Эл* вход демодулятора видеомagniтофона подключается или к выходу канала воспроизведения (режим «Лента») или непосредственно к выходу модулятора (режим «Электроника»). В процессе записи это переключение можно производить вручную в любой момент времени. При этом на выходе видеомagniтофона в режиме «Лента» контролируется записываемый видеосигнал («сквозной канал»), что позволяет оперативно оценить качество производимой записи сигнала изображения. При электронном монтаже программ с помощью кнопки *Л-Эл* заранее выбирается режим работы видеомagniтофона «Монтаж-лента» или «Монтаж—электроника». В режиме «Монтаж—электроника» воспроизведение ранее записанной программы осуществляется универсальной видеоголовкой. В момент начала вставки СУВ подключает универсальную видеоголовку к каналу записи, а вход демодулятора к выходу модулятора. В момент окончания вставки СУВ производит обратное переключение.

В режиме «Монтаж—лента» демодулятор постоянно подключен к каналу воспроизведения головки автотрекинга, что позволяет во время исполнения электронного монтажа контролировать сигнал изображения в «сквозном канале».

В третью функциональную зону (рис. 4) входят: индикаторное табло ЭФИР, ручка ручной регулировки скорости (РРС), переключатель **КОНТРОЛЬ ЗВУКА**, кнопки управления и аварийное индикаторное табло.

Ручка РРС функционально объединена с четырьмя кнопками: **ПЕРЕМОТКА, ЗАМЕДЛ, ШАГ, СИНХР.**

При включении режима «Перемотка» управление скоростью и направлением движения ленты осуществляется ручкой РРС. В среднем (нулевом) положении ручки осуществляется ее легкая механическая фиксация и состояние ЛПМ соответствует при этом режиму «Подготовка» или режиму «Стоп». Отклонение ручки РРС в ту или иную сторону от среднего положения на определенный угол задает определенную скорость и направление движению ленты. Максимальная скорость перемотки соответствует примерно 50-кратной относительно номинальной скорости перемещения ленты.

В режиме «Перемотка» возможен «подсмотр» изображения до скорости порядка 15-кратной, что позволяет оперативно производить поиск сюжета на видеограмме. В этом режиме также возможно ручное перемещение ленты вращением приемной катушки для точного определения нужного фрагмента видеограммы.

В режиме «Замедление» лента перемещается с помощью ведущего вала ЛПМ. При этом ручкой РРС скорость ленты может изменяться в

диапазоне от нуля до двойной номинальной скорости, принимая четыре фиксированных значения  $0,25 V_n$ ,  $0,5 V_n$ ,  $V_n$ ,  $2V_n$ , которые индицируются на панели управления последовательным включением светодиодов.

При включении режима «Шаг» вращением ручки РРС можно плавно изменять скорость перемещения ленты в пределах от стоп-кадра до  $\pm 0,25 V_n$  в зависимости от направления вращения ручки относительно ее нулевого положения. В этом режиме изображение из-за низкой скорости перемещения ленты изменяется скачками, т. е. как бы «шагами».

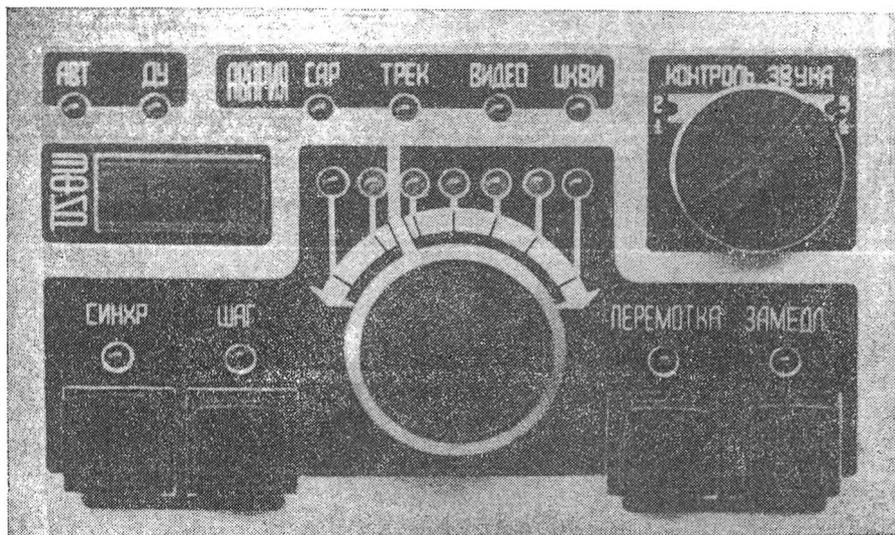


Рис. 4. Панель управления — зона управления перемоткой, синхронизацией и спецрежимами

Режим «Синхронизация» включается при двойном нажатии и удержании кнопки *СИНХР* и только при включенном режиме «Воспроизведение». В зависимости от угла и направления поворота ручки РРС изменяется скорость воспроизведения, увеличиваясь или уменьшаясь относительно номинальной в пределах  $\pm 20\%$ . После достижения синхронной работы двух видеомэгнитофонов, о чем судят по синхронности воспроизводимого с них звукового сопровождения, кнопка *СИНХР* отпускается и аппарат продолжает работу в режиме «Воспроизведение».

При однократном нажатии кнопки *СИНХР* включается режим «Редактирование». В этом режиме, как и в режиме «Синхронизация», ручкой РРС возможно изменять скорость воспроизведения, замедляя или ускоряя ее, тем самым можно удлинить или ускорить воспроизводимую запись незаметно для глаза зрителя. Время воспроизведения можно изменять до  $\pm 20\%$ . В отличие от режима «Синхронизация» в этом случае исключаются возможности срывов в воспроизводимом изображении.

Блоки системы управления видеомэгнитофона выполнены на микросхемах микромощной серии К561.

Блок основных команд предназначен для помехозащищенного формирования основных сигналов управления видеомэгнитофоном и опре-

деляет логику управления видеомagnитофона от команд, поступающих с панели управления или с пульта дистанционного управления (ПДУ).

При включении определенных кнопок на панели управления (или ПДУ) в блоке основных команд формируются потенциальные команды основных режимов: «Подготовка», «Запись», «Воспроизведение», «Перемотка», «Стоп», «Замедление» и ряд вспомогательных команд, связанных с этими режимами.

Блоки управления ЛПМ предназначены для выполнения следующих операций:

- управления режимами работы системы натяжения;
- формирования команд включения и выключения электромагнитов;
- коммутации сигналов направления скорости перемотки при управлении с панели управления или с ПДУ;
- автоматической остановки ленты в конце рулона (автостоп);
- управления работой видеомagnитофона в режимах «Замедление», «Шаг», «Синхронизация», «Редактирование»;
- управления работой ЛПМ при бесстоповых переходах.

Рассмотрим принципы реализации двух функционально близких задач: автостоп в конце рулона и бесстоповые переходы.

Автоматическая остановка ленты в режиме «Перемотка», когда катушка подающего узла почти полностью освободилась от ленты, создает эксплуатационные удобства и облегчает дистанционное управление видеомagnитофоном. Принцип работы основан на сравнении угловых скоростей (частоты) вращения датчика метража и катушки подающего (приемного) узла. Функциональная схема устройства показана на рис. 5.

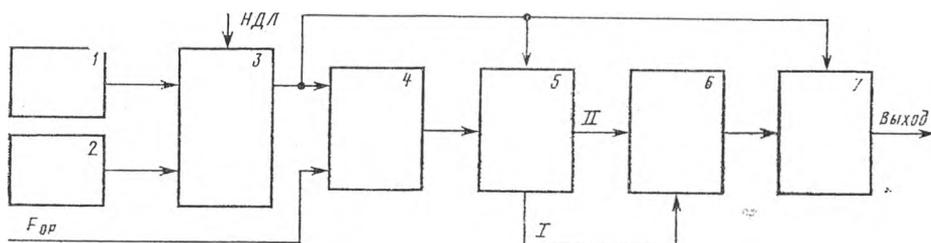


Рис. 5. Схема устройства автоматической остановки ленты:

1 — датчик оборотов подающего узла; 2 — датчик оборотов приемного узла; 3 — схема переключения; 4 — схема совпадения; 5 — счетчик; 6 — триггер; 7 — выходной триггер.

С датчиков оборотов подающего 1 и приемного узла 2 импульсы подаются на вход схемы переключения 3, через которую пропускаются импульсы подающего или приемного узлов в зависимости от направления движения ленты. В схеме совпадения 4 происходит заполнение импульсов с выхода схемы переключения 3 импульсами с обводного ролика, следующими с частотой  $F_{оп}$ . Сравнение частот следования импульсов боковых узлов с импульсами обводного ролика позволяет определять конец рулона независимо от скорости перемотки [3]. Счетчик 5 обнуляется импульсами датчика оборотов, а на его вход поступают импульсы частотой  $F_{оп}$  с обводного ролика. Со счетчика выводятся два числа, первое из них служит для обнуления триггера 6, который по счетному входу работает от импульсов II, соответствующих второму числу. Поэтому, когда на подающей катушке ленты еще много и период вращения подающего узла больше, чем время заполнения счетчика до второго числа, он формирует положительные импульсы, которые удерживают выходной триггер 7 в нулевое состояние. С уменьшением

ленты в рулоне уменьшается период вращения катушки и, когда его значение оказывается меньше, чем время заполнения счетчика до второго числа, выходной триггер 7 устанавливается импульсами с бокового узла в состояние «1». Это соответствует команде на останов ленты.

Бесстоповые переходы также как и автоматическая остановка ленты в конце рулона создают эксплуатационные удобства и упрощают построение автоматизированных систем электронного монтажа. При этом в зависимости от направления движения ленты определяется скорость движения ленты, при которой возможно включение рабочего хода (прижим ролика к ведущему валу) без опасности повреждения ленты. В тракте ЛПМ видеоманитофона «Кадр-103СЦ» такими скоростями являются:  $0,1-0,2 V_n$  при движении ленты, не совпадающем с направлением рабочего хода;  $1,5 V_n$  при совпадении движения ленты с направлением рабочего хода. Таким образом, основной задачей бесстопового перехода является определение этих скоростей движения ленты. Функциональная схема дискриминатора скорости изображена на рис. 6. Работает дискриминатор аналогично схеме автостопа, только

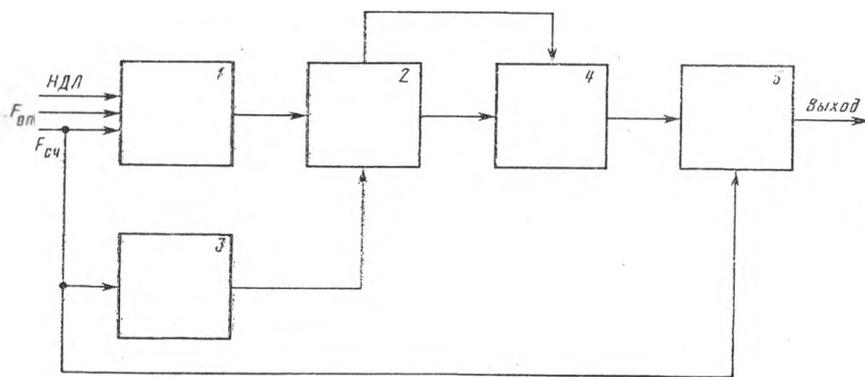


Рис. 6. Схема дискриминатора скорости:

1 — схема совпадения; 2 — счетчик; 3 — схема выделения импульсов установки; 4 — триггер установки; 5 — выходной триггер

сравнение периода следования импульсов  $F_{сч}$ , соответствующих скорости движения ленты, производится с некоторой опорной частотой  $F_{оп}$ , что позволяет определить граничные скорости движения ленты. Дискриминаторы скорости на  $0,1 V_n$  и  $1,5 V_n$  отличаются только объемом счетчика 2.

Дистанционное управление видеоманитофона «Кадр-103СЦ» выполнено с уплотнением передачи команд управления [4]. Все команды, необходимые для дистанционного управления, формируются в «строку данных», частота передачи которой выбрана равной телевизионной. Подтверждение о переходе аппарата в режим также передается «строкой данных», т. е. связь пульта дистанционного управления с видеоманитофоном осуществляется двумя коаксиальными кабелями.

Структура строки данных команд управления и строки данных команд подтверждения приведена в таблице, а форма — на рис. 7. Объем «строки данных», равный 32 бит, позволяет реализовать при дистанционном управлении все режимы работы видеоманитофона, в том числе и автоматизированный электронный монтаж программы с использованием встроенной системы электронного монтажа.

Система уплотнения команд функционально состоит из двух блоков: формирователя «строки данных» и дешифратора «строки данных», структурные схемы которых приведены на рис. 8 и 9.

Строка данных команд управления		Номера бит	Строка данных команд подтверждения	
Наименование команд управления	Логические уровни исполнения		Логические уровни исполнения	Наименование команд подтверждения
АВТОМАТ	0	1	0	АВАРИЯ
ВКЛ. СТОП	0	2	0	КН. СТОП
ВКЛ. РЕПЕТИЦИЯ	0	3	0	СИНХРОН. АЭМ
ВКЛ. ПРЕДУСТАНОВКА	0	4	0	КН. ПРЕДУСТАНОВКА
ВКЛ. МОНТАЖ	0	5	0	МОНТАЖ
ВКЛ. СИНХРОН.	0	6	0	СИНХРОНИЗАЦИЯ
ВКЛ. ПОИСК	0	7	0	ПОИСК
ВКЛ. ПЕРЕМОТКА	0	8	0	ПЕРЕМОТКА
X 4	1	9	0	ПРЕДУСТАНОВКА
X 3	1	10	0	СБОРКА
X 2	1	11	1	РЕЗЕРВ
X 1	1	12	0	РЕПЕТИЦИЯ
ВКЛ. КОНЕЦ	0	13	0	КОНЕЦ
ВКЛ. НАЧАЛО	0	14	0	НАЧАЛО
ВКЛ. ПРОДОЛЖЕНИЕ	0	15	0	ПРОДОЛЖЕНИЕ
ВКЛ. ВСТАВКА	0	16	0	ВСТАВКА
ВКЛ. КОД	0	17	0	КОД
ВКЛ. ШАГ	0	18	0	ШАГ
ВКЛ. ЗАМЕДЛЕНИЕ	0	19	0	ЗАМЕДЛЕНИЕ
ВКЛ. ВИДЕО	0	20	0	ВИДЕО
ВКЛ. ЗВУК 1	0	21	0	ЗВУК 1
ВКЛ. ЗВУК 2	0	22	0	ЗВУК 2
ВКЛ. ЗВУК 3	0	23	0	ЗВУК 3
ВКЛ. ЗВУК 4	0	24	0	ЗВУК 4
ВКЛ. ЭФИР	0	25	0	ДУ ПЕРЕДАНО
ВКЛ. МАРКЕР	0	26	0	МАРКЕР
ВКЛ. ЗАПИСЬ	0	27	0	ЗАПИСЬ
ВКЛ. ПП	0	28	0	ПП
ВКЛ. ПО	0	29	0	ПО
РЕЗЕРВ	1	30	0	СТОП
ВКЛ. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ	0	31	0	ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ
ВКЛ. ПОДГОТОВКА	0	32	0	ПОДГОТОВКА

- Примечания: 1. Включение команд и подтверждение исполнения команд проходит уровнем «0».
2. Разряды сигналов системы управления скоростью движения ленты передаются в прямых значениях.

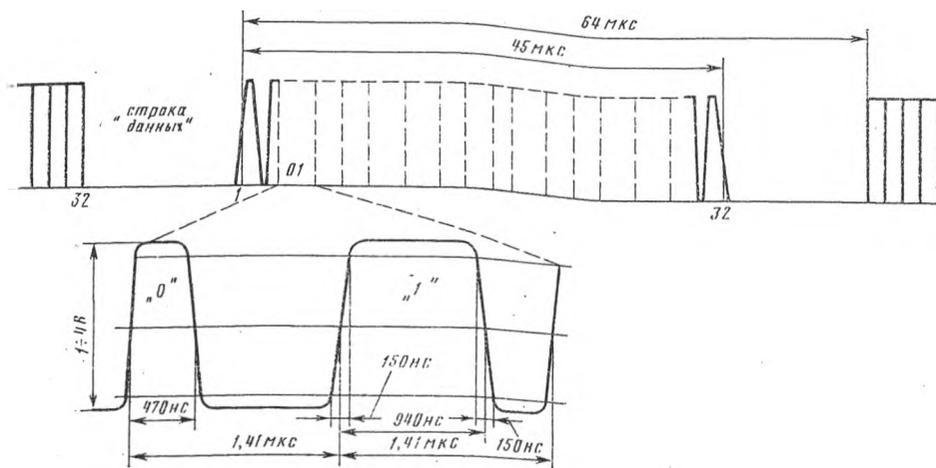


Рис. 7. Форма строки данных команд управления

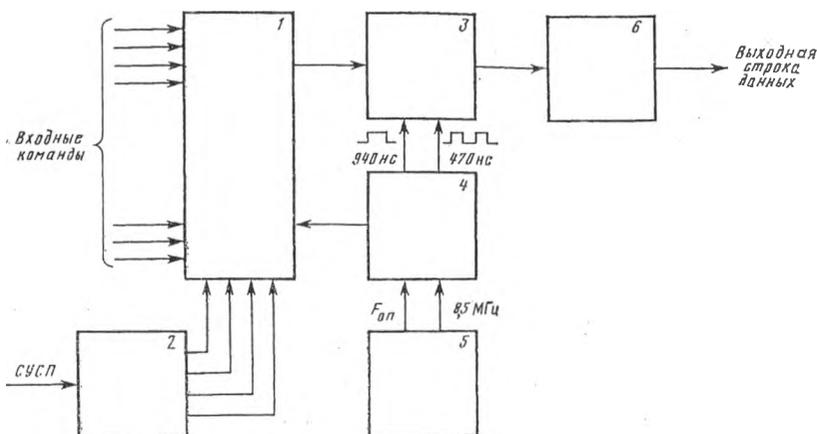


Рис. 8. Структурная схема формирователя «строки данных»:  
 1 — коммутатор; 2 — АЦП; 3 — модулятор; 4 — формирователь временных бит;  
 5 — генератор; 6 — линейный усилитель

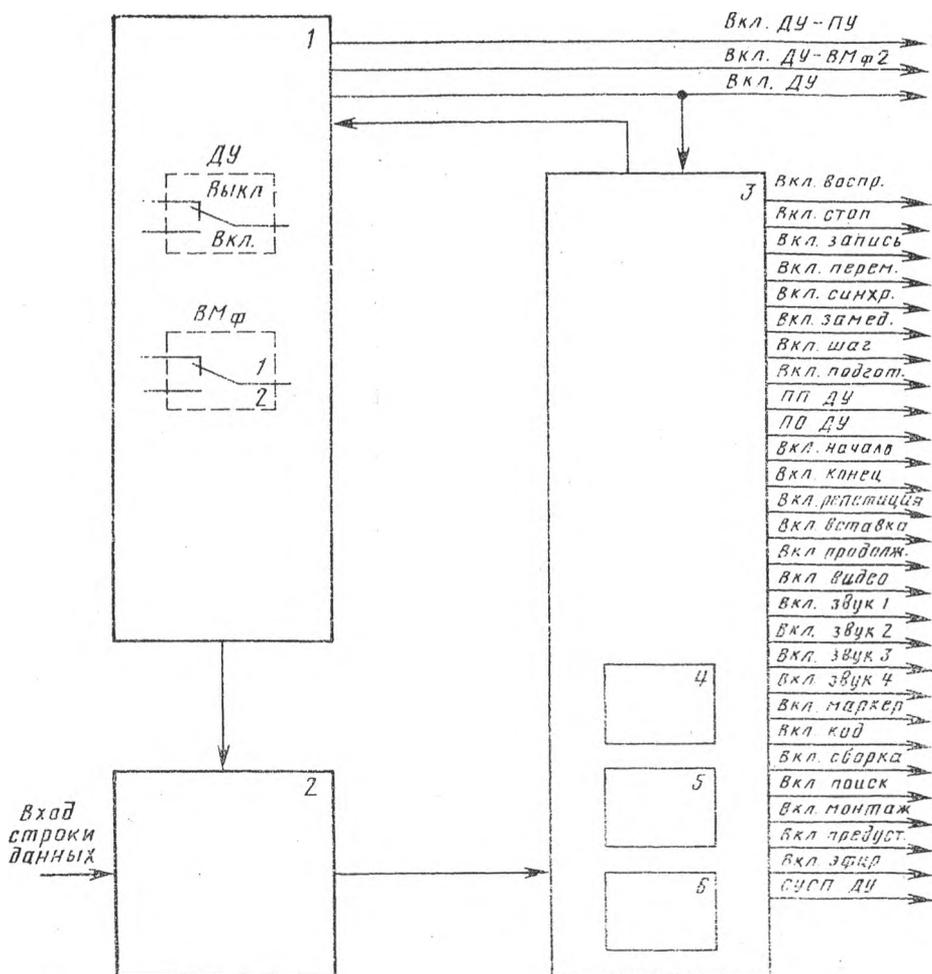


Рис. 9. Структурная схема дешифратора «строки данных»:

1 — формирователь команд ДУ; 2 — формирователь; 3 — дешифратор; 4 — ЦАП; 5 — демультиплексор; 6 — сдвиговый регистр

Управление режимами работы видеоманитфона осуществляется при помощи потенциальных команд ТТЛ уровня. Для исключения влияния возможного обрыва в соединительных жгутах при обмене командами принято следующее: наличие команды передается низким уровнем (логический «0»), отсутствие команды передается высоким уровнем (логическая «1»).

Команды управления, формирующиеся на ПДУ, поступают на коммутатор (мультиплексор), на него же поступает сигнал управления скоростью перемотки (СУСП), который предварительно из аналоговой формы преобразуется в цифровую в 4-разрядном АЦП. С коммутатора уплотненный по времени сигнал поступает в модулятор, где он модулируется тактовой частотой с формирователя временных бит и с магистрального усилителя передается в линию. На приемной стороне уплотненный сигнал поступает на формирователь и далее через сдвиговый регистр на демультиплексор. Синхронизация работы мультиплек-

сора осуществляется строчной частотой, а демультимплексора — от модулированного сигнала, т. е. происходит самосинхронизация от принимаемого сигнала.

Результаты испытаний показали работоспособность системы временного уплотнения команд при дистанционном управлении видеомагнитофоном «Кадр-103СЦ» на расстоянии до 250 м.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пархоменко В. И., Лишин Л. Г., Лазарев В. И. Одноголовочный видеомагнитофон «Кадр-103» // Радио и телевидение ОИРТ, 1976, № 3, 24—34.
2. Шапиро А. С., Голованов В. А. Встроенная система монтажа в профессиональном наклонно-строчном видеомагнитофоне // Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 82—94.
3. Техника магнитной видеозаписи / Гончаров А. В., Лазарев В. И., Пархоменко В. И., Штейн А. Б. — М.: Энергия, 1978.
4. Голованов В. А., Гольцов В. В. Система уплотнения команд управления видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» // Совершенствование технической базы, организации и планирования телевидения и радиовещания: Тез. докл. I Всесоюз. науч.-техн. конф. / ВНИИТР. — М., 1984. — С. 97—98.

Статья поступила в редакцию 25 октября 1985 г.  
После доработки 11 августа 1988 г.

*Л. Г. ЛИШИН, В. Л. ХАВИН, А. В. КОЛПАКОВ,  
В. И. КАЛЯЕВ*

## КАНАЛ ИЗОБРАЖЕНИЯ ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»

Видеомагнитофон «Кадр-103СЦ» — первый отечественный профессиональный видеомагнитофон формата *S/EBU*, рекомендованного МЭК [1] для европейских стран и стран, использующих ТВ-стандарт 625/50. Этот несегментный формат записи обеспечивает возможность сквозного контроля записи и получения широкого набора спецэффектов от стоп-кадра, замедления и ускорения до реверса, без привлечения памяти на кадр. Указанные особенности формата определили состав и назначение отдельных звеньев канала изображения видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» [2], которые рассмотрены ниже.

### 1. Структурная схема канала изображения и особенности реализации электронных узлов

Структурная схема канала изображения видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» приведенная на рис. 1, в общих чертах схожа с приведенной в работе [3] структурной схемой четырехголовочного видеомагнитофона, но имеет ряд особенностей, обусловленных форматом записи:

- наличие одного усилителя записи (одна универсальная головка — ГУН) и двух коммутируемых предварительных усилителей воспроизведения (ПУВ) для универсальной (ГУН) и воспроизводящей (ГВ) видеоголовок;
- наличие дополнительного генератора стирания и вращающейся головки видеостирания;
- наличие ВЧ-корректора АЧХ канала записи при использовании ферритовых видеоголовок;
- возможность организации режима сквозного канала при записи;
- отсутствие АРХЧ по головкам вследствие одноголовочного способа записи и воспроизведения.

Канал изображения видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» может быть разбит на ряд крупных систем и блоков:

- система синхронизации;
- частотный модулятор;
- усилитель записи;
- блок вращающихся головок с магнитной лентой (система головка-лента);
- ПУВ и усилитель-корректор воспроизводимого ЧМ-сигнала;
- частотный демодулятор;
- блок предварительной обработки видеосигнала.

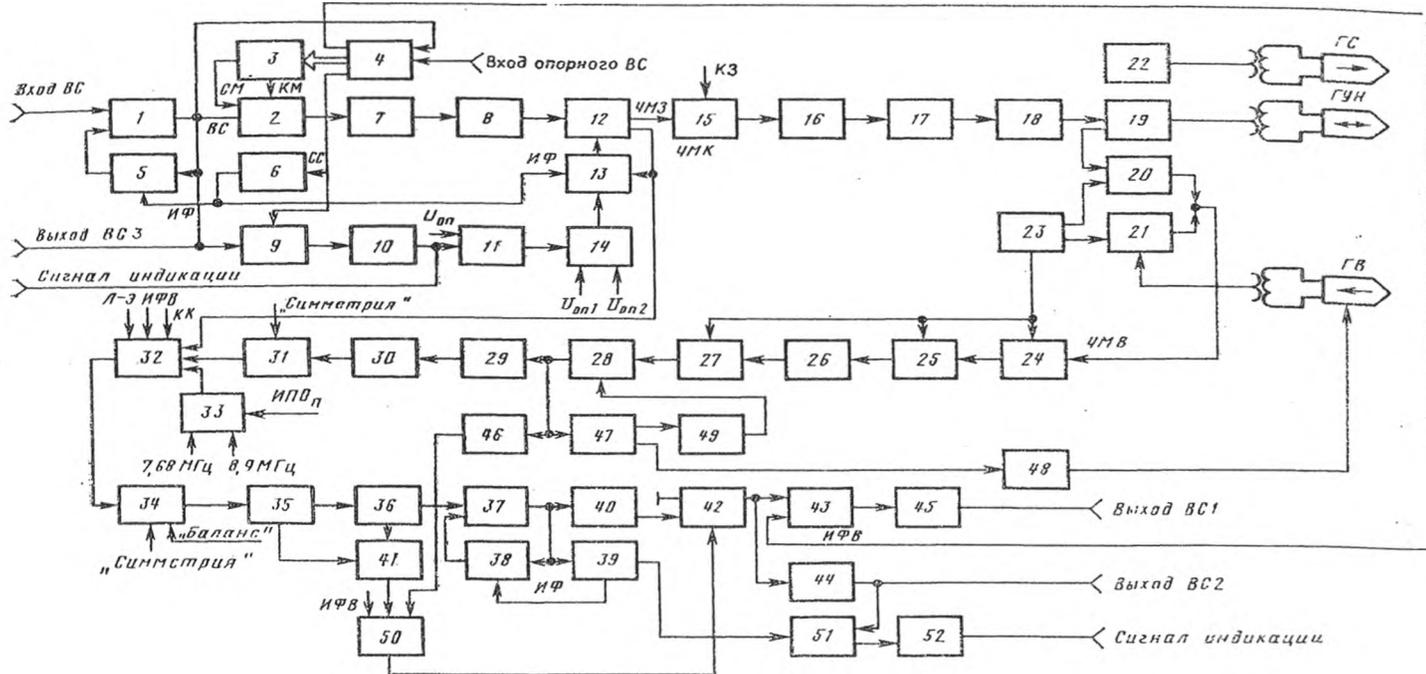


Рис. 1. Структурная схема канала изображения видеоманитофона «Кадр-103СII»:

1 — входной видеоусилитель; 2 — коммутатор; 3 — формирователь маркерной строки; 4 — блок синхронизации; 5 — управляемая схема фиксации уровня гашения; 6 — элемент задержки; 7 — регулятор девиации; 8 — цепь НЧ-предыскажений; 9 — пиковый детектор; 10 — УПТ; 11 — компаратор; 12 — управляемый автогенератор с делителем частоты на 2; 13 — АПЧ; 14 — коммутатор; 15 — ключ; 16 — регулятор тока записи; 17 — цепь ВЧ-предыскажений; 18 — усилитель записи; 19 — коммутатор; 20 — ПУВ ГУН; 21 — ПУВ ГВ; 22 — генератор видеостриания; 23 — формирователь команды ГУН/ГВ; 24 — корректор дифференциального усиления; 25 — корректор дифференциальной фазы; 26 — 1-й корректор АЧХ канала воспроизведения; 27 — 2-й корректор АЧХ канала воспроизведения; 28 — усилитель ЧМ; 29 — ФНЧ 18 МГц; 30 — шумоподающий фильтр с линейно-падающей АЧХ; 31 — амплитудный ограничитель с регулируемой симметрией; 32, 33 — коммутатор; 34 — амплитудный ограничитель с регулируемой симметрией и формирователь ЧИМ-сигнала удвоенной частоты несущей; 35 — фазокорректированный ФНЧ 6 МГц; 36 — цепь коррекции НЧ-предыскажений; 37 — видеоусилитель; 38 — управляемая схема фиксации уровня гашения; 39 — синхроселектор с элементом задержки; 40 — ФНЧ 12 МГц; 41 — детектор импульсных помех; 42, 43 — коммутатор; 44, 45 — видеоусилитель; 46 — детектор выпадений; 47 — детектор огибающей воспроизводимого ЧМ-сигнала; 48 — система автотрекинга; 49 — АРУ; 50 — схема «И»; 51 — пиковый детектор; 52 — УПТ. ИФ — импульсы фиксации; СМ — сигнал маркирования; СС — синхросигнал; ЧМЗ — записываемый ЧМ-сигнал; ЧМК — кольцевой ЧМ-сигнал (режим «Электроника»); ИФВ — импульс форматного выпадения; Л-Э — команда «лента-электроника»; КК — команда «калибровка»; ЧМВ — воспроизводимый ЧМ-сигнал; ИПОп — опорные импульсы частоты полей; КЗ — команда «запись»; КМ — команда «маркер»

Входной ТВ-сигнал поступает на усилитель-распределитель с несколькими выходами, охваченный цепью ООС по напряжению, обеспечивающей фиксацию ТВ-сигнала по уровню гашения в интервалах заданной площадки строчного гасящего импульса. Импульсы фиксации выработываются из синхросигнала, селективируемого из входного или опорного ТВ-сигнала, или представляют собой импульсы частоты строк, формируемые из сигнала кварцевого генератора при автономном режиме работы видеоманитофона. Один из выходных ТВ-сигналов усилителя-распределителя поступает на вводной щиток, другой — на блок контроля, третий — на синхроселектор блока синхронизации, четвертый — в цепь фиксации уровня гашения ТВ-сигнала и на пиковый детектор и, наконец, последний — через коммутатор на регулятор девиации. Выходной сигнал пикового детектора используется для индикации уровня входного ТВ-сигнала на панели управления, а также определения его присутствия. Для этого используется компаратор, выходной сигнал которого равен 1 при наличии ТВ-сигнала и 0 — при его отсутствии. Посредством этого логического сигнала осуществляются аварийная сигнализация на панели управления, переключение цепей фиксации уровня гашения и АПЧ в непрерывный режим и коммутация опорного напряжения для компаратора цепи АПЧ [4]. В коммутаторе во входной ТВ-сигнал в интервалах 21 и 333 ТВ-строк замешиваются маркерные строки (рис. 1), содержащие расширенный строчный синхримпульс и радиопульс, частота заполнения которого меняется от поля к полю. Этот сигнал используется для правильной кадровой и цветовой синхронизации воспроизводимого ТВ-сигнала в режиме сквозного контроля и спецрежимах при работе совместно с ЦКВИ «Цифра-101» [5] и вычеркивается на выходе последнего. В дальнейшем коммутатор будет использован для замешивания во входной ТВ-сигнал вертикального адресно-временного кода SMPTE [6], который обеспечивает возможность монтажа в спецрежимах и показровую запись.

С регулятора девиации ТВ-сигнал поступает через стандартную цепь НЧ-предыскажений, параметры которой в формате «С»:  $\tau_1 = 180$  нс,  $\tau_2 = 610$  нс,  $K_{np} = 3,39$  — на управляющий вход автогенератора. Автогенератор выполнен по схеме несимметричного мультивибратора с эмиттерной связью на разнополярных транзисторах и формирует очень короткие импульсы (менее 3 нс), частота повторения которых пропорциональна уровню входного сигнала и равна удвоенному стандартному значению частоты несущей (ЧИМ-2). Сигнал ЧИМ-2 поступает на входы двух делителей частоты на триггерах, выполненных на ЭСЛ-ИС, что обеспечивает высокую симметрию формируемых ЧМ-сигналов. Выходной ЧМ-сигнал первого триггера поступает на вход коммутатора демодулятора и используется в режиме контроля электроники, а второго триггера — после регулировки по уровню на вход усилителя записи, в котором подвергается ВЧ-предыскажениям. Выход усилителя записи через бесконтактный ферритовый токосъемник и контакты реле записи воспроизведения подключен к ГУН. Во время воспроизведения второй триггер заперт, выход усилителя записи закорочен на землю, имеющимся в нем реле, а реле вращающегося усилителя коммутирует ГУН со входом ПУВ ГУН. Согласно международным рекомендациям [1], в видеоманитофоне «Кадр-103СЦ» применена следующая расстановка опорных частот ЧМ-сигнала и форма АЧХ канала записи:

частота, соответствующая уровню синхримпульсов,  $7,16 \pm 0,05$  МГц;

частота, соответствующая уровню гашения,  $7,68 \pm 0,05$  МГц;

частота, соответствующая уровню белого,  $8,9 \pm 0,05$  МГц;

форма АЧХ канала записи соответствует форме АЧХ интегрирующей RC-цепи с постоянной времени  $\tau = 28$  нс.

Стабильность несущей частоты обеспечена системой АПЧ, в основу которой положен принцип сравнения опорного напряжения с продетек-

тированным ЧМ-сигналом модулятора в интервале задней площадки строчного гасящего импульса модулирующего ТВ-сигнала. Остаточная нестабильность несущей частоты при этом не превышает  $\pm 25$  кГц. При снятии со входа аппарата ТВ-сигнала происходит автоматическая коммутация опорного напряжения в цепи АПЧ и перевод последней в непрерывный режим работы. При этом частота несущей устанавливается равной  $8,3 \pm 0,01$  МГц, что позволяет быстро и точно измерить и отрегулировать уровень устранимой комбинационной помехи в канале изображения [4]. Для этого на вход аппарата необходимо подать синусоидальный сигнал частотой 3,9 МГц, а на выходе демодулятора измерить уровень комбинационной помехи частотой 4,4 МГц относительно полезного сигнала. Такая система позволяет также автоматизировать процесс записи измерительных лент и упростить измерения видеоманитофона.

Предварительные усилители ГУН и ГВ объединены по выходу и подключены через верхний бесконтактный токосъемник ко входу усилителя-корректора ЧМ-канала [2]. При этом работает тот усилитель, на который подано напряжение питания +12В, а в режиме сквозного канала автоматически включается ПУВ ГВ. На входе ЧМ-корректора, где размах сигнала еще мал, включены корректоры ДУ и ДФ, выполненные на базе дифференциальных усилителей с малым уровнем нелинейных искажений. Регулировочные элементы корректоров коммутируются в режимах воспроизведения ГУН/ГВ, что обеспечивает отдельные по головкам регулировки ДУ и ДФ. Корректор АЧХ ЧМ-канала состоит из двух последовательно включенных косинусных корректоров, причем регулирующий элемент последнего коммутируется аналогично корректору ДУ. Выходной ЧМ-сигнал корректора ЧМ-канала усиливается оконечным усилителем ЧМ-сигнала, содержащим АРУ, детектор огибающей для системы автотрекинга и ФНЧ с частотой среза 18 МГц. Суммарный уровень нелинейных искажений в канале воспроизведения не превышает 0,1%. Уровень воспроизводимого скорректированного ЧМ-сигнала индицируется на панели управления. Отфильтрованный и скорректированный ЧМ-сигнал обрабатывается шумоподавляющим фильтром с линейно-спадающей АЧХ, построенным на базе косинусного корректора с точкой перегиба АЧХ на частоте 14,5 МГц и амплитудного выравнивателя, корректирующего форму АЧХ косинусного корректора в диапазоне 1—3 МГц, и поступает на первый симметричный амплитудный ограничитель (АО) с регулировкой симметрии. Выходной ЧМ-сигнал первого АО поступает на первый вход коммутатора демодулятора, на второй вход которого поступает ЧМ-сигнал с выхода первого триггера модулятора, а на третий вход — калибровочный сигнал в форме радиоимпульсов длительностью около 600 мкс, частота заполнения которых чередуется от поля к полю (7,68 МГц/8,9 МГц). Коммутатор управляется сигналом, формируемым из команд «лента-электроника» и «калибровка» и импульсов форматного выпадения длительностью около 700 мкс. Коммутатор построен на быстродействующих логических элементах и обеспечивает переходное затухание между каналами более 60 дБ. Выходной сигнал коммутатора после обработки во втором АО с регулировкой симметрии поступает на вход преобразователя ЧМ-ЧИМ 2. Суммарная глубина ограничения в канале воспроизведения достигает 90—100 дБ.

В преобразователе ЧМ-ЧИМ 2 демодулятора типа счетчика импульсов происходит формирование импульсов длительностью не более 15 нс в моменты переходов ЧМ-сигнала через ноль. Преобразователь ЧМ-ЧИМ 2 балансируется по минимуму уровня несущей в спектре выходного ЧИМ-сигнала удвоенной частоты, из которого затем отфильтровывается видеосигнал. С помощью ФНЧ с фазовым корректором из усиленного ЧИМ-сигнала выделяется ТВ-сигнал. При этом частота сре-

за равна 6 МГц, неравномерность АЧХ в полосе 0...5,3 МГц не более —0,1 дБ, гарантированное затухание 55,6 дБ. Фазовый корректор для ФНЧ синтезирован по методике, изложенной в работе [7]. Отфильтрованный ТВ-сигнал усиливается, подвергается НЧ-коррекции и фиксируется по уровню гашения. При этом сигнал ошибки фиксации поступает с разными коэффициентами усиления в три точки демодулятора, обеспечивая надежную фиксацию к 0 В при разных скоростях ленты, в том числе при перемотке (режим поиска) [8]. Искаженные выпадениями и импульсными помехами участки воспроизводимого ТВ-сигнала замещаются уровнем гашения, что необходимо для нормальной работы подключенного к выходу аппарата ВСВ-1 цифрового корректора временных искажений «Цифра-101» [5].

При работе с устройствами аналоговой обработки, например с регенератором РГ-100 (выход ВСВ-2) [9], в интервале форматного выпадения замещается опорный ТВ-сигнал. При правильной фазировке ГУН и ГВ относительно строчки записи переключения с воспроизводимого ТВ-сигнала на опорный производится в интервале между первой и второй врезками. Сигнал замещения выпадений формируется путем объединения импульсов детектора выпадений, реагирующего на падение уровня воспроизводимого ЧМ-сигнала более чем на 16 дБ, и сигнала детектора импульсных помех, подключенного к точке соединения ФНЧ и фазового корректора, за счет чего образуется необходимая задержка ТВ-сигнала относительно импульсов замещения помех (около 0,6 мкс). При этом двухпороговый компаратор реагирует на помехи, пересекающие по амплитуде уровни белого и синхроимпульсов в воспроизводимом ТВ-сигнале [10].

## 2. Основные характеристики канала изображения

Основные характеристики канала изображения видеомagneитофона тесно связаны с параметрами канала магнитной записи-воспроизведения, которые в видеомagneитофонах формата «С» отличаются от характеристик четырехголовочного видеомagneитофона. Это вызвано вдвое меньшей скоростью записи и в 1,5 раза более узкой строчкой записи, а также использованием ферритовых видеоголовок и ВЧ-предыскажений в канале записи, компенсирующих потери в головках. На рис. 2 приведены схема и АЧХ цепочки ВЧ-предыскажений, рекомендованной МЭК [1] для видеомagneитофонов формата «С» при использовании в них ферритовых головок. При использовании сендастовых головок эта цепочка должна быть отключена. При точной коррекции канала изображения соотношение между уровнем немодулированной несущей и уровнем аддитивной помехи в полосе выше частоты несущей ухудшается примерно на 1 дБ и может считаться равномерным, а ниже несущей оно быстро улучшается с уменьшением частоты. С учетом этого известное выражение для расчета отношения сигнал/помеха на выходе канала изображения видеомagneитофона [11] принимает следующий вид:

$$\psi_{\text{вс}} = \frac{\Delta\omega K_{\text{пр}}}{\frac{u_{\text{ш}}}{u_0} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\omega_0}^{\omega_r} \omega^2 \left(1 - \frac{\omega}{\omega_{\text{ш}\phi_0} - \omega_n}\right)^2}}, \quad (1)$$

где  $\Delta\omega$  — девиация частоты несущей в области нижних модулирующих частот;

$K_{\text{пр}}$  — коэффициент НЧ-предыскажений;

$\omega_r$  — граничная частота канала изображения (ФНЧ демодулятора);

- $\omega_n$  — частота несущей, соответствующая 30%-ному уровню яркости;
- $\omega_{ш\phi_0}$  — частота нуля АЧХ шумоподавляющего фильтра с линейно спадающей АЧХ;
- $u_{ш}/u_0$  — уровень флуктуационной помехи (аддитивного шума) относительно немодулированной несущей на выходе предварительного усилителя воспроизведения.

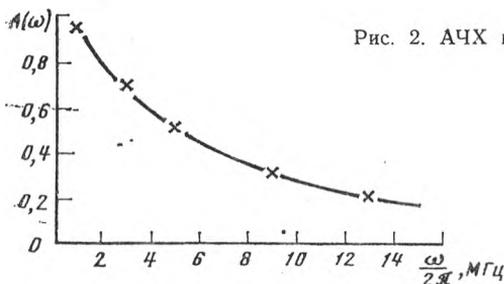
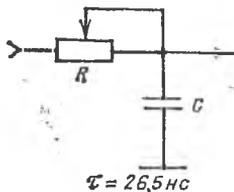


Рис. 2. АЧХ цепи коррекции канала записи

После преобразования получим:

$$\Psi_{вс} = \Delta\omega K_{пр} / \frac{u_{ш}}{u_0} \omega_r \sqrt{\frac{\omega_r}{2\pi} \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{2} \frac{\omega_r}{(\omega_{ш\phi_0} - \omega_n)} + \frac{1}{5} \frac{\omega_r^2}{(\omega_{ш\phi_0} - \omega_n)^2} \right)}. \quad (2)$$

При  $f_r = 6$  МГц,  $f_n = 8,0$  МГц,  $f_{ш\phi_0} = 14,5$  МГц,  $K_{пр} = 3,4$  и  $u_{ш}/u_0 = = 1,26 \cdot 10^{-5}$  получаем  $\Psi_{вс} = 44,8$  дБ. Практически измеренное отношение сигнал/помеха на выходе канала изображения оказалось несколько ниже расчетного и составило 43,3 дБ. Это расхождение объясняется рядом идеализаций, принятых при выводе формулы (1), состоящих в том, что шумами ниже частоты несущей пренебрегалось, а распределение шума выше частоты несущей считалось равномерным, хотя на самом деле уровень шума с увеличением частоты слабо растет (примерно на 1 дБ в полосе 8... 14 МГц) на входе ограничителя демодулятора. Значение отношение сигнал/помеха, рассчитанное с учетом лишь шумов размагниченной ленты на основе полученного Дж. Маллинсоном [12] выражения, составляет 46,4 дБ. Это указывает на то, что в видеоманитофоне «Кадр-103СЦ» отношение сигнал/помеха пока еще определяется не только шумами размагниченной ленты, но и шумами головки и входного каскада ПУВ.

Зная отношение сигнал/помеха можно оценить пропускную способность канала изображения и реализуемую с его помощью поверхностную плотность записи [13]. Они соответственно составляют 81,5 Мбит/с и 1,8 Мбит/см<sup>2</sup>. В табл. 1 приведены результаты измерений параметров канала изображения видеоманитофона «Кадр-103СЦ».

**Результаты измерений параметров  
канала изображения видеоманитофона «Кадр-103СЦ»**

Параметры	Режим	
	„Электроника“	„Воспроизведе- ние“
Неравномерность АЧХ в полосе 0—5 МГц, дБ	$\pm 0,2$	+0,5
на частоте 6 МГц, дБ	0	-1
К-фактор, %	0,5*	0,75*
Дифф. усиление, %	1	4
Нелинейные искажения сигнала яркости, %	2	2
Отношение сигнала яркости к флуктуа- ционной помехе, дБ		
собственная запись	56	43
„чужая“ запись	56	42
Отношение сигнала яркости к комбинаци- онной помехе, дБ	55	40
Отношение сигнала яркости к фоновой помехе, дБ	55	45
Остаточная временная ошибка, нс	—	$\pm 20$ (СЕКАМ)

\* Измерено с помощью синусквадратичного импульса 200 нс.

Канал изображения видеоманитофона «Кадр-103СЦ» настраивается с помощью измерительной ленты (ЛИМ), на которой в определенной последовательности записаны телевизионные испытательные сигналы. С их помощью производится полная коррекция каналов воспроизведе-  
ния ГУН и ГВ. Затем устанавливается рабочая катушка с лентой и осуществляется регулировка канала записи в режиме сквозного контро-  
ля, для чего сначала по максимуму ЭДС воспроизведения устанавли-  
вается оптимальный ток записи, а затем по минимуму неравномерно-  
сти АЧХ канала изображения выставляется постоянная времени цепи  
ВЧ-предыскажений канала записи. После этого с помощью специальной  
схемы регулируется дифференциальное усиление по каналу записи пу-  
тем предыскажений АЧХ в области нижней боковой полосы записывае-  
мого ЧМ-сигнала. В табл. 2 приведены результаты настройки канала  
изображения видеоманитофона «Кадр-103СЦ» по ЛИМ BR5-2 PS-A4  
фирмы «Сони», которые одновременно дают представление о взаимоза-  
меняемости (воспроизведение собственной записи, сделанной ГУН с  
помощью ГВ после настройки канала изображения по ЛИМ).

Таблица 2

**Основные параметры канала изображения  
для универсальных головок с различным азимутом зазора**

Параметры	ГУН 3655		ГУН 3330		ГУН 3665				
	ЛИМ	Собствен- ная запись	ЛИМ	Собствен- ная запись	ЛИМ	Собствен- ная запись			
		ГУН   ГВ		ГУН   ГВ		ГУН   ГВ			
АЧХ, неравномерность в по- лосе 0—5 МГц, дБ	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	
Дифф. усиление, %	3	4	5	3	5	6	3	3	4
Отношение сигнала яркости к флуктуационной помехе, невзвешенное значение, дБ	44	43	39	43	43	37,5	44	43	42
Азимут зазора ГУН, мкм		0,15		0,75				0,1	

Как можно заметить, качественные показатели воспроизводимого ТВ-сигнала сильно зависят от азимутальных перекосов рабочего зазора видео головок, причем сильнее всего азимут зазора сказывается на отношении сигнал/помеха. Сильное отличие параметров канала изображения в режимах воспроизведения с ГУН и ГВ объясняется наличием кивка последней и крутильными колебаниями пьезопреобразователя. Малая кривизна видеострочки ( $\pm 30$  мкм) обеспечивает хорошую взаимозаменяемость по каналу ГУН, если азимут зазора последней не превышает  $\pm 0,25$  мкм.

Настройка в режиме сквозного контроля, как показывает опыт, затрудняется при малых ЭДС воспроизведения — менее 700 мкВ (размах), так как воспроизводимый ТВ-сигнал сильнее искажается вследствие проникания записываемого сигнала в канал воспроизведения ГВ: уровень перекрестных помех в настоящее время составляет не менее  $-12$  дБ относительно полезного сигнала в области верхней боковой. При этом на воспроизводимом цветном изображении заметны муаровые помехи. Снижение перекрестных помех в режиме сквозного канала может быть достигнуто за счет построения входного каскада ПУВ по дифференциальной схеме. Этому препятствует отсутствие отечественных сборок малощумящих широкополосных транзисторов. Известную технологическую трудность представляет также выполнение видеоголовки с обмоткой, имеющей средний отвод.

Параметры канала изображения в спецрежимах (ГВ) мало отличаются от параметров воспроизведения при номинальной скорости ленты ввиду незначительности изменения скорости записи при изменении скорости ленты от 0 до  $2 V_n$ .

### 3. Конструктивные особенности узлов канала изображения

Конструктивно канал изображения состоит из десяти электронных блоков, из которых восемь расположены в кассетнице, два в лентопротяжном механизме и БВГ. Каждый электронный блок представляет собой печатную плату с односторонним монтажом элементов, накрытую с обеих сторон металлическими экранами. Земляная шина каждого блока через направляющую разъема выводится на массу аппарата. Оперативные регулировки выведены на лицевые панели блоков и снабжены соответствующими надписями. В верхнем экране блоков имеются отверстия для регулировки подстроечных элементов. Настройка блоков в условиях производства осуществляется на специальных стендах, содержащих вспомогательные электронные схемы.

### В ы в о д ы

1. Первый отечественный видеомагнитофон формата «С» «Кадр-103СЦ» в части параметров канала изображения отвечает требованиям ГОСТ 21051-75 на аппаратные видеозаписи.

2. Настройка канала изображения видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» осуществляется с помощью измерительных лент, что гарантирует взаимозаменяемость, в том числе с зарубежными моделями.

3. Дальнейшее повышение качественных показателей сквозного канала изображения связано с изменением принципа съема сигнала воспроизведения, для чего необходимы интегральные сборки с малощумящими широкополосными транзисторами.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Type C helical video tape recorders. — JEC Standard, Publication 558, First edition, 1982, p. 41.

2. Лишин Л. Г. Видеомагнитофон «Кадр-103СЦ» // Техника кино и телевидения, 1984, № 9.

3. Гончаров А. В., Харитонов М. И. Канал изображения видеомagnитофона. — М.: Радио и связь, 1983. — С. 144.
4. А. с. 1254593 СССР, Н 04 N 5/78. Частотный модулятор для устройств магнитной видеозаписи / В. Л. Хавин, Р. Ш. Рахимзянов. — Оpubл. в Б. И., 1986, № 32.
5. Штейн А. Б., Гергель О. А. Цифровой корректор временных искажений // Техника кино и телевидения, 1984, № 4.
6. Lee V. Hedlund. Ein computergestütztes MAZ-System nach Standart «С» // Fernseh- und Kino-Technik, 1981, N 3.
7. Гинцберг Г. С., Дохновский М. И., Хавин В. Л. Оптимальный синтез на ЭВМ фазовых корректоров для ТВ-каналов // Техника кино и телевидения, 1979, № 4, с. 36—39.
8. А. с. 1334396 СССР, Н 04 N 5/782. Устройство замещения выпадений телевизионного сигнала для видеомagnитофона / В. Л. Хавин, А. В. Колпаков. — Оpubл. в Б. И., 1987, № 32.
9. Лишин Л. Г., Папиоров А. П., Рудман В. И. и др. Регенератор РГ-100 // Техника кино и телевидения, 1978, № 9, с. 55—58.
10. А. с. 1235000 СССР, Н 04 N 5/93. Устройство для обработки телевизионного сигнала, воспроизводимого с видеомagnитофона / В. Л. Хавин, А. В. Колпаков. — Оpubл. в Б. И., 1986, № 20.
11. Техника магнитной видеозаписи / А. В. Гончаров, В. И. Лазарев, В. И. Пархоменко, А. Б. Штейн. — М.: Энергия, 1978.
12. Mallinson J. C. The Signal-to-Noise Ratio a Frequency Modulated Recording // EBU Review, 1975, October, N 153.
13. Хавин В. Л., Колпаков А. В. Оценка и сравнение информационных показателей современных видеомagnитофонов // Проблемы магнитной записи, радиовещания и экономики телевидения: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1983, с. 24—30.

Статья поступила в редакцию 11 августа 1988 г.

В. И. ЛАЗАРЕВ, О. В. МИХЕЙКИНА, А. О. ЯКОВЛЕВ

### СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ БВГ ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»

Система автоматического регулирования САР-СД стабилизирует частоту вращения двигателя БВГ, обеспечивает ее синхронность частоте опорного сигнала видеомагнитофона и правильное фазирование положения видеоголовок относительно ленты. В основе системы САР-СД лежит использование синхронного привода двигателя постоянного тока, частота вращения которого регулируется по закону ФАПЧ [1, 2].

Структурная схема САР-СД приведена на рис. 1. Функционально ее можно разделить на две основные части: синхронный привод и входное устройство. Синхронный привод является основой САР-СД и включает в свой состав: двигатель головок СД — регулируемый объект системы; цифровой автоматический регулятор ЦАР — измерительный элемент, обеспечивающий заданный закон регулирования; сумматор управляющих сигналов; усилитель мощности УМ, который питает двигатель блока головок. На валу двигателя расположены таходатчик ТД и

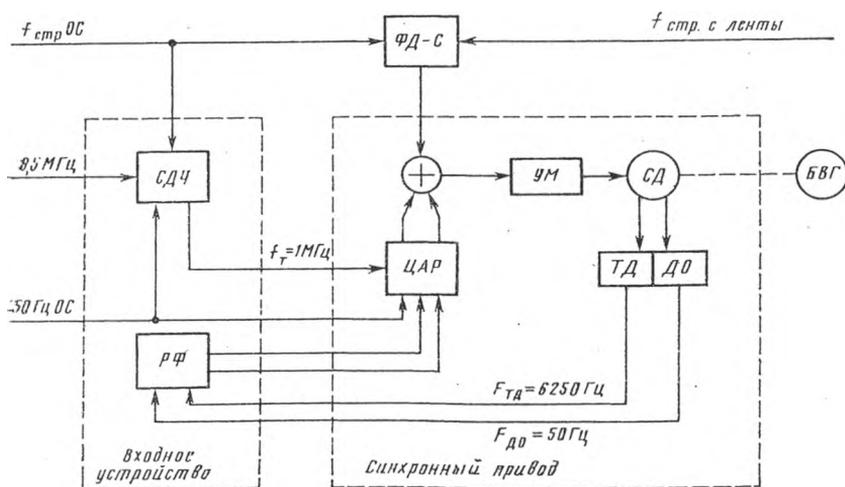


Рис. 1. Структурная схема САР-СД

датчик оборотов ДО. Входное устройство обеспечивает дальнейшее формирование сигналов датчиков синхронного привода и тактовых опорных сигналов. Оно состоит из синхронизированного делителя частоты СДЧ, формирующего сигналы тактовой частоты  $f_T$ , и регулятора фазы РФ, служащего для преобразования сигналов датчиков двигателя ТД и ДО.

На вход СДЧ поступает внешний сигнал с кварцевого генератора частотой 8,5 МГц, несинхронной с частотой опорного сигнала видеоманитона. СДЧ снижает частоту входных сигналов в 8,5 раз и делает ее синхронной частоте опорного сигнала  $f_{стр}$  ОС. Работа СДЧ поясняется схемой и временными диаграммами, приведенными на рис. 2. Выходной сигнал тактовой частоты  $f_T = 1$  МГц образуется на одном из выходов двоичного четырехразрядного счетчика. На его счетный вход

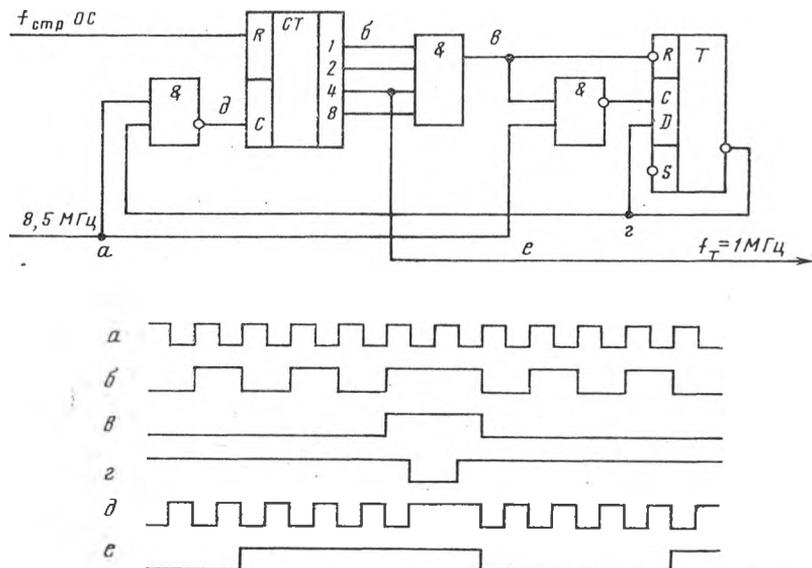


Рис. 2. Схема и временные диаграммы синхронизированного делителя частоты

сигнал поступает с логической схемы, играющей роль схемы вычитания, которая управляется Д-триггером и вычитает из входной последовательности импульсов 8,5 МГц каждый шестнадцатый от начала счета счетчика импульс. Поэтому на счетном входе СДЧ частота сигналов становится равной  $\left(8,5 - \frac{8,5}{17}\right) = 8$  МГц. Так как СДЧ синхронизируется опорной частотой строк  $f_{стр}$  ОС, частота тактовых импульсов  $f_T$  синхронна с опорным сигналом видеоманитона.

Регулятор фазы РФ формирует совпадающие по фазе сигналы частотой 6250 и 50 Гц и позволяет осуществлять одновременную регулировку их временного положения, что фактически заменяет механическую юстировку датчиков. Это достигается включением в цепи формирования сигналов датчиков регулируемых временных задержек. Структурная схема и временные диаграммы регулятора фазы приведены на рис. 3. Основная регулировка временной задержки производится в цепи формирования сигнала частотой 6250 Гц, где последовательно включены два одновибратора  $Ов1$  и  $Ов2$  с общей задержкой,

регулируемой в пределах, несколько больших, чем период повторения входных сигналов,  $\tau_3 \cong T_{\text{та}} = 160$  мкс. Формирование сигналов частотой 50 Гц осуществляется на двух триггерах  $T1$  и  $T2$  таким образом, что сигнал на выходе  $T1$  ( $\theta$ ) совпадает по фазе с сигналом одновибратора  $Oв1$  ( $a$ ), а сигнал на выходе  $T2$  ( $\delta$ ) — с сигналом  $Oв2$  ( $z$ ). В результате образуются две последовательности импульсов частотой:

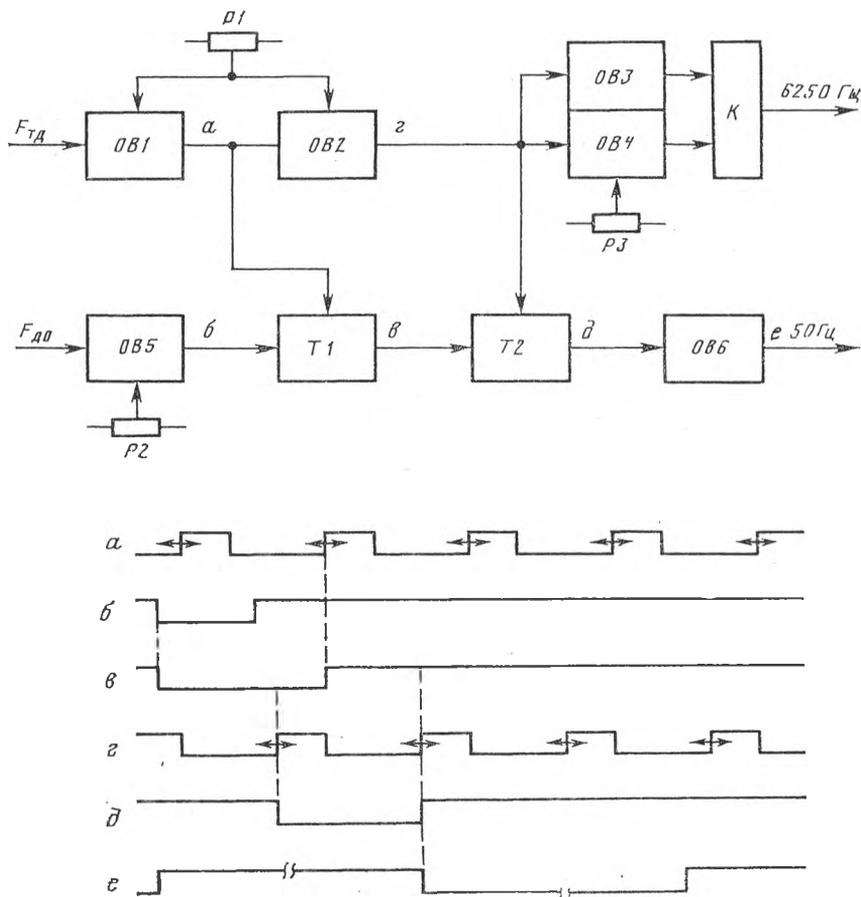


Рис. 3. Структурная схема и временные диаграммы регулятора фазы

6250 Гц ( $z$ ) и 50 Гц ( $\delta$ ), сформированные из соответствующих сигналов датчиков двигателя, совпадающие по фазе и одновременно меняющие свое временное положение плавно в пределах  $\pm 80$  мкс при ручной регулировке с помощью регулятора  $P1$ . Увеличение пределов регулировки производится дискретно с шагом 160 мкс при изменении длительности импульсов одновибратора  $Oв5$  ( $\theta$ ) ручным регулятором  $P2$ ; при этом импульсный сигнал на выходе  $T2$  фазуется со следующим периодом сигнала 6250 Гц на выходе  $Oв2$ . Для надежной устойчивой работы схемы фазирования минимальная длительность импульсов одновибратора  $Oв5$  ограничена величиной 100 мкс. Регулировка этой длительности позволяет осуществлять дискретное изменение временной задержки со значениями 0, 160, 320 мкс.

Далее задержанный сигнал частотой 6250 Гц поступает на два параллельно включенных одновибратора *Ов3* и *Ов4*, один из которых создает постоянную задержку, равную 80 мкс, а другой — регулируемую в пределах от 30 до 130 мкс. Выходные сигналы одного из этих одновибраторов, в зависимости от режима работы *САР*, через коммутатор *К* поступают в качестве сигналов таходатчика на цифровой автоматический регулятор *ЦАР*. В режиме записи на *ЦАР* поступает сигнал, постоянный по длительности, с одновибратора *Ов3*, а в режиме электронного монтажа — сигнал, регулируемый по длительности, с одновибратора *Ов4*. В этом случае регулировка фазы производится как в *САР-СЛ*, так и в *САР-СД*, что позволяет вписывать новые строчки без нарушений шага записи и без временных сдвигов по ТВ-сигналу в местах стыков монтируемых фрагментов. Во время воспроизведения имеется возможность выбора сигнала частотой 6250 Гц, поступающего на *ЦАР*. В условиях взаимозаменяемости, т. е. при воспроизведении «чужой» записи, на вход *ЦАР* поступает сигнал с одновибратора *Ов4* и воспроизводимый ТВ-сигнал фазуется с опорным регулятором *Р3*. При воспроизведении «своей» записи ручной регулировки в системах *САР* не требуется, поэтому на вход *ЦАР* поступает сигнал 6250 Гц с одновибратора *Ов3*. Такой же режим используется при проверке *САР* по измерительной ленте, когда фазирование *САР-СД* производится регулятором *Р1* путем плавного изменения величины задержки в цепях формирования сигналов датчиков. Регулятор *Р2*, обеспечивающий дискретное изменение задержки, используется только при заводской настройке видеоманитофона.

Структурная схема цифрового автоматического регулятора с сумматором приведена на рис. 4. Выходной сигнал сумматора является результатом сложения интегрированных импульсных сигналов частотного *ЧД* и фазового *ФД* дискриминаторов синхронного привода и фазового дискриминатора строчных импульсов *ФД-С*. Все дискриминаторы построены на тактируемых *Д*-триггерах с установочными входами, работающих в счетном режиме с раздельным запуском.

При формировании частотной ошибки используются два одинаковых делителя, на счетные входы которых поступает сигнал тактовой частоты. Один из делителей частоты синхронизируется прямым, а другой — задержанным сигналом таходатчика, полученным с помощью цифровой временной задержки. Последовательности импульсов на вы-

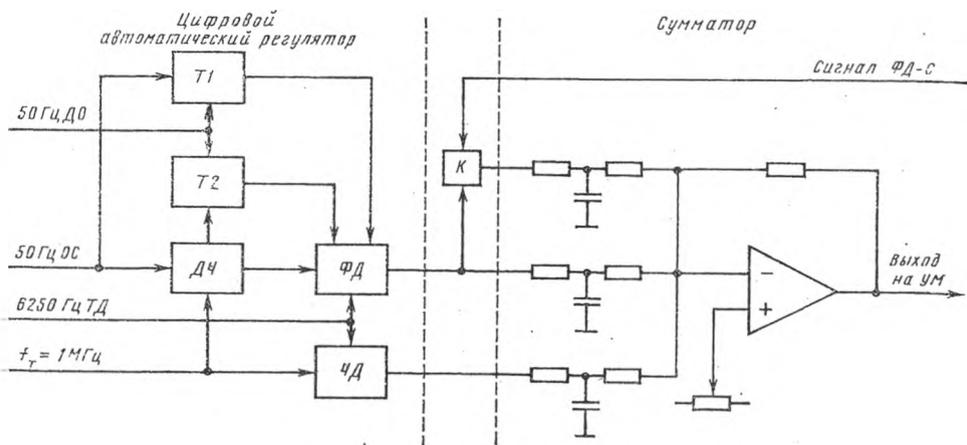


Рис. 4. Структурная схема *ЦАР* с сумматором

ходах делителей частотой 125 кГц оказываются сдвинутыми относительно друг друга на время, равное разности между текущим периодом сигнала таходатчика и временем задержки. Эти две последовательности импульсов запускают триггер частотного дискриминатора, формирующий импульсный сигнал частотой 125 кГц и длительностью, пропорциональной частотной ошибке. Зона пропорционального регулирования ЧД равна  $\pm 2,5\%$  [2].

Сигнал фазовой ошибки формируется триггером ФД, на входы которого поступает задержанный регулятором фазы сигнал таходатчика 6250 Гц и опорный сигнал 6250 Гц, полученный из входных тактовых импульсов  $f_T = 1$  МГц на выходе делителя частоты ДЧ, синхронизированного опорными импульсами полей 50 Гц ОС. Управление работой фазового дискриминатора осуществляется двумя Д-триггерами, один из которых Т1 определяет знак временного рассогласования между опорным сигналом 50 Гц ОС и задержанным сигналом датчика оборотов 50 Гц, а другой Т2 определяет величину ошибки, сравнивая ее с зоной пропорционального регулирования, равной  $\pm 80$  мкс, по принципу «больше» или «меньше». Пока временное рассогласование больше заданной величины в зависимости от его знака выходной сигнал ФД равен логической «1» или логическому «0». Под действием этих сигналов расстройки частота вращения двигателя изменяется таким образом, что временная ошибка между сигналами 50 Гц ОС и ДО уменьшается, и когда она становится меньше  $|80|$  мкс, триггер Т2 включает дискриминатор ФД и вместе с ним цепь ФАПЧ по сигналу таходатчика 6250 Гц. Частота вращения двигателя становится синхронной частоте опорного сигнала  $f_T = 1$  МГц, а фаза его вращения оказывается установленной относительно опорного сигнала 50 Гц ОС.

Синхронный привод двигателя БВГ обеспечивает хорошее качество и высокую точность регулирования. Применение цифровых схем и методов обработки сигналов позволило получить большие коэффициенты передачи по всем цепям регулирования без заметного дрейфа постоянной составляющей. Точность работы системы такова, что если отключить цепь обратной связи и, меняя нагрузку на двигатель в режиме записи, вызвать изменение частоты его вращения на 10%, то включение только цепи частотного дискриминатора уменьшит отклонение частоты вращения в 300 раз, а подключение цепи фазового дискриминатора сделает ее синхронной с опорным сигналом, при этом остаточная статическая ошибка будет не более 1 мкс. Цепь строчного слежения также работает достаточно эффективно и повышает точность фазирования воспроизводимого ТВ-сигнала с опорным в 10 раз.

При наклонно-строчной записи, выполненной по формату «С», лента охватывает барабан на угол, несколько меньший чем  $360^\circ$ , из-за чего часть информации не записывается и в воспроизводимом ЧМ-сигнале существуют форматные выпадения. Эти выпадения располагаются в определенном месте кадровой группы, что так же, как и их продолжительность, определяется требованиями формата записи [3]. Чтобы выполнить эти требования, фаза вращения видеоголовок должна быть всегда согласована с временным положением импульсов полей записываемого ТВ-сигнала и с положением ленты в зоне БВГ. Фрагмент сигналаграммы формата «С» и некоторые его параметры приведены на рис. 5. Для настройки САР важно положение точки А на строчке записи, соответствующее началу 16-го строчного интервала в кадровой группе записываемого ТВ-сигнала. Высота точки А относительно опорного края ленты определяется размером СС, а другой параметр формата — размер S — определяет расстояние, измеренное по ленте от рабочего зазора универсальной магнитной головки УМГ канала управления КУ до точки А. Формат предусматривает возможные отклонения размера СС на величину  $\Delta СС = \pm 0,043$  мм, однако при этом размер S не должен

выходить из допустимых пределов (101,8—102,6) мм. Из указанных допусков на параметры  $CC$  и  $S$  можно определить возможную величину временного сдвига воспроизводимого ТВ-сигнала. При этом следует учитывать, что размер  $CC$  зависит не только от положения точки  $A$  вдоль строчки записи, но и от положения самой строчки записи по высоте относительно опорного края ленты. Последнее не зависит от точки фазирования двигателя головок, а целиком связано с точностью изготовления лентопротяжного механизма и БВГ и их взаимного юстирования. Поэтому если лентопротяжный механизм вместе с БВГ обеспечивает запись строчки относительно края ленты, например, с точностью

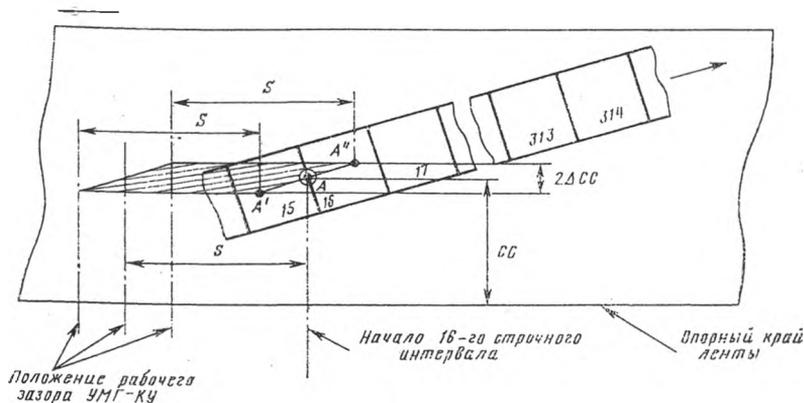


Рис. 5. Фрагмент сигнала формата «С»

не хуже  $\pm 0,01$  мм, то величина временного сдвига в САР-СД, которая еще не будет нарушать требования формата, составит  $\pm 40$  мкс. Именно этот возможный временной сдвиг в условиях взаимозаменяемости устраняется выбором точки фазирования БВГ при ручной регулировке САР-СД.

Взаимосвязь между параметрами  $CC$  и  $S$  дает возможность производить настройку САР как за счет механической регулировки длины отрезка ленты между головкой КУ и зоной БВГ, так и за счет ручной регулировки САР-СД. Как видно из рис. 5, размер  $CC$  изменяется при изменении фазы вращения двигателя, при этом точка  $A$  поднимается ( $A'$ ) или опускается ( $A''$ ) по строчке записи, что и позволяет выбрать такую точку фазирования БВГ, когда полученное значение параметра  $S$  будет равно величине, заданной форматом. Следовательно, возможны два способа настройки САР. Первый способ, когда основная настройка ведется механической установкой длины отрезка ленты от головки КУ до зоны БВГ, а ручная регулировка в САР-СД производится в небольших пределах и только уточняет основную настройку. При втором способе основная настройка приходится на выбор точки фазирования двигателя, и в этом случае в условиях взаимозаменяемости оказывается необходимым производить ручную регулировку в широких пределах как в САР-СД, так и в САР-СЛ, что к тому же может привести к большой (до 10 мс) несинхронности между изображением и звуковым сопровождением. С нашей точки зрения, первый способ является более правильным: имеющиеся в видеомагнитофоне элементы настройки позволяют отрегулировать САР так, что значения рассматриваемых параметров могут быть выдержаны весьма точно, например, на порядок выше, чем они заданы форматом «С». При этом можно

сократить объем ручной регулировки в системах САР-СД и САР-СЛ и свести к минимуму несинхронность изображения и звука, что особенно важно при производстве электронного монтажа.

### В ы в о д ы

Система САР-СД обеспечивает синхронность вращения двигателя БВГ с сигналом тактовой частоты и привязку с большой точностью фазы вращения видеоголовок к опорному сигналу 50 Гц. Использование цифрового автоматического регулятора позволило получить хорошее качество регулирования, а включение в цепи формирования сигналов датчиков двигателя схемы регулируемой задержки позволило отказаться от механической юстировки положения датчика оборотов БВГ и выбирать точку фазирования двигателя головок, исходя из требований формата «С», с помощью электронной регулировки.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Техника магнитной видеозаписи / Под ред. В. И. Пархоменко. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Энергия, 1978.
2. Лазарев В. И., Алексеев Г. И., Лапшов Н. Н. Система регулирования скорости ленты и частоты вращения видеоголовок видеомагнитофона // Проблемы техники и экономики телевизионного вещания: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1982. — С. 61—66.
3. Type C helical video tape recorders. — IEC Standard, Publication 558, 1982.

Статья поступила в редакцию 11 мая 1985 г.

*В. И. ЛАЗАРЕВ И. А. ХАНЕВСКИЙ, Т. И. ЛЕУС*

### **РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ЛЕНТЫ В ВИДЕОМАГНИТОФОНЕ «КАДР-103СЦ» ПРИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ**

Одним из достоинств видеомагнитофонов, работающих по формату «С», является возможность сравнительно простым путем получать при воспроизведении ранее записанной программы различные спецэффекты, к которым относятся замедленное и ускоренное воспроизведение, покадровое воспроизведение и воспроизведение остановленного кадра. Для реализации этих спецрежимов видеомагнитофон должен содержать в своем составе систему автотрекинга и цифровой корректор временных искажений. Кроме этого лентопротяжный механизм видеомагнитофона должен обеспечивать режим рабочего хода не только при номинальной скорости движения ленты, но и при скоростях, отличных от номинальной, в соответствии с требованиями используемых спецрежимов.

Так, в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» есть несколько режимов воспроизведения:

— режим номинального воспроизведения, в котором скорость движения ленты соответствует скорости записи  $V_0$  (это обычный традиционный режим воспроизведения);

— режим воспроизведения при скоростях движения ленты, кратных ее скорости при записи, со значениями  $2 V_0$ ;  $V_0$ ;  $0,5 V_0$ ;  $0,25 V_0$ , при этом время воспроизведения программы оказывается обратно пропорциональным кратности скоростей движения ленты. При воспроизведении со скоростью  $2 V_0$ , благодаря работе системы автотрекинга, видеоголовки производят ЧМ-сигнал не с каждой строчки записи, а через строчку, пропуская каждое четное или нечетное поле. При замедленном воспроизведении, например, со скоростью  $0,5 V_0$ , система автотрекинга управляет положением видеоголовки по высоте так, что ЧМ-сигнал производится дважды с каждой строчки записи. Восстановление стандартного телевизионного сигнала производится цифровым корректором временных искажений;

— режим покадрового воспроизведения, при котором скорость движения ленты устанавливается меньше чем  $0,1 V_0$ , благодаря чему смена кадров (полей) изображения оказывается заметной;

— режим воспроизведения остановленного кадра или режим стоп-кадра, при котором лента остановлена и воспроизводимое изображение неподвижно.

Во всех режимах воспроизведения движение ленты производится ведущим валом, а управление скоростью этого движения ведется регулированием частоты вращения ведущего двигателя постоянного тока *ВД* системой *САР-СЛ*, структурная схема которой приведена на рис. 1.

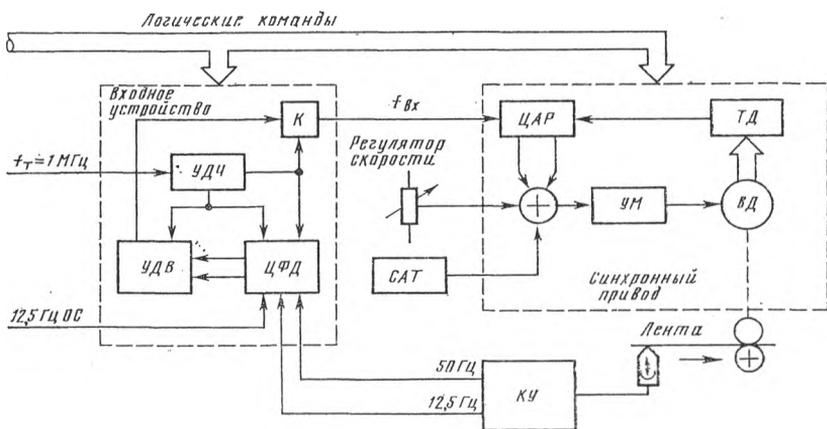


Рис. 1. Структурная схема *САР-СЛ* видеомэагнитофона

Система *САР-СЛ* состоит из входного устройства, работающего на синхронный привод ведущего двигателя [1], канала управления *КУ* и системы автотрекинга *САТ*. При номинальном воспроизведении *САР-СЛ* работает в режиме фазовой автоподстройки частоты ФАПЧ, воспроизводимого с ленты сигнала 50 и 12,5 Гц *КУ*, а ее опорным сигналом *ОС* является сигнал 12,5 Гц *ОС*. При этом синхронный привод ведущего двигателя работает в следящем режиме: в нем самом осуществляется фазовая автоподстройка частоты вращения двигателя относительно его входного опорного сигнала  $f_{вх}$ . Синхронный привод включает в себя двигатель *ВД* с таходатчиком *ТД* и усилителем мощности *УМ*, на входе которого через сумматор включен цифровой автоматический регулятор *ЦАР*, имеющий в своем составе частотный и фазовый дискриминаторы [2]. Выходным сигналом ФАПЧ является сигнал таходатчика, частота которого жестко связана с частотой вращения двигателя и определяется конструкцией датчика. При номинальной частоте вращения двигателя, равной 8 Гц, частота сигнала таходатчика равна 1000 Гц, при этом частота входного опорного сигнала привода равна 0,5 МГц. За счет цепи обратной связи, работающей по закону ФАПЧ, частота вращения двигателя и частота сигнала таходатчика оказываются кратными и синхронными с частотой входного опорного сигнала синхронно привода.

Входное устройство служит для формирования и управления частотой высокочастотного опорного сигнала  $f_{вх}$  синхронного привода. Оно состоит из управляемого делителя частоты *УДЧ* и устройства добавления — вычитания *УДВ* [3], работающих на выходной коммутатор *К*, и цифрового фазового дискриминатора *ЦФД*. Управляемый делитель частоты формирует из входного сигнала тактовой частоты  $f_T = 1$  МГц набор дискретных частот 1,0; 0,5; 0,25 и 0,125 МГц, которые в зависимости от состояния логических команд, т. е. режимов работы видеомэагнитофона, поступают на остальные узлы входного устройства и на его выход. Устройством добавления — вычитания в системе *САР-СЛ* играет роль управляемого генератора; средняя частота его выходного сигнала определяется выходными сигналами цифрового фазового дискримина-

тора, структурная схема которого приведена на рис. 2. Цифровой фазовый дискриминатор состоит из двух одинаковых делителей частоты ДЧ-1 и ДЧ-2, на счетный вход которых поступает сигнал частотой 0,5 МГц. На установочный вход одного из делителей подается опорный сигнал САР-СЛ частотой 12,5 Гц ОС, в то время как на установочный вход другого делителя — сигнал, воспроизводимый с ленты, частотой 50 Гц КУ. Выходные сигналы этих делителей частотой 250 Гц в виде импульсов скважностью два поступают на логическую схему И, которая выполняет роль импульсного дискриминатора. На выходе схемы И

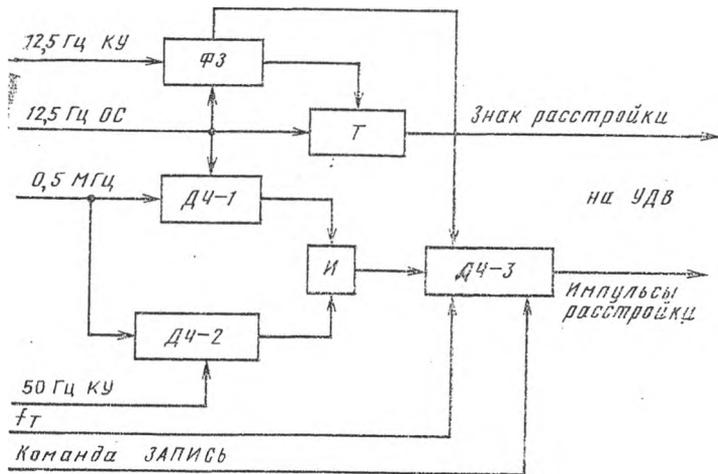


Рис. 2. Структурная схема цифрового фазового дискриминатора

формируются импульсы с длительностью, пропорциональной модулю разности фаз между опорным и воспроизводимым с ленты сигналами. Выходные сигналы схемы И поступают на делитель частоты ДЧ-3 и управляют прохождением на его счетный вход последовательности импульсов, частота которых в рассматриваемом режиме равна 0,5 МГц. В состав ЦФД входят также схема формирования зоны пропорционального регулирования ФЗ и триггер знака расстройки Т, которые также управляют работой делителя частоты ДЧ-3 и определяют режимы работы цифрового фазового дискриминатора и его статическую характеристику.

Зона пропорционального регулирования в системе САР-СЛ равна  $\pm 2$  мс, поэтому, пока временное рассогласование между опорным и воспроизводимым с ленты сигналами 12,5 Гц ОС и 12,5 Гц КУ больше этого значения, частота импульсов расстройки  $F_p$  на выходе делителя частоты ДЧ-3 имеет постоянную величину и равна 15625 Гц. Импульсы расстройки  $F_p$  одновременно с логическим сигналом знака расстройки поступают на устройство добавления — вычитания, где они взаимодействуют с высокочастотным сигналом тактовой частоты. Следует отметить, что УДВ ранее использовалось в САР отечественных видеоманитофонов [1, 4]. Принцип работы УДВ поясняется схемой и временными диаграммами, приведенными на рис. 3. Выходной сигнал УДВ, имеющий среднюю частоту 0,5 МГц, через коммутатор К поступает на вход синхронного привода. В процессе регулирования средняя частота выходного сигнала УДВ изменяется в пределах  $\pm 3,125\%$ , что в конечном итоге вызывает соответствующие изменения скорости движения ленты [5].

Алгоритм работы цифрового фазового дискриминатора позволяет при воспроизведении с номинальной скоростью производить изменение скорости движения ленты в пределах до  $\pm 12,5\%$  от ее номинального значения. Внешние команды обеспечивают выбор четырех дискретных значений расстройки в 2, 4 и 8 раз меньших ее максимального значения. Этот режим работы видеомagnитофона используется для ручной

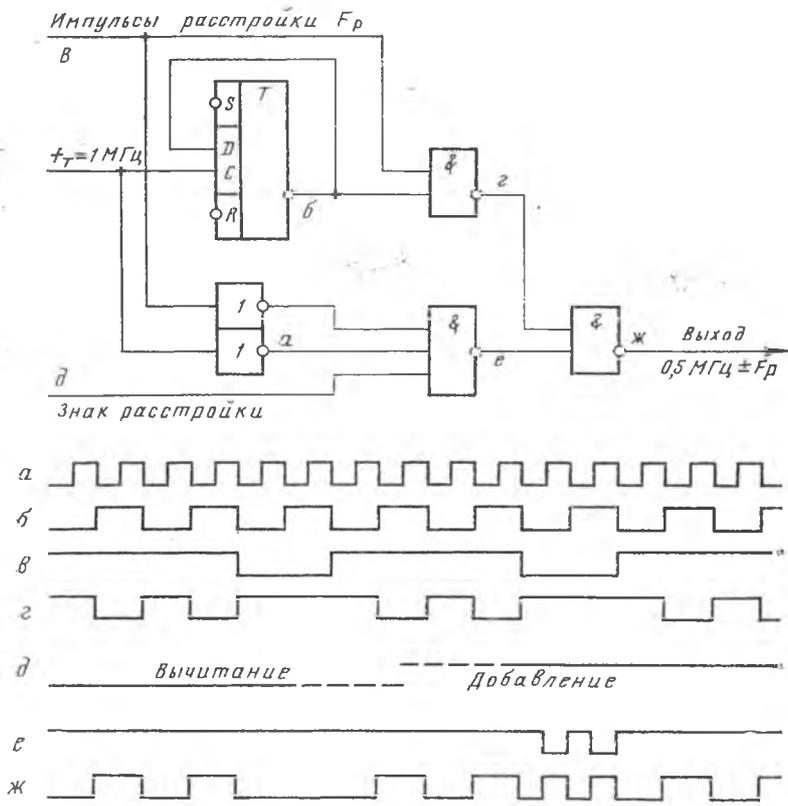


Рис. 3. Схема и временные диаграммы устройства добавления — вычитания

или автоматической синхронизации видеомagnитофонов во время электронного монтажа. В этом случае непосредственно на счетный вход делителя частоты ДЧ-3, в зависимости от состояния логических сигналов, поступает один из сигналов дискретных частот 1,0; 0,5; 0,25; 0,125 МГц, чем и определяется частота импульсов расстройки и, следовательно, отклонение скорости движения ленты от номинального значения. Здесь, хотя частота сигнала на входе синхронного привода и отличается от номинального значения, однако ее средняя величина стабильна и синхронный привод работает в режиме стабилизации частоты вращения двигателя без цепи обратной связи по сигналу КУ, воспроизводимому с ленты.

Во время записи САР-СЛ имеет ту же структуру, что и во время воспроизведения, хотя синхронный привод работает в режиме стабилизации частоты вращения двигателя. Режим записи следует рассматривать как частный случай режима воспроизведения, когда фазовая ошибка на выходе ЦФД равна нулю, что легко достигается выключением

делителя частоты ДЧ-3 командой «Запись». Такое переключение режимов происходит мгновенно, без переходного процесса, что обеспечивает монотонное изменение скорости ленты, причем величина этого изменения обычно достаточно мала. Это условие оказывается весьма полезным при осуществлении электронного монтажа. В описываемом режиме, когда обеспечивается автоматическое регулирование скорости движения ленты при воспроизведении, структурная схема САР-СЛ является наиболее сложной — в ее составе две цепи ФАПЧ. Первая цепь ФАПЧ охватывает синхронный привод ведущего двигателя, где сам двигатель является регулируемым объектом. Выходным сигналом системы является сигнал таходатчика, частота которого за счет регулирования скорости двигателя становится кратной частоте опорного входного сигнала привода. Вторая цепь ФАПЧ — это собственно САР-СЛ, для которой регулируемым объектом служит уже сам синхронный привод, работающий в следящем режиме. Как обычно, здесь выходным сигналом системы является сигнал КУ, воспроизводимый с ленты, частота которого за счет регулирования становится равной или кратной частоте опорного сигнала САР-СЛ.

Рассмотрим работу САР-СЛ в режимах воспроизведения при кратных скоростях движения ленты. В этих режимах структура САР несколько изменяется, хотя и сохраняется основной закон регулирования. На вход синхронного привода с коммутатора  $K$  поступает, в зависимости от состояния логических команд, один из сигналов дискретных частот, которым и определяется соответствующая частота вращения двигателя и скорость движения ленты. Эти же логические команды воздействуют на синхронный привод и производят изменение рабочей точки усилителя мощности и коэффициента усиления ЦАР, устанавливая их каждый раз оптимальными для выбранного дискретного значения входной частоты  $f_{вх}$  привода. В автоматическом регуляторе отключается фазовый дискриминатор и работает только цепь стабилизации скорости вращения двигателя с частотным дискриминатором. В то же время в САР-СЛ цепь обратной связи по сигналам КУ, воспроизводимым с ленты, заменяется цепью обратной связи по сигналам системы автотрекинга САТ [6]. Так как система автотрекинга осуществляет автоматическое слежение за положением видеоголовки относительно строчек записи и контролирует их взаимное пространственное положение, то ее интегральный управляющий сигнал ошибки содержит информацию как о скорости движения ленты, так и о взаимном положении видеоголовок и строчек записи. Поэтому, подавая интегральный сигнал САТ через сумматор на вход усилителя мощности привода, мы фактически замыкаем цепь обратной связи по системе автотрекинга, которая по своим функциям и принципу регулирования близка к традиционной системе ФАПЧ по сигналу КУ, воспроизводимому с ленты. В этом режиме работы САР-СЛ, когда скорость движения ленты установлена номинальной, возможно воспроизведение записи, сделанной без сигналов КУ, в реальном масштабе времени со стандартными параметрами. Использование цепи обратной связи по интегральному сигналу автотрекинга в САР-СЛ позволяет в процессе регулирования уменьшить примерно на одну треть диапазон необходимого перемещения видеоголовки автотрекинга. Это в конечном счете не только оптимизирует работу САТ, но и способствует улучшению качества воспроизводимого телевизионного сигнала.

При покадровом воспроизведении можно не производить шаговое перемещение ленты. Для этого достаточно обеспечить движение ленты с очень малыми скоростями. Так, например, если смену кадров (полей) надо производить один раз в секунду, необходимо обеспечить скорость движения  $0,02 V_0$  и т. п. В этом случае управление скоростью вращения ведущего двигателя ведется фактически ручным путем: на вход УМ

через сумматор поступает управляющее напряжение с регулятора скорости, при этом ЦАР работает в режиме нулевой ошибки, т. е. оказывается отключенным. Следует отметить, что при произвольной скорости движения ленты легко нарушаются условия выделения интегрального сигнала ошибки автотрекинга, что фактически отключает и эту цепь регулирования.

В режиме остановленного кадра единственным действующим сигналом на входе усилителя мощности оказывается интегральный сигнал САТ, который вызывает медленное смещение ленты относительно вращающихся головок. Остановка ленты происходит при совпадении траектории движения видеоголовок со строчками записи, чем и обеспечиваются оптимальные условия работы системы автотрекинга.

## Выводы

Использование синхронного привода с цифровым автоматическим регулятором и устройства добавления — вычитания вместо традиционной схемы управляемого генератора позволило значительно улучшить стабильность, качество регулирования и надежность САР-СЛ видеоманитфона «Кадр-103СЦ». Введение цепи автоматического регулирования по интегральному сигналу автотрекинга позволило оптимизировать режимы его работы и обеспечить условия воспроизведения телевизионного сигнала с достаточно хорошими параметрами в режиме движения ленты на кратных скоростях и при остановленной ленте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Техника магнитной видеозаписи / Под ред. В. И. Пархоменко. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Энергия, 1978.
2. Лазарев В. И., Алексеев Г. И., Лапшов Н. Н. Система регулирования скорости ленты и частоты вращения видеоголовок видеоманитфона // Проблемы техники и экономики телевизионного вещания: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1982. — С. 61—66.
3. Системы фазовой автоподстройки частоты с элементами дискретизации / Под ред. В. В. Шахгильдяна. — М.: Связь, 1979.
4. Лазарев В. И. Устройство для установки начальной фазы двигателя. — А.с. 208755, СССР; Оpubл. в Б.И., 1968, № 4.
5. Лазарев В. И., Ханевский И. А., Яковлев А. О. Устройство автоматической подстройки частоты. — А.с. 1166300, СССР; Оpubл. в Б.И., 1985, № 25.
6. Лазарев В. И., Сошников В. Г., Фридлянд И. В., Ханевский И. А., Яковлев А. О. Устройство управления положением видеоголовки относительно строчки записи. — А.с. 1203586, СССР; Оpubл. в Б.И., 1986, № 1.

Статья поступила в редакцию 25 апреля 1985 г.

### ВЗАИМНОЕ ФАЗИРОВАНИЕ САР-СД И САР-СЛ В ВИДЕОМАГНИТОФОНЕ ФОРМАТА «С»

При наклонно-строчной записи по формату «С» почти вся информация, содержащаяся в каждом поле ТВ-сигнала, записывается одной вращающейся головкой в одной строчке, наклоненной к опорному краю ленты под небольшим углом, примерно  $2,5^\circ$ . Малый угол наклона строчки записи и, как следствие этого, большая ее длина делают временные параметры воспроизводимого ЧМ-сигнала зависимыми как от частоты вращения головок, так и от скорости движения ленты. Так как скорость движения ленты примерно в 100 раз меньше, чем линейная скорость движения головки по ленте, то и влияние нестабильности скорости ленты уменьшается во столько же раз. В конечном итоге выходные параметры воспроизводимого ТВ-сигнала на выходе демодулятора, его временная стабильность и временное положение относительно опорного сигнала видеомагнитофона зависят от временных параметров САР-СД и САР-СЛ, в том числе и от их взаимного фазирования с опорным сигналом. Если во время воспроизведения ТВ-сигнала его временные параметры за счет последующей обработки могут быть значительно улучшены и достигнута полная его синхронность с опорным сигналом, то во время записи программы точность фазирования САР в значительной степени определяют выполнение требований формата «С» и необходимый объем и диапазон ручных и автоматических регулировок в основных системах регулирования видеомагнитофона в условиях взаимозаменяемости, т. е. при воспроизведении «чужой» записи. Особое значение это имеет при осуществлении электронного монтажа, где возможности автоматических регулировок сокращены, в частности обычно не используется система автотрекинга, а ручные регулировки снижают оперативность монтажа и поэтому не желательны. В то же самое время именно для электронного монтажа важно точное фазирование САР, чтобы стыки фрагментов не вызывали ухудшения качества воспроизводимого сигнала.

Конечно, формат «С» допускает соответствующий разброс параметров, многие из них оказываются взаимосвязанными и зависят, в свою очередь, от нескольких причин. Поэтому большое значение имеет рациональное использование допусков: любое отклонение основных параметров, определяющих фазирование САР, от их средних значений приводит к необходимости их ручной регулировки в режиме взаимозаменяемости. Следовательно, чем точнее, ближе к средним значениям параметров формата выполнена сигналограмма, тем проще и надежней работа видеомагнитофона в условиях взаимозаменяемости. Поэтому необходимо обращать особое внимание на заводскую настройку и регу-

лировку видеомангитофонов, которые, как правило, определяют качество сигналограммы видеомангитофона. В этой связи особое место занимают аппаратура и методика записи измерительных лент. Измерительная лента является одним из основных инструментов для настройки видеомангитофонов, поэтому ее сигналограмма не должна иметь заметных отклонений основных параметров от их средних значений, определяемых форматом. С точки зрения фазирования САР, основными параметрами сигналограммы формата «С» являются размеры  $CC$  и  $S$  (рис. 1), определяющие координаты места начала (точка  $A$ )

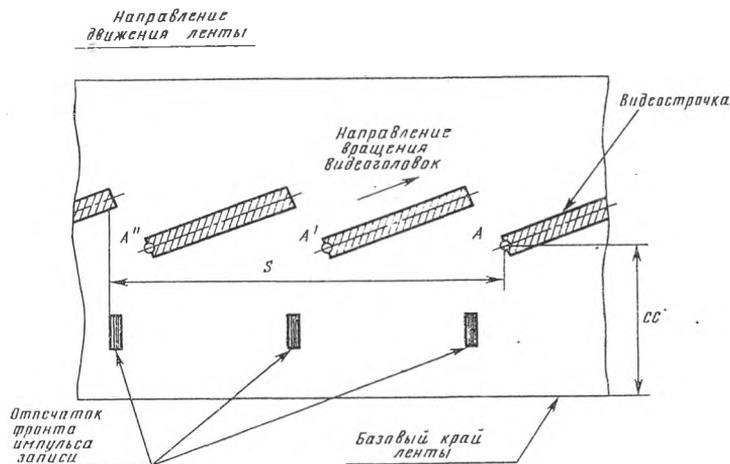


Рис. 1. Фрагмент сигналограммы формата «С» для измерения параметров  $CC$  и  $S$

16-го строчного импульса на строчке записи [1]. Расстояние от точки  $A$  по вертикали до базового края ленты соответствует размеру  $CC$ , а по горизонтали до линии рабочего зазора универсальной магнитной головки канала управления — размеру  $S$ . Положение точки  $A$  вдоль строчки записи определяется фазой вращения двигателя головок и может быть путем настройки САР-СД установлено достаточно точно. В то же самое время точность выполнения размера  $CC$  зависит от точного соблюдения расчетных геометрических размеров в лентопротяжном механизме и БВГ, что обеспечивает заданное положение видеоголовок относительно опорного края ленты. Величина этой, так называемой геометрической, ошибки целиком определяется точностью изготовления самого лентопротяжного механизма и БВГ и их взаимного сопряжения при сборке и регулировке. То же можно сказать и о размере  $S$ , который определяется положением универсальной головки канала управления и фазой тока записи канала управления. Форма импульсов тока записи и положение их отпечатков на ленте определяются требованиями формата и могут быть обеспечены достаточно строго. Труднее обеспечить расстояние на ленте от универсальной головки до зоны БВГ. С этой целью используется механическая регулировка этого расстояния путем смещения универсальной магнитной головки вдоль ленты или смещения всего ведущего узла, в котором она расположена, относительно БВГ, как это предусмотрено в видеомангитофоне «Кадр-103СЦ» [2].

Формат «С», исходя из положения форматного выпадения относительно записываемого опорного ТВ-сигнала, позволяет определить точку фазирования двигателя головок. Так как продолжительность форматного выпадения определена по длительности  $(11,9 \pm 0,3)$  Н со срав-

нительно большими допусками, то при определении точки фазирования удобно исходить из расположения середины форматного выпадения. Анализ формата позволяет определить, что середина форматного выпадения должна отстоять от начала первого строчного интервала нечетного поля на величину 7,8 Н, т. е. на 499 мкс. Регулируя фазу вращения двигателя, можно добиться нужного положения форматного выпадения с достаточной точностью. Этот этап фазирования САР-СЛ является первым этапом регулировки системы при комплексной настройке видеоманитофона, он обеспечивает нужное положение начала 16-го строчного интервала вдоль строчки записи. Однако параметр  $СС$  в этом случае может и не совпадать со своим заданным средним значением. Все зависит от правильности изготовления и сборки лентопротяжного механизма и БВГ. Например, если фазирование двигателя произведено точно, а отклонение размера  $СС$  от его среднего значения все-таки имеет место, то оно вызвано только механическими погрешностями лентопротяжного механизма и БВГ. Влияние этих погрешностей таково, что отклонение средней величины размера  $СС$  на  $\pm 0,01$  мм приводит при воспроизведении этой записи на другом, аналогично настроенном, видеоманитофоне к возможному снижению амплитуды ЧМ-сигнала примерно на 1 дБ. Устранение этого явления требует изменения точки фазирования по САР-СЛ, что, в свою очередь, вызывает сдвиг воспроизводимого сигнала в пределах  $\pm 20$  мкс и, следовательно, приводит к необходимости изменения точки фазирования и по САР-СД.

Для точного фазирования двигателя БВГ, в соответствии с требованиями формата «С», может быть использована технологическая приставка, структурная схема которой и временные диаграммы, поясняющие принцип ее работы, показаны на рис. 2. Основным входным сигналом является импульс детектора выпадений ИДВ, формируемый в видеоманитофоне из огибающей ЧМ-сигнала. Длительность этого импульса  $\tau_b$  практически равна или несколько больше фактической длительности форматного выпадения в воспроизводимом ЧМ-сигнале. Фронт импульса ИДВ запускает цифровую временную задержку ЦВЗ-1, которая формирует импульсы  $a$ , длительностью 12 Н, т. е. 768 мкс. Логическая схема И работает от входных импульсов ИДВ и импульсов задержки  $a$  и в случае, когда длительность импульсов ИДВ меньше 12 Н, формирует на своем выходе импульсы  $b$  длительностью  $\tau_b = 12 \text{ Н} - \tau_{\text{вх}}$ . Через схему измерений СИ импульсы  $b$  поступают на выход 1.

Кадровые импульсы ИКОп, сформированные из записываемого ТВ-сигнала, запускают вторую цифровую временную задержку ЦВЗ-2 длительностью 1,3 Н. Импульсы  $v$  и  $a$  второй и первой временных задержек управляют работой триггера Т, на выходе которого формируются импульсы  $g$ , поступающие также через СИ на выход 1. Таким образом, на выходе 1 имеют место два импульса —  $g$  и  $b$ , временной интервал между которыми равен длительности входного импульса ИДВ. Измерение длительности этих импульсов позволяет выбрать номинальную точку фазирования двигателя БВГ, для чего производится запись ТВ-сигнала с последующим его воспроизведением в номинальном режиме.

Наличие на выходе 1 импульса  $b$  свидетельствует, что форматное выпадение в воспроизводимой записи меньше 12 Н. В противном случае импульс  $b$  не формируется и его нет на выходе. Длительность форматного выпадения  $\tau_b$  определяется положением колонок, установленных на каретке в зоне захода ленты на барабан и схода с него. Изменяя зазор между образующими поверхностями колонок и барабана, добиваются номинальной длительности форматного выпадения, равной 11,9 Н, при этом длительность импульса  $b$  будет  $\tau_b = 0,1 \text{ Н} = 6,4 \text{ мкс}$ .

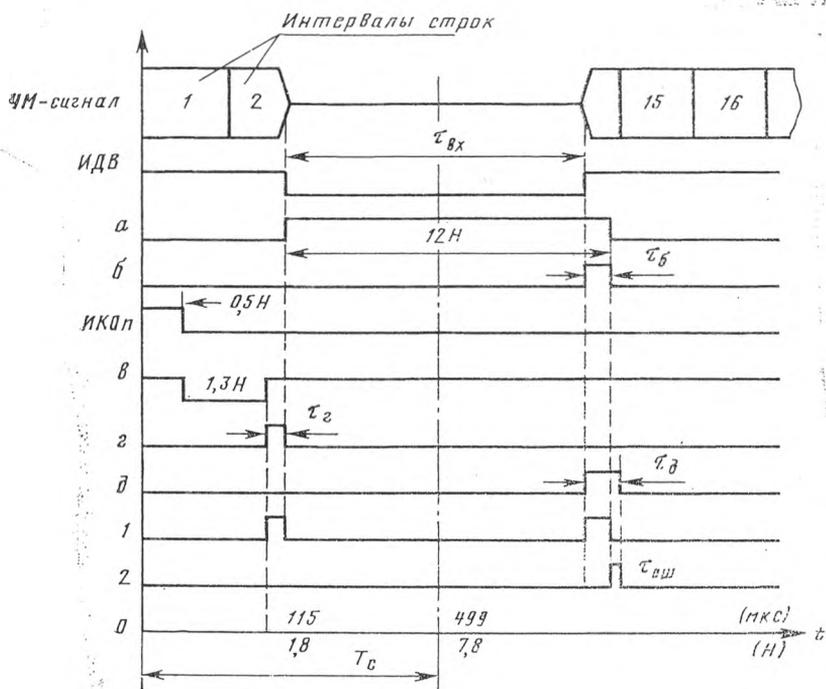
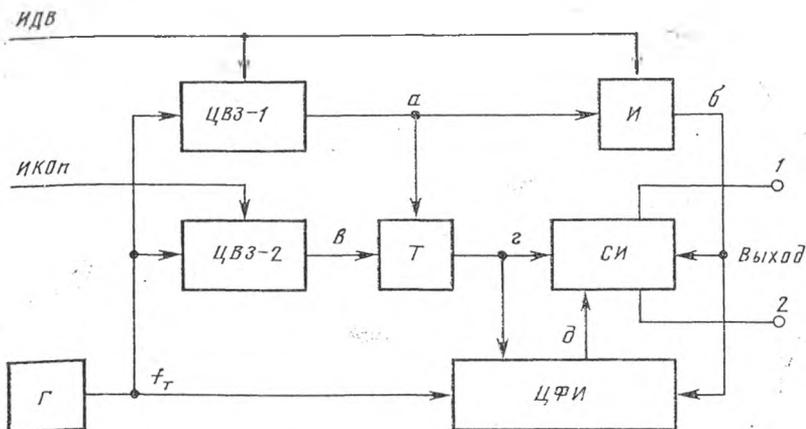


Рис. 2. Структурная схема и временные диаграммы технологической приставки для точного фазирования БВГ

Следует отметить, что каждый раз при новом положении колонок нужно проводить повторные запись, воспроизведение и измерение длительности  $\tau_0$ .

Далее при воспроизведении записи, выполненной с номинальной длительностью форматного выпадения, путем регулирования фазы вращения двигателя головок в САР-СД добиваются, во-первых, образования импульса  $z$ , если его на выходе 1 нет, и, во-вторых, выполнения условия  $\tau_r \approx 0,5\tau_0$ . Более точное измерение длительности импульса  $z$  производится на выходе 2 измерительной схемы. В этом случае рабо-

тает цифровой формирователь импульсов ЦФИ, который измеряет длительность  $\tau_r$  импульса  $g$  и формирует новый импульс  $d$  длительностью  $\tau_d$ , в два раза большей  $\tau_r$ . С этой целью используется реверсивный счетчик, который в режиме прямого счета во время действия импульса  $g$  заполняется тактовой частотой  $f_T$ , поступающей с генератора Г, а в режиме обратного счета—частотой  $0,5f_T$ , причем начало отсчета совпадает с фронтом импульса  $b$ . В схеме измерений СИ импульсы  $b$  и  $d$  сравниваются по длительности и результирующий импульс  $2$  длительностью  $\tau_{\text{ош}}$  поступает на выход 2. Вновь регулируя фазу вращения двигателя головок, добиваются такой фазировки САР-СД, где ошибка  $\tau_{\text{ош}}$  будет иметь минимальное значение; обычно оно близко к величине динамической ошибки системы регулирования и составляет примерно  $\pm 1$  мкс. В этом случае временной сдвиг  $T_c$  от начала первого строчного интервала до середины импульса форматного выпадения может быть вычислен по формуле

$$T_c = 1,8H + \tau_r + \tau_b.$$

Подставим в это выражение ранее установленные значения  $\tau_r = 0,5\tau_6$  и  $\tau_b = 12H - \tau_6$ .

Тогда  $T_c = 1,8H + 0,5\tau_6 + 0,5(12H - \tau_6)$ ;  $T_c = 7,8H = 499$  мкс.

Отсюда видно, что в рассмотренном случае значение  $T_c$  остается постоянным и не зависит от длительности форматного выпадения.

После фазирования двигателя БВГ производится фазирование САР-СЛ. Для этого воспроизводят в номинальном режиме измерительную ленту и путем механической регулировки положения ведущего узла в тракте ленты относительно БВГ добиваются максимальной отдачи по ЧМ-сигналу, что и соответствует выбору номинальной точки фазирования для САР-СЛ. Далее, контролируя временное положение воспроизводимого ТВ-сигнала на выходе демодулятора, измеряют его временной сдвиг относительно опорного сигнала. Имеющаяся в этом случае временная ошибка будет определяться только указанными ранее геометрическими ошибками в лентопротяжном механизме и БВГ, которые и приводят к отклонению параметра  $CC$  от его среднего значения. В силу этого обстоятельства величина такой временной ошибки может служить критерием оценки точности сборки и взаимной регулировки лентопротяжного механизма и БВГ, причем временная ошибка величиной 1 мкс соответствует примерно геометрической ошибке по высоте 0,001 мм. Если имеющаяся ошибка невелика, то ее можно компенсировать изменением положения форматного выпадения относительно первого строчного интервала, т. е. путем изменения величины  $T_c$ . Допустимая величина этих изменений ограничена допуском на длительность форматного выпадения и, исходя из требований формата, может быть не более  $\Delta T_c = 0,15H (\pm 9,6 \text{ мкс})$ . Вновь регулируя фазу вращения двигателя головок, устанавливают новую точку фазирования САР-СД, при которой временной сдвиг воспроизводимого ТВ-сигнала оказывается минимально возможным, определяемым только динамическими ошибками САР-СД и САР-СЛ. В отрегулированных и настроенных таким образом видеомагнитофонах требования формата «С» в части параметров  $S$  и  $CC$  выполняются с точностью, достаточной для работы этих видеомагнитофонов в режиме взаимозаменяемости без дополнительных регулировок в САР-СД и САР-СЛ, т. е. в номинальном режиме воспроизведения, когда эти регулировки отключены.

Если временной сдвиг ТВ-сигнала при воспроизведении измерительной ленты больше указанной величины, то его также можно устранить без нарушения требований формата. Для этого смещают положение универсальной магнитной головки, изменяя при этом размер  $S$ . Пределы этих допустимых изменений составляют  $\pm 0,4$  мм, что позволяет компенсировать ошибку по фазе двигателя головок в пределах  $\pm 16$  мкс.

Однако запись, произведенная на видеомэгнитофоне, отрегулированном таким образом, в условиях взаимозаменяемости потребует дополнительных регулировок в обеих САР.

Взаимное фазирование основных систем автоматического регулирования в видеомэгнитофоне, предназначенном для записи измерительных лент, может производиться описанным выше способом. В то же время измерения должны быть более точными, а допуски более жесткими. Так, устранение геометрических ошибок должно прежде всего производиться путем повышения точности изготовления, сборки и регулировки лентопротяжного механизма и БВГ. В то же время механическая регулировка положения универсальной магнитной головки канала управления в тракте ленты может быть дополнена более точной электронной регулировкой фазы опорного сигнала САР-СЛ, который определяет временное положение импульсов тока записи канала управления.

Проверка результатов фазирования САР и точности соблюдения параметров СС и S формата проводится путем записи специальных сигналов с последующей визуализацией сигналограммы на отрезке записанной ленты. Фрагмент такой сигналограммы приведен на рис. 1. Запись сигналов производится одновременно по двум каналам: звука и ЧМ-сигнала. По звуковому каналу, например четвертому, записывается импульс длительностью примерно 10 мс, повторяющийся через каждые десять полевых импульсов, причем фронт импульса записи совпадает с началом 16-го строчного интервала. Во время действия этого импульса включается канал записи ЧМ-сигнала и видеоголовка работает на запись. Так как звуковые головки и головка канала управления конструктивно выполнены в одной стойке и их рабочие зазоры практически лежат на одной линии, то по магнитному отпечатку фронта записанного импульса можно судить и о положении рабочего зазора магнитной головки канала управления. Таким образом, запись импульса по звуковому каналу и начало записи по ЧМ-сигналу происходят одновременно, но в разных местах ленты, что соответствует условию записи на неподвижный носитель. Поэтому измеренная величина параметра S не зависит от скорости ленты во время записи, а определяется расстоянием на ленте между точками записи.

Проверка описанной методики взаимного фазирования основных САР проводилась при настройке и регулировке опытных образцов видеомэгнитофонов «Кадр-103СЦ». Эти видеомэгнитофоны, работая в режиме взаимозаменяемости, имели точность фазирования воспроизводимого ТВ-сигнала относительно опорного не хуже  $\pm 3$  мкс, что позволило во всех режимах работы видеомэгнитофона отказаться от ручной подстройки в САР-СД и САР-СЛ.

### Выводы

Методика фазирования САР-СД и САР-СЛ с использованием специальной технологической приставки для точного фазирования БВГ и измерительной ленты обеспечивает точное выполнение параметров СС и S формата «С», что позволяет отказаться от визуальной проверки сигналограммы в части измерения указанных параметров. Полученная точность фазирования исключает необходимость ручной подстройки САР-СД и САР-СЛ при работе видеомэгнитофона в любых режимах, в том числе и во время электронного монтажа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Type C helical video tape recorders. — IEC Standard, Publication 558, 1982.
2. Бондарев Ю. В., Михневич А. В., Пушков В. С., Ральф В. М. Особенности лентопротяжного механизма видеомэгнитофона «Кадр-103СЦ» // Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 15—24.

Статья поступила в редакцию 11 июля 1985 г.



составляющей возмущающего воздействия, которое может быть скомпенсировано САТ. В САТ, разработанной во ВНИИТР, частота  $U_{в1}$  составляет 500 Гц при резонансной частоте пьезопреобразователя 600 Гц. Сигнал воздействия формируется делением напряжения с частотой 4 кГц.

Через суммирующее устройство 2  $U_{в1}$  поступает на высоковольтный усилитель 3, приводящий в движение пьезопреобразователь 4, на котором закреплена воспроизводящая магнитная головка 5. Одновременно  $U_{в1}$  подается на один из двух входов синхронного детектора 6 через устройство фазовой коррекции 7. На второй вход синхронного детектора поступает через полосовой фильтр 8, исключающий прохождение в блок 6 сигналов с частотами ниже 100 Гц, напряжение огибающей ЧМ-сигнала.

Блок фазовой коррекции 7 обеспечивает синфазность  $U_{в1}$  с напряжением огибающей ЧМ-сигнала. В случае достижения синфазности этих сигналов напряжение на выходе фильтра нижних частот 9, к которому подключен синхронный детектор, будет равно нулю при совмещении магнитной головки с центром строчки записи. Управляющее напряжение на пьезопреобразователе также будет отсутствовать. При нарушении синфазности указанных сигналов на выходе блока 9 возникает напряжение, которое вызовет соответствующее смещение магнитной головки относительно строчки записи.

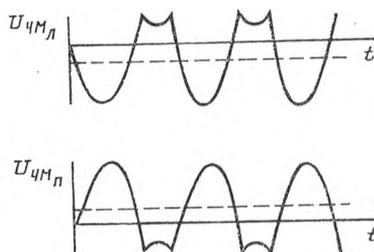
В современных САТ на пьезопреобразователе закрепляется позиционный датчик 12 (пьезоэлектрический, тензометрический или фотоэлектрический), напряжение которого пропорционально перемещению пьезопреобразователя, возбуждаемого генератором 1. Очевидно, что частоты и фазы сигналов датчика и огибающей ЧМ полностью совпадают, поэтому, подключая датчик к первому входу синхронного детектора вместо фазового корректора 7, можно добиться автоматической настройки САТ. Однако при работе видеомагнитофона в специальных режимах на выходе датчика появляются кроме сигнала дополнительного воздействия управляющее пилообразное напряжение и напряжение с резонансной частотой пьезопреобразователя. Частота последней близка к частоте  $U_{вд}$ . Последнее существенно затрудняет формирование  $U_{вд}$  в этих режимах, поскольку неизбежны фазовые ошибки в получаемом таким образом сигнале дополнительного воздействия. Поэтому автоматизация настройки САТ ведет к усложнению реализующей ее схемы.

Все известные САТ, работающие в режиме номинального воспроизведения, — замкнутые системы с астатизмом первого порядка. Поэтому напряжение на выходе блока 9, пропорциональное смещению магнитной головки относительно центра строчки записи, перед поступлением на вход мощного усилителя 3 интегрируется с помощью блока (интегратора) 10. Строго говоря, выходное напряжение фильтра 9  $U_{ф}$  лишь в относительно малой области смещений магнитной головки пропорционально этому смещению.

Рассмотрим этот вопрос подробнее. Если магнитная головка совпадает с центром строчки записи, то выходное напряжение фильтра 9, как указывалось выше, равняется нулю. При отклонении магнитной головки влево или вправо относительно центра строчки на расстояние, превышающее размах дополнительного воздействия  $h_{вд}$ , пропорционального  $U_{вд}$ ,  $U_{ф} = U_{фл}$  — постоянно меняет знак при смене направления. Например, в случае отклонения влево знак  $U_{фл}$  отрицательный, вправо — положительный [2]. Если отклонение головки меньше  $h_{вд}$ , то огибающая воспроизводимого ЧМ-сигнала  $U_{чм}$  при возбуждении пьезопреобразователя напряжением  $U_{в1}$  будет соответствовать  $U_{чмд}$  (рис. 2) в левом положении головки и  $U_{чмп}$  — в правом. По-

стоянные составляющие  $U_{\text{ЧМ}}$  различны по знаку в левом и правом положении головки (на рис. 2 они показаны пунктиром). Величина этих напряжений не превосходит  $U_{\text{фл}}$ . Таким образом, амплитудная статическая характеристика блоков 6 и 9 нелинейна. Из-за зон насыщения амплитудной характеристики замкнутую САТ следует рассматривать как нелинейную при номинальном воспроизведении.

Рис. 2. Форма огибающей ЧМ-сигнала при смещении магнитной головки



В процессе работы видеомэагнитофона система ориентирует магнитную головку так, чтобы среднее значение размаха воспроизводимого ЧМ-сигнала за период прохождения поля изображения было максимально. При этом в зависимости от кривизны строчки записи мгновенное значение ЧМ-сигнала может сильно отличаться от среднего, что естественно снижает качественные показатели воспроизводимого изображения. Это особенно заметно проявляется, если строчки записываются и воспроизводятся на различных видеомэагнитофонах. Искажения изображения, связанные с кривизной строчки записи, могут быть уменьшены двумя путями: применением высокочастотной замкнутой петли обратной связи (ОС) и использованием компенсатора кривизны, образующего цепь коррекции, работающую по разомкнутому циклу.

Замкнутая петля ОС в наиболее распространенных САТ [1] образуется с помощью блока гребенчатых фильтров 11 (рис. 1), подключенного со стороны входа к фильтру 9, а со стороны выхода — к суммирующему устройству 2. В работе блока фильтров 11 используется периодичность сигнала кривизны строчки записи. Частота первой гармоники этого сигнала совпадает с частотой вращения скоростного двигателя видеомэагнитофона — 50 Гц. Частоты остальных гармоник кратны 50 Гц. При частоте  $U_{\text{вд}}$ , равной 500 Гц, блок 11 может быть образован пятью гребенчатыми фильтрами, однако в реальной САТ во избежание излишней громоздкости, как и в [1], используются три фильтра. Каждый из фильтров вырабатывает управляющее воздействие на пьезопреобразователь, частота которого равна частоте резонансного пика АЧХ фильтра. С помощью блока 11 в САТ реализуется статическая ОС. Рассмотренный блок, являясь звеном отрицательной ОС, обеспечивает высокую стабильность процесса коррекции. Этим блок выгодно отличается от аналогичных систем, работающих по разомкнутому циклу.

Действие компенсатора кривизны основано на свойстве строчки записи сохранять относительно неизменной свою конфигурацию в течение длительного периода эксплуатации видеомэагнитофона без замены основных узлов тракта протягивания ленты и блока видеоголовок.

Принцип работы компенсатора следующий. С помощью известных средств визуализации магнитной записи [3] или другим каким-либо способом в каждой точке магнитной дорожки измеряют величину отклонения реальной строчки записи относительно идеальной, регламентированной форматом «С». Если управляющее напряжение, подаваемое

на пьезопреобразователь, пропорционально измеренным величинам отклонения, то головка воспроизведения всегда будет описывать траекторию, близкую к идеальной.

Структурная схема компенсатора кривизны изображена на рис. 3. В составе компенсатора последовательно соединенные генератор импульсов 1, делитель частоты 2, счетчик импульсов 3, выходы которого поразрядно соединены с управляющими входами аналогового мультиплексора 4. Коммутируемые входы мультиплексора подключаются через переменные резисторы 5 к источнику опорного напряжения 6, а выход — к фильтру нижних частот 7 через усилитель 8. В устройстве установочные входы счетчика и делителя частоты связаны с выходом опорного селектора видеомагнитофона.

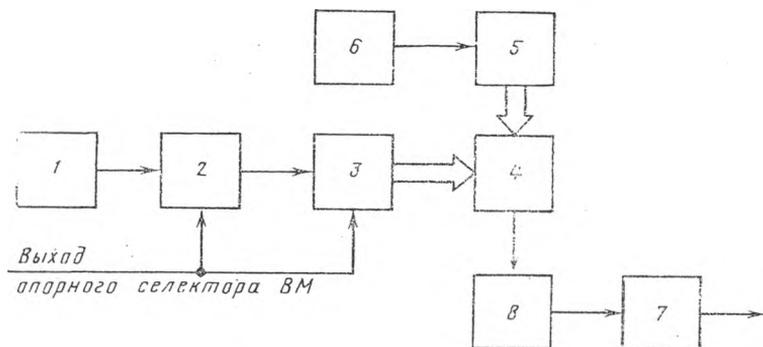


Рис. 3. Структурная схема компенсатора кривизны

Генератор импульсов 1 является тактовым, его импульсы поступают на делитель частоты 2 и счетчик 3, в результате чего время записи строчки  $T$  делится на  $n$  периодов. В течение каждого такого периода устройство вырабатывает заданный уровень управляющего напряжения на пьезопреобразователе, компенсирующего кривизну строчки записи. С увеличением  $n$  точность коррекции возрастает.

По окончании действия импульса опорного селектора, совпадающего с началом строчки записи, блоки 2 и 3 начинают счет импульсов генератора 1. Коэффициенты деления этих блоков выбираются так, чтобы период импульсов опорного селектора  $T_c = T$  в целое число раз превышал период импульсов счетчика  $3T_{сч}$  (в реальном устройстве — в восемь раз). Ключи мультиплексора коммутируются в соответствии с кодом счетчика. Управляющее напряжение на выходе усилителя 8 остается неизменным. Величины сопротивлений резисторов устанавливаются так, чтобы при подключении каждого переменного резистора к операционному усилителю, осуществляемому ключами мультиплексора, на выходе усилителя возникало требуемое по условиям коррекции кривизны строки компенсационное напряжение.

Полоса рабочих частот пьезопреобразователя составляет приблизительно 600 Гц. С помощью компенсатора в пределах всей этой полосы корректируется кривизна строчки записи. В САТ с блоком гребенчатых фильтров полоса рабочих частот петли ОС в 2—4 раза ниже. Такой компенсатор может быть использован при работе видеомагнитофона в режиме ускоренного и замедленного воспроизведения. Если видеомагнитофон снабжается устройствами, осуществляющими автоматическое измерение кривизны строчки записи, то компенсатор становится звеном замкнутой отрицательной ОС.

В этом режиме работы видеомэгнитофона скорость перемещения магнитной ленты при воспроизведении изображения  $V_v$  не совпадает со скоростью при записи  $V_3$ . Для удобства монтирования видеофонограмм часто требуется изменить направление (осуществить реверс) движения магнитной ленты  $V_v < 0$ . Возможна работа видеомэгнитофона и в тех случаях, когда магнитная лента не движется,  $V_v = 0$ . При этом видеомэгнитофон может воспроизводить одно поле изображения (режим «стоп-поле»), два поля (режим «стоп-кадр») или, в зависимости от назначения видеомэгнитофона и конструктивных особенностей пьезопреобразователя, четыре и более полей.

Очевидно, что нормальная работа видеомэгнитофона возможна, если винтовые линии строчки записи и траектории головки воспроизведения на ленте совпадают, поэтому необходимо обеспечить дополнительное движение магнитной головки за счет подачи соответствующего управляющего напряжения на пьезопреобразователь. Пьезопреобразователь перемещает головку так, чтобы при любой скорости движения ленты разность шага упомянутых винтовых линий устранялась. Управляющее воздействие, вырабатываемое САТ на пьезопреобразователь, должно иметь вид непрерывно возрастающего или убывающего (в зависимости от скорости движения ленты) напряжения.

Поскольку диапазон отклонения пьезопреобразователя не может быть бесконечным, то управляющее напряжение на практике имеет вид периодической кривой, формирование которой осуществляется с учетом четырех условий. Крутизна кривой определяется скоростью ленты, ее период совпадает с периодом кадровых синхроимпульсов или превосходит его в целое число раз. Скачки управляющего напряжения совмещены во времени с моментом отсутствия контакта ленты с головкой, амплитуда скачка напряжения такова, что под его действием головка перемещается на расстояние шага между соседними строчками записи или в целое число раз превосходящее этот шаг. Типичная кривая управляющего напряжения представлена на рис. 4.

Функции САТ в режиме специальных эффектов изображения сводятся к созданию управляющего напряжения на пьезопреобразователь, обладающего всеми перечисленными свойствами. Время переходного процесса пьезопреобразователя, возникающего после скачкообразного изменения управляющего напряжения, минимизировано. Если выполнены перечисленные выше четыре условия, то магнитная головка удерживается на строчке записи как в процессе слежения, так и непосредственно после скачка управляющего напряжения. Снижение времени переходного процесса способствует уменьшению искажений, возникающих при переходе пьезопреобразователя с одной строчки записи на другую. Цель, уменьшающую время переходного процесса пьезопреобразователя, по аналогии с системой гибкой обратной связи двигателей видеомэгнитофона можно назвать целью демпфирования [4], ее название — демпфирование собственных колебаний пьезопреобразователя.

Сигнал, пропорциональный перемещению пьезопреобразователя, в большинстве известных САТ вырабатывается позиционным пьезоэлектрическим датчиком 12 (рис. 1). Основное свойство такого датчика, которое необходимо учитывать при разработке САТ, связано с зависимостью его АЧХ от сопротивления буферного усилителя 13 (рис. 1), к которому датчик подключен. С увеличением этого сопротивления сигнал датчика пропорционален перемещению магнитной головки до более низких частот колебания пьезопреобразователя. Бесконечному увеличению сопротивления усилителя препятствует нарушение работы цепи демпфирования из-за нарастающего размаха наведенных паразитных сигналов. На практике входное сопротивление усилителя 13 невелико

(единицы кОм), однако цепи усилителя выполняются частотно-зависимыми так, чтобы фазы сигналов датчика с частотами, близкими к резонансной частоте пьезопреобразователя, оставались неискаженными на выходе усилителя. Дальнейшая обработка выходного сигнала усилителя 13 связана с его фильтрацией в блоке 14 (фильтр нижних частот) и дифференцированием в блоке 15. Коэффициент передачи цепи демпфирования меняется с помощью масштабного операционного усилителя 16, выход которого подключен к суммирующему устройству 2. Величиной коэффициента передачи регулируют длительность переходного процесса, выбирая оптимальную.

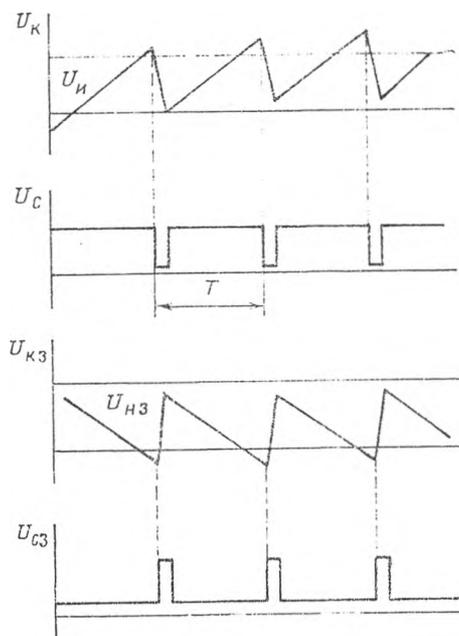


Рис. 4. Эпюры напряжения, поясняющие работу САТ

Анализ момента перехода головки воспроизведения с одной строчки записи на другую во всех современных САТ осуществляется с помощью порогового устройства (компаратора) 17, подключенного к выходу интегратора 10 (рис. 1). Формирование скачка управляющего напряжения на пьезопреобразователе упрощенно иллюстрируется рис. 4. На один из входов компаратора подается напряжение  $U_n$ , существенное превышение которого может привести к нарушению работы САТ из-за выхода из строя пьезопреобразователя. Если в процессе работы САТ напряжение интегратора  $U_n$ , поступающее на второй вход блока 17, превышает  $U_k$ , то на выходе компаратора возникает высокое напряжение, открывающее схему совпадения 18. Второй вход схемы совпадения соединен с опорным селектором видеоманитофона.

Селектор вырабатывает импульсы  $U_c$ , период которых равен периоду кадровых синхроимпульсов, а длительность — времени, в течение которого лента не касается магнитной головки. Если  $U_n = U_k$ , импульс опорного селектора появляется на выходе схемы совпадения 18 и далее поступает на вход интегратора 10 через масштабный усилитель 19 и суммирующее устройство 20, скачком снижается напряжение  $U_n$ , и маг-

нитная головка переходит на соседнюю строчку записи. В высококачественной цепи демпфирования переходный процесс должен заканчиваться за время действия импульса  $U_c$ .

Крутизна управляющего пилообразного сигнала может быть как положительной, так и отрицательной в зависимости от режима замедленного или ускоренного воспроизведения изображения. Например, если  $U_n$  соответствует ускоренному воспроизведению изображения, то  $U_{из}$  будет соответствовать замедленному. Скажность импульсов опорного селектора  $U_{сз}$  должна быть изменена, как показано на рис. 4, так же как изменен и знак напряжения срабатывания компаратора  $U_{кз}$ . Скачок управляющего напряжения в случае замедленного воспроизведения осуществляется с помощью элементов 21, 22, 23, аналогичных ранее рассмотренным блокам 17, 18, 19, с той лишь разницей, что сигнал опорного селектора  $U_c$  инвертируется с помощью блока 24, перед тем как поступить на второй вход схемы совпадения 22. Число компараторов в реальных САТ и соответственно число уровней напряжения, ограничивающих изменение  $U_n$ , может быть больше двух, причем уровни срабатывания компараторов в каждом режиме работы видеомангитфона выбираются так, чтобы  $U_n$  занимало минимально возможную зону около напряжения  $U_n = 0$ .

В практических схемах САТ выходное напряжение компаратора (17 или 21) поступает на вход схемы совпадения (соответственно 18 или 22) через промежуточное запоминающее устройство (на рис. 1 не показано), например  $D$ -триггер. Это делается для того, чтобы при скачкообразном изменении управляющего напряжения напряжение  $U_k$  или  $U_{кз}$  открывало соответствующую схему совпадения в течение всего времени действия импульсов опорного селектора ( $U_c$  или  $U_{сз}$ ). Длительность импульсов опорного селектора влияет на характер переходного процесса пьезопреобразователя, поэтому на выходе опорного селектора желательно иметь формирователь (на рис. 1 не показан), позволяющий ее изменять. Управляющее напряжение (рис. 4), воздействуя на пьезопреобразователь, позволяет ему осуществлять слежение за строчкой записи в режиме замедленного и ускоренного воспроизведения изображения. Как видно, форма управляющего напряжения такова, что в этом режиме с помощью САТ не производится компенсация кривизны строчки записи, которая может осуществляться с помощью ранее рассмотренных корректирующих блоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nathway R. A., Ravizza R. F. Development and Design of the Ampex Auto-Scan Tracking (AST) System // SMPTE J., 1980, N 12, p. 931—934.
2. Сошников В. Г., Фридлянд И. В. Оптическая установка для моделирования замкнутой системы автотрекинга // Техника кино и телевидения, 1983, № 1, с. 46—49.
3. Гукенберг В. Визуализация магнитной записи. — В кн.: Техника магнитной записи. — М.: Изд-во иностр. лит., 1962, с. 103—115.
4. Техника магнитной записи / А. В. Гончаров, В. И. Лазарев, В. И. Пархоменко, А. Б. Штейн. — М.: Энергия, 1978.

Статья поступила в редакцию 10 августа 1988 г.

## ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА МОНТАЖА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ НАКЛОННО-СТРОЧНОМ ВИДЕОМАГНИТОФОНЕ

Монтаж видеофонограмм наряду с записью и воспроизведением является одной из основных технологических операций, выполняемых на видеомагнитофоне. Поэтому во многом качество видеомагнитофона определяется его характеристиками, связанными с монтажом видеофонограмм.

К монтажным характеристикам видеомагнитофона относятся:

- качество монтажа сигналов изображения и звука;
- степень автоматизации операций, связанных с монтажом видеофонограмм;
- точность автоматического монтажа.

При воспроизведении смонтированной видеофонограммы не должно быть сбоев синхронизации видеосигнала, а в каналах звукового сопровождения в местах монтажных стыков уровень помех в виде «щелчков» не должен превышать допустимого значения. Эти требования являются общими для всех видеомагнитофонов независимо от формата записи и удовлетворяются за счет использования специального устройства временных задержек и коммутации (УВЗК), являющегося неотъемлемой частью любого видеомагнитофона.

Управление видеодоммагнитофоном в режимах монтажа может осуществляться как вручную, так и автоматически с предварительной разметкой и репетицией. От совершенства устройства автоматического управления видеомагнитофоном (АУМ) в режимах, связанных с монтажом видеофонограмм, зависит, в первую очередь, точность монтажа.

Если УВЗК является неотъемлемой частью видеомагнитофона и всегда размещается внутри него, то АУМ может размещаться как внутри видеомагнитофона, так и вне его, например в пульте дистанционного управления. При размещении АУМ внутри видеомагнитофона приобретает автономию по управлению и может быть использован в качестве исполнительного элемента в любой децентрализованной системе управления, где пульт дистанционного управления выполняет роль диспетчера, а встроенные системы АУМ осуществляют автоматическое управление своим видеомагнитофоном по заданным алгоритмам.

Видеомагнитофоны, оснащенные такой системой АУМ, позволяют осуществлять автоматический монтаж с использованием одного или нескольких видеомагнитофонов с аналогичными системами управления без дополнительного пульта дистанционного управления.

В централизованной системе управления все функции автоматического управления аппаратами магнитной записи выполняет пульт дистанционного управления, за счет чего значительно усложняется его программное и аппаратное обеспечение. При этом встроенные системы монтажа могут быть достаточно простыми.

Опыт построения больших автоматизированных монтажных комплексов, в которых используется несколько видеомагнитофонов, магнитофонов, генератор спецэффектов и другое телевизионное оборудование, показывает, что каждый аппарат магнитной записи должен быть оснащен «интеллектуальной», или «думающей», системой монтажа, которая осуществляет автоматический поиск, репетицию и монтаж в последовательности и по координатам, задаваемым пультом дистанционного управления [1].

Структура системы монтажа видеомагнитофона практически не зависит от формата записи. Обобщенная структурная схема управления видеомагнитофоном со встроенной системой монтажа показана на рис. 1.

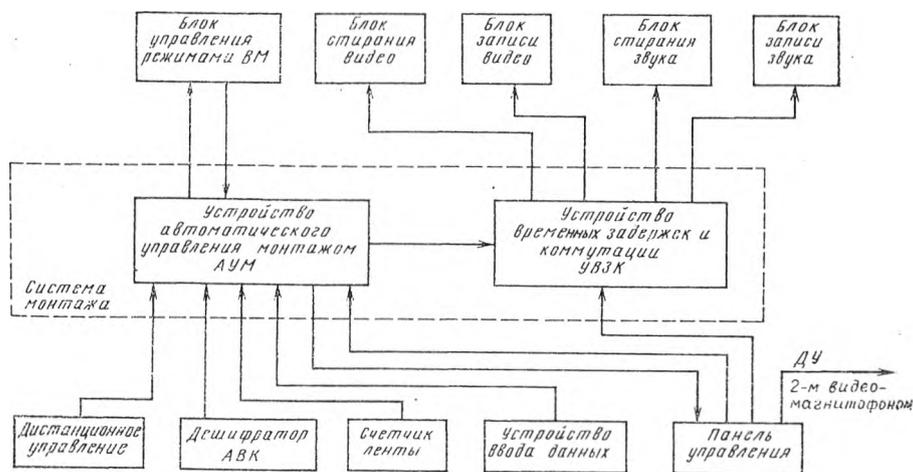


Рис. 1. Структурная схема управления видеомагнитофоном

Как видно из этой схемы, основными элементами встроенной системы монтажа являются АУМ и УВЗК. Автоматическое управление видеомагнитофоном осуществляется по командам, поступающим на блок управления режимами видеомагнитофона с АУМ. Для контроля состояния видеомагнитофона и оценки правильности выполнения команд с блока управления режимами видеомагнитофона на АУМ поступают сигналы индикации режимов работы видеомагнитофона.

По командам, поступающим с УВЗК, осуществляется в определенной последовательности включение и выключение записи и стирания в видео и звуковых каналах.

При таком построении встроенной системы монтажа АУМ осуществляет управление видеомагнитофоном во всех вспомогательных режимах, связанных с автоматическим монтажом и непосредственно во время автоматического монтажа. Режимы работы встроенной системы монтажа задаются с панели управления или с пульта дистанционного управления. Координаты монтажных стыков вводятся через устройство ввода данных также по командам, поступающим с пульта дистанционного управления или с панели управления. В качестве источника информации о положении ленты используется счетчик ленты или дешифратор адресно-временного кода.

Видеомагнитофоны, оснащенные такой встроенной системой монтажа, обеспечивают автоматический монтаж с использованием одного —

двух видеоманитофонов или в составе большой автоматизированной системы. При использовании двух видеоманитофонов управление обоими аппаратами осуществляется с панели управления аппарата, используемого в качестве монтажного. При этом АУМ воспроизводящего аппарата работает в режиме дистанционного управления.

Основной особенностью наклонно-строчного формата записи «С», которую следует учитывать при монтаже видеофонограмм, является малый угол наклона и большая длина дорожек записи видеосигнала, на каждый из которых записывается по одному полю телевизионного изображения [2]. Поэтому для монтажа видеофонограмм на наклонно-строчных видеоманитофонах необходимо использовать дополнительную вращающуюся головку стирания видеосигнала [3]. По сравнению с сегментными форматами записи формат «С» позволяет намного упростить разметку видеофонограмм за счет использования режима стоп-кадра и просмотра изображения во время перемотки.

К достоинствам наклонно-строчной записи можно отнести возможность контроля качества записи видеосигнала непосредственно во время записи за счет воспроизведения записываемой видеограммы воспроизводящей головкой, следующей за универсальной головкой.

Вращающаяся головка стирания обычно используется в начале записи в течение времени, необходимого для движения ленты от стационарной головки стирания видеосигнала до места начала записи на ленте вращающейся универсальной головкой. Это время составляет около 3 с. После этого вращающаяся стирающая головка может быть выключена. Такой порядок работы головок стирания используется только в режимах «Запись» и «Продолжение». В режиме «Вставка» стирание осуществляется только вращающейся головкой.

Звук в видеоманитофонах формата *C/EBU* записывается на продольных дорожках. Монтаж звуковых сигналов на таких видеоманитофонах практически не отличается от электронного монтажа аналогичных сигналов на магнитофонах и поперечно-строчных видеоманитофонах. Помехи или «щелчки» в местах монтажных стыков звуковых сигналов возникают при ступенчатом включении и выключении токов стирания и подмагничивания. Для снижения уровня этих помех токи подмагничивания и стирания в соответствующих головках должны нарастать и спадать при включении и выключении записи по экспоненциальному закону с постоянной времени 10—30 мс [4].

В соответствии со структурной схемой, показанной на рис. 1, УВЗК включает и выключает стирание и запись в соответствующих каналах по команде «Запись», поступающей из АУМ или с панели управления. Выбор каналов осуществляется обычно с панели управления. Команда «Запись» стробируется отрицательным фронтом кадровых опорных импульсов (ИКОп). По команде «Запись» УВЗК формирует команды включения стирания в соответствующих каналах и осуществляет перевод этих каналов в режим записи с задержкой, величина которой, в первую очередь, зависит от расстояния между соответствующими стирающей и универсальной головок.

Задержка  $\tau_{вс}$  включения записи видеосигнала универсальной видеоголовкой после начала стирания вращающейся головкой стирания определяется по формуле:

$$\tau_{вс} = \frac{q}{60n}, \text{ с}$$

где  $q$  — угловое расстояние между рабочими зазорами универсальной и стирающей вращающихся головок, относящихся к одному каналу видеозаписи, в градусах;

$n$  — скорость вращения диска видеоголовок, об/мин.

Задержка  $\tau_{зс}$  включения записи звуковых сигналов универсальными стационарными головками после начала стирания соответствующими стационарными стирающими головками определяется по формуле:

$$\tau_{зс} = \frac{l}{v_{ном}}, \text{ с}$$

где  $l$  — расстояние между рабочими зазорами стирающей и универсальной стационарных головок соответствующих звуковых каналов, см;

$v_{ном}$  — скорость движения ленты в режиме «Запись», см/с.

В видеомагнитофонах формата «С» все одноименные головки звуковых каналов, адресно-временного кода и канала управления расположены на одних и тех же стойках, поэтому во всех этих каналах значения  $\tau_{зс}$  одинаковые.

В связи с тем, что каждое слово 80-битного адресно-временного кода записывается в течение кадра, значение  $\tau_{зс}$  должно быть кратным номинальной длительности кадра, или четному числу полей. Только в этом случае при монтаже в режиме «Продолжение» обеспечивается непрерывная запись адресно-временного кода на протяжении всей видеофотограммы, состоящей из ряда отдельных фрагментов.

В форматах записи расстояния между соответствующими стирающими и универсальными головками не стандартизируются, а выбирается в каждом конкретном случае из конструктивных соображений. Например, в наклонно-строчном видеомагнитофоне формата *C/EBU* «Кадр-103СЦ»  $\tau_{вс} = 108 \text{ Н} = 6,9 \text{ мс}$ , а  $\tau_{зс} = 10 \text{ в} = 200 \text{ мс}$ .

Большая разница в значениях  $\tau_{вс}$  и  $\tau_{зс}$  значительно осложняет процесс монтажа. В большинстве случаев монтаж изображения и звукового сопровождения должен осуществляться одновременно, чтобы сохранить структуру сигналов, записанных одновременно. Это влечет за собой необходимость вводить дополнительную задержку включения стирания видеосигнала вращающейся головкой стирания, либо осуществлять раздельную разметку по каналам изображения и звука. Очевидно, что введение дополнительной задержки необходимо для обеспечения монтажа с ручным управлением и для упрощения разметки в большинстве случаев, когда не требуется искусственно смещать места монтажных стыков изображения и звука. Вместе с тем, для обеспечения этого смещения АУМ и УВЗК должны обеспечивать монтаж изображения и звукового сопровождения независимо друг от друга и в разное время.

Значение дополнительной задержки  $\Delta\tau = \tau_{зс} - \tau_{вс}$  выбирается из условия одновременного начала записи сигналов изображения и звукового сопровождения по одной и той же команде «Запись». Небольшая коррекция этой задержки связана с фазировкой диска видеоголовок с ИКОп и соответственно с началом стирания и записи видеосигнала.

На рис. 2 показаны временные эпюры включения и выключения команд стирания и записи сигналов изображения и звука, переключения «лента/электроника», включения генератора подмагничивания и коммутации токов стирания и подмагничивания в соответствующих головках каналов звука относительно опорного сигнала ИКОп частоты кадров при монтаже вставки. Как видно из этого рисунка, по команде «Запись вставки» сразу включается стирание в звуковых каналах, однако ток стирания нарастает по экспоненциальному закону в течение 10—13 мс. Одновременно включается генератор частоты подмагничивания с таким расчетом, чтобы к моменту начала записи в нем завершились все переходные процессы. Запись звука включается через 10  $v$ , при этом ток подмагничивания также нарастает в течение 10—13 мс, как показано на соответствующей эпюре.

Стирание видеосигнала начинается вращающейся головкой стирания через интервал времени  $\Delta\tau = 10 \text{ в} = 102,5 \text{ Н}$  в момент касания этой

головкой ленты. После этого ток во вращающейся стирающей головке будет периодически выключаться во время «форматного выпадения».

Запись видеосигнала включается в момент касания универсальной видеоголовки ленты и продолжается в течение всего времени записи вставки.

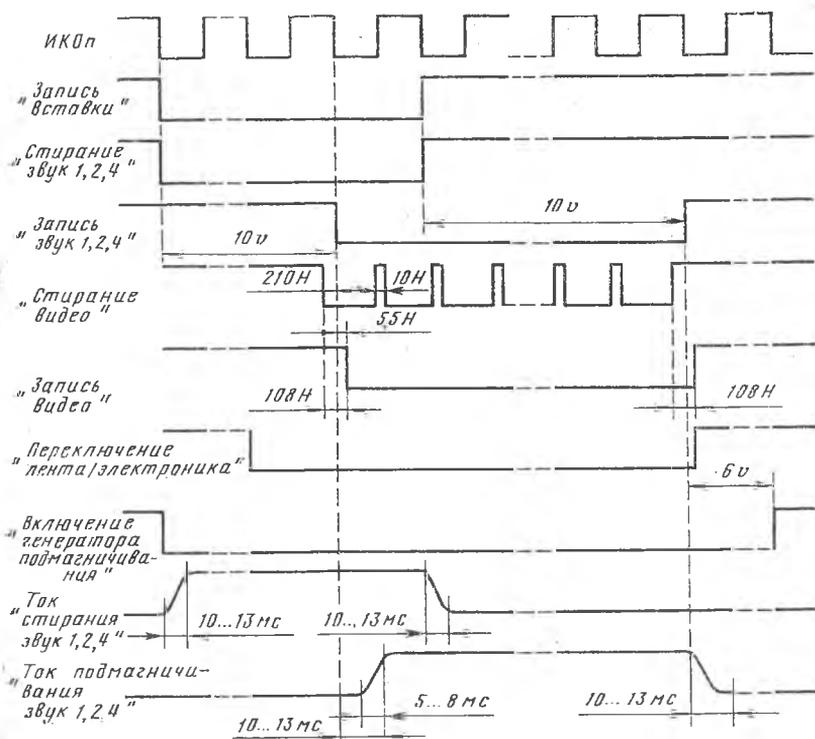


Рис. 2. Временные эпюры включения и выключения команд коммутации при монтаже вставки

Продолжительность вставки определяется временем включения команды «Запись вставки». При стробировании включения и выключения этой команды импульсами ИКОп минимальная продолжительность вставки не может быть меньше одного кадра. В настоящее время такая дискретность монтажа видеосигналов считается вполне достаточной. Для монтажа звука необходимо производить монтаж с меньшей дискретностью, а следовательно, и с более высокой точностью [5], однако для упрощения разметки видеофонограмм и встроенных систем АУМ видеомагнитофонов в настоящее время на всех видеомагнитофонах монтаж изображения и звука производят с одинаковой дискретностью, т. е. при минимальной продолжительности вставки в один кадр или 40 мс.

При выключении команды «Запись вставки» также в первую очередь выключается стирание в звуковых каналах. При этом во избежание появления помех в виде «щелчков» при воспроизведении монтажных стыков, ток стирания от номинального значения до нуля спадает в течение 10—13 мс. С задержкой на  $10v$  выключается соответственно и запись звука, однако ток подмагничивания спадает еще в течение 10—13 мс.

Стирание видеосигнала вращающейся головкой стирания выключается в момент окончания стирания последнего кадра фрагмента, на место которого записывается вставка, с задержкой на  $\Delta\tau = 10 v - 102,5$  Н после выключения команды «Запись вставки». Запись видеосигнала выключается через 102,5 Н после выключения стирания видеосигнала.

В режиме «Монтаж» воспроизведение и запись сигналов изображения и звука в видеомагнитофонах осуществляется универсальными головками. Диск вращающихся головок фазирован таким образом, чтобы воспроизводимый универсальной головкой видеосигнал был синфазным с опорным видеосигналом. В качестве опорного видеосигнала выбирается либо единый опорный сигнал для всего телецентра, и в этом случае записываемые видеосигналы синфазны с этим опорным сигналом. Либо в качестве опорного видеосигнала используется записываемый во время монтажа видеосигнал.

Для контроля правильности монтажа непосредственно во время монтажа на наклонно-строчных видеомагнитофонах можно использовать два способа:

- воспроизведение сигналов изображения и звука во время записи;
- воспроизведение сигналов изображения и звука до начала записи и переключение входных сигналов на выход во время записи (переключение «лента / электроника»).

Однако в первом случае необходимо помнить, что сигналы, воспроизводимые головкой воспроизведения, имеют значительный сдвиг по фазе. Например, видеосигнал, воспроизводимый головкой воспроизведения в режиме «Монтаж», сдвинут относительно опорного видеосигнала на треть поля.

Во втором случае в режиме «Монтаж» во время записи сигнал со входов поступает непосредственно на выходы одноименных каналов в той же фазе.

Как видно из рис. 2, переключение «лента / электроника» происходит одновременно с включением и выключением записи по каналам изображения и звука. Во избежание помех во время переключения сигнала изображения включение режима «Электроника» опережает на кадр включение записи видеосигнала. Выключение режима «Электроника» происходит одновременно с выключением записи видеосигнала и соответственно с началом воспроизведения видеосигнала вращающейся универсальной головкой. Через  $6 v$  после выключения записи во всех каналах, в которых осуществлялся монтаж вставки, выключается генератор подмагничивания.

В качестве примера построения системы АУМ рассмотрим встроенную систему автоматического управления видеомагнитофоном «Кадр-103СЦ» в режимах монтажа и связанных с ним подготовительных операциях. Структурная схема этой системы показана на рис. 3. Основными элементами этой системы являются вычитающее устройство, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), устройство ввода данных, компаратор и логическое устройство коммутации и управления (ЛУКУ). ЛУКУ по заданной программе осуществляет автоматическое управление элементами АУМ и формирует командные сигналы, поступающие на блок управления режимами видеомагнитофона. Режимы работы ЛУКУ, а следовательно, и АУМ в целом задаются с панели управления.

Автоматическое управление осуществляется в следующих режимах:

- монтаж и репетиция после предварительной разметки;
- поиск мест монтажных стыков с точной установкой в месте предполагаемого монтажного стыка;
- предустановка с заданным опережением относительно начала вставки или продолжения;
- синхронное воспроизведение.

Во всех этих режимах команды управления формируются за счет сравнения текущих значений временной информации, поступающей с дешифратора АВК или счетчика ленты, со значениями, записанными в ОЗУ. В видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» в ОЗУ записываются координаты только одной вставки или, соответственно, начала продолжения. Это связано с тем, что встроенная система предназначена в основном для оперативного пофрагментного монтажа с использованием двух видеомагнитофонов. Коррекция значений, записанных в ОЗУ, производится путем записи новых значений.

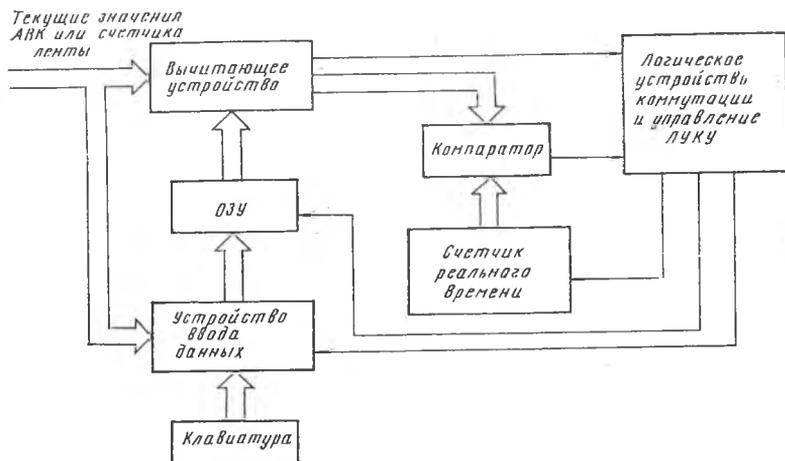


Рис. 3. Структурная схема встроенной системы автоматического управления видеомагнитофоном «Кадр-103СЦ» в режимах монтажа и связанных с ним подготовительных операциях

Запись значений временной информации в ОЗУ осуществляется по командам, поступающим из ЛУКУ, при нажатии на панели управления кнопок «Начало» или «Конец». При этом могут вводиться как текущие значения временной информации, так и значения, набранные на специальной клавиатуре. Отсутствие специального арифметического устройства коррекции объясняется возможностью очень точной разметки при воспроизведении с замедленной скоростью воспроизведения, позволяющей оперативно и точно установить место предполагаемого монтажного стыка. Коррекцию разметки рекомендуется также вести в режиме стоп-кадра и замедленного воспроизведения.

Самым простым режимом работы АУМ является автоматический монтаж или ретипация после предварительной разметки и установки ленты с заданным опережением. В этом случае командные сигналы формируются на выходе вычитающего устройства при совпадении текущих значений временной информации с соответствующими значениями, записанными в ОЗУ.

Алгоритмы работы системы в режимах «Поиск» и «Предустановка» имеют много общего, так как и в том и в другом случаях осуществляется автоматический поиск и установка ленты в заданном месте. Только в режиме «Поиск» лента устанавливается точно в месте, выбранном в качестве монтажного стыка и соответствующем началу или концу вставки или началу продолжения, а в режиме «Предустановка» лента автоматически устанавливается с заданным опережением относительно начала вставки или продолжения. В видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» могут быть установлены три значения времени опережения: 6, 10 и 16 с.

Расстояние предустановки зависит от старт-стопных характеристик лентопротяжных механизмов, времени вхождения видеоманитофона в синхронизм в режиме «Воспроизведение» и точности предустановки.

Известны два принципа построения систем автоматического поиска заданного места на ленте. В начале в обоих случаях система автоматического управления определяет направление перемотки ленты, сравнивая текущее значение временной информации с записанным в ОЗУ и обозначающим цель поиска.

После этого при использовании одного принципа управления в течение всего времени движения к цели в режиме «Перемотка» измеряются расстояние до цели поиска, скорость и ускорение движения ленты. При этом управление движением ленты осуществляется таким образом, чтобы поиск занимал минимальное время и лента останавливалась с минимальным отклонением относительно искомого места [6]. Подобные алгоритмы управления используются при наличии лентопротяжного механизма, у которого скорость движения ленты в режиме «Перемотка» жестко связана с управляющим напряжением.

При другом алгоритме управления в режиме «Перемотка» осуществляется только грубый поиск с максимальной скоростью движения ленты. Точный поиск осуществляется при достижении окрестностей искомой точки в режиме «Воспроизведение».

Такой алгоритм управления в режиме автоматического поиска больше подходит для лентопротяжных механизмов, у которых в режиме «Перемотка» стабилизируется только натяжение ленты и отсутствует жесткая связь между управляющим напряжением и скоростью движения ленты, которая в большой степени зависит от трения в тракте [7].

Лентопротяжный механизм с такими характеристиками используется, в частности, в видеоманитоне «Кадр-103СЦ», поэтому для него выбран второй алгоритм работы системы АУМ в режимах автоматического поиска, который показан на рис. 4.

В режиме «Поиск» все необходимые команды для управления лентопротяжным механизмом через ЛУКУ формируются на выходе вычитающего устройства при сравнении текущих значений со значением, обозначающим цель поиска и считываемым из ОЗУ. Так, например, если текущее значение больше считываемого из ОЗУ, то включается перемотка «Налево» по команде  $\langle T > T_{\text{нач}} \rangle$ , формируемой на выходе вычитающего устройства, где  $T$  — текущее значение временной информации, а  $T_{\text{нач}}$  обозначает, например, начало вставки. При равенстве текущего значения значению, считываемому из ОЗУ, на выходе вычитающего устройства формируется команда  $\langle T = T_{\text{нач}} \rangle$ . По программе, заложенной в ЛУКУ, в соответствии с этой командой включается режим «Воспроизведение», если до этого был режим «Перемотка налево». В режиме «Перемотка направо» включается «Перемотка налево». В режиме «Воспроизведение» включается «Стоп».

В режиме «Предустановка» для автоматической установки ленты с заданным опережением относительно начала вставки или продолжения все время в течение автоматического поиска вычисляется разность между текущим значением  $T$  временной информации и значением  $T_{\text{нач}}$ , обозначающим начало вставки или продолжения. Вычисление разности производит вычитающее устройство. Разностное значение сравнивается на компараторе со значением, установленным на счетчике реального времени, которое остается неизменным в режиме «Предустановка» и численно равно выбранному расстоянию  $T_{\text{оп}}$  предустановки. В остальном алгоритм работы АУМ в режиме «Предустановка» аналогичен алгоритму работы в режиме «Поиск». Только команды, соответствующие  $\langle T_{\text{нач}} - T = T_{\text{оп}} \rangle$  или  $\langle T_{\text{нач}} - T \neq T_{\text{оп}} \rangle$ , поступают на ЛУКУ с компаратора и там по заданной программе формируются в команды, поступающие на блок управления режимами видеоманитофона.

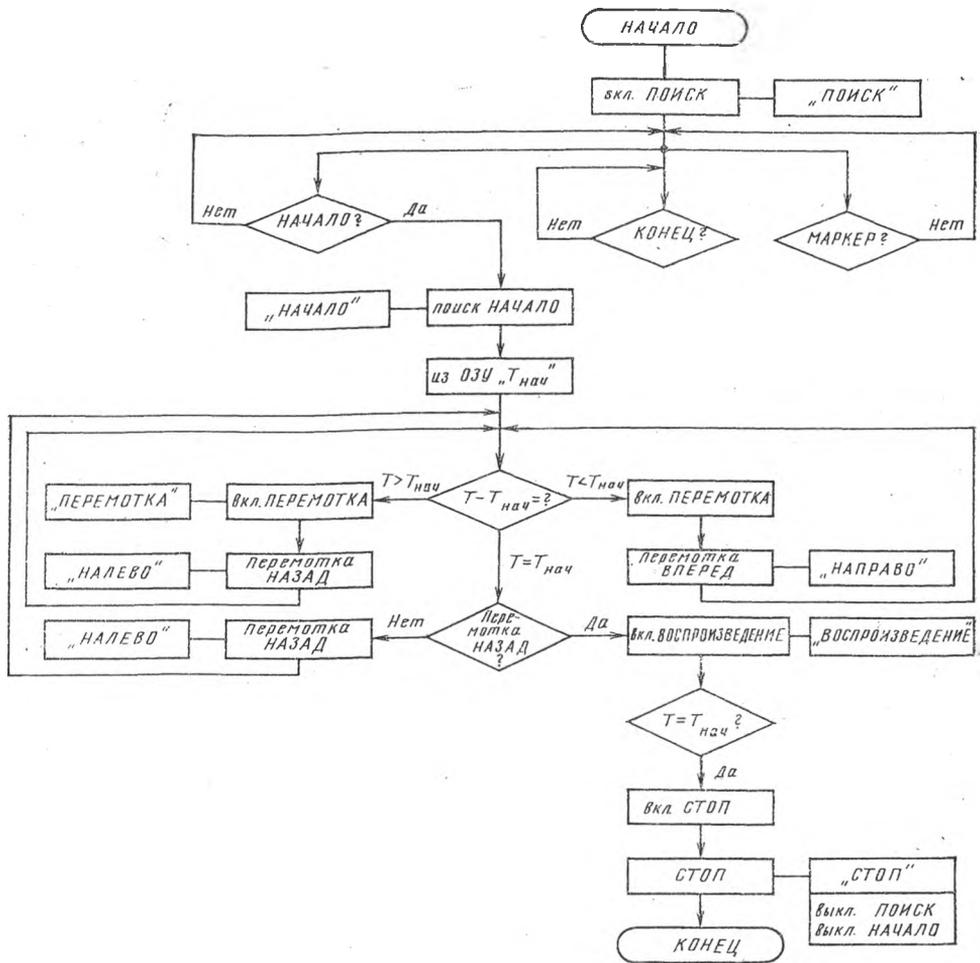


Рис. 4. Алгоритм работы системы АУМ в режиме «Поиск»

Для осуществления автоматического монтажа с использованием двух или более видеомагнитофонов недостаточно только установить их с заданным опережением относительно начала вставки или продолжения. Тем более, что все системы обеспечивают установку ленты в заданной точке с большей или меньшей ошибкой. Для осуществления автоматического монтажа с высокой точностью необходимо обеспечить, чтобы к началу вставки или продолжения монтажный и воспроизводящий видеомагнитофоны подходили строго одновременно не только во время автоматического монтажа, но и в процессе многократных репетиций. Время, в течение которого каждый из видеомагнитофонов, установленных с одинаковым опережением, достигнет начала вставки или продолжения зависит от точности предустановки и старт-стопных характеристик лентопротяжного механизма.

Одновременный подход к началу вставки или продолжения монтажного и воспроизводящего видеомагнитофонов обеспечивает так называемая система синхронной работы. С помощью этой системы через некоторое время после одновременного запуска видеомагнитофонов в

режим «Воспроизведение» определяется насколько расстояние до начала вставки на воспроизводящем видеомагнитофоне отличается от этого расстояния на монтажном. После этого скорость движения ленты на воспроизводящем видеомагнитофоне изменяется таким образом, чтобы компенсировать это отклонение [8].

В видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» в системе АУМ используется автономная система синхронизации, обеспечивающая достижение начала вставки или продолжения точно через заданный интервал времени, численно равный времени предустановки, каждым видеомагнитофоном независимо друг от друга. Для этого при автоматическом монтаже или репетиции система АУМ переводится в режим «Синхронизация». В этом режиме после включения режима «Воспроизведение» реальное расстояние во времени, соответствующем движению с номинальной скоростью записи, от текущего положения ленты до начала вставки или продолжения сравнивается с расчетным, необходимым для достижения этого начала точно в заданное время. В случае отклонения реального расстояния от расчетного скорость движения ленты изменяется таким образом, чтобы свести это отклонение к нулю.

Реальное текущее расстояние до начала вставки или продолжения определяется путем вычисления разности между текущим значением временной информации  $T$ , поступающей со счетчика метража ленты или дешифратора АВК, и значением  $T_{нач}$ , считываемым из ОЗУ. Вычисление этой разности осуществляется в вычитающем устройстве.

Расчетное время  $T_{рв}$  от момента включения режима «Воспроизведение» до достижения начала вставки или продолжения определяется с помощью счетчика реального времени, работающего в реверсивном режиме. В начальный момент на этом счетчике устанавливается значение, численно равное времени предустановки.

При отклонении текущего расстояния от расчетного на выходе компаратора, на котором сравниваются эти значения, формируются соответствующие командные сигналы. В зависимости от этих сигналов ЛУКУ формируются команды, по которым увеличивается или уменьшается скорость движения ленты таким образом, чтобы обеспечить подход к началу вставки или продолжения точно через время предустановки. Для повышения точности синхронизации сравнение текущего расстояния ( $T_{нач} - T$ ) с расчетным  $T_{рв}$  производится дважды.

На рис. 5 показан алгоритм работы системы АУМ в режиме автоматического монтажа вставки, при котором в начале система АУМ работает в режиме «Синхронизация», а по окончании синхронизации автоматически включает и выключает режим «Запись» в соответствии с предварительной разметкой.

Для того чтобы в каждом из каналов монтаж произошел точно в соответствии с предварительной разметкой, команда включения и выключения записи в нем должна быть сформирована с опережением, численно равным времени задержки включения головки записи относительно включения головки стирания. В видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» разметка производится одними и теми же метками одновременно для канала изображения и для каналов звукового сопровождения. Поэтому в качестве времени опережения выбрано единое время, одинаковое для всех каналов записи и равное задержке в каналах звукового сопровождения, как наибольшее. Это время, как было указано выше, равно 10  $\mu$  или 5 кадрам.

Для формирования опережающей команды включения режима «Запись» используются те же вычитающее устройство, счетчик реального времени и компаратор, что и в режиме «Синхронизация». Только в этом случае, после окончания синхронизации на счетчике устанавливается постоянное значение 5 кадров. Вычитающее устройство продолжает определять разность между текущими значениями временной ин-

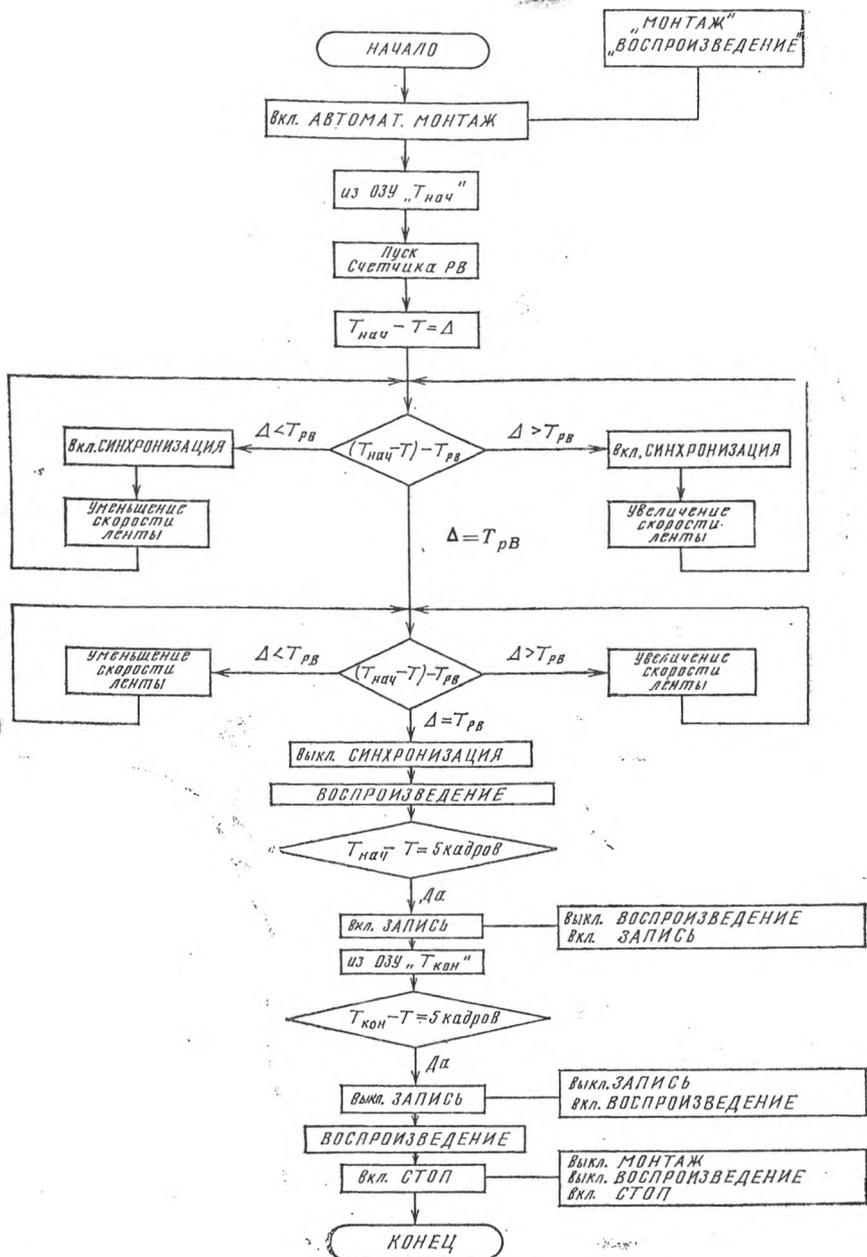


Рис. 5. Алгоритм работы системы АУМ в режиме «Автоматический монтаж»

формации  $T$  и значением  $T_{\text{нач}}$ , считываемым из ОЗУ. Команда включения режима «Запись» формируется ЛУКУ по сигналу, поступающему с компаратора в тот момент, когда  $T_{\text{нач}} - T = 5$  кадрам. После этого по команде ЛУКУ из ОЗУ считывается значение  $T_{\text{кон}}$ , обозначающее конец вставки. При достижении  $T_{\text{кон}} - T = 5$  кадрам по сигналу возникновения, поступающему с компаратора, ЛУКУ формирует команду выключения режима «Запись». Сигнал совпадения, возникающий на выходе компаратора при  $T - T_{\text{кон}} = 5$  кадров, ЛУКУ игнорирует.

После монтажа вставки видеомагнитофон автоматически переходит в режим «Воспроизведение», который сохраняется до тех пор, пока не будет нажата какая-нибудь из режимных кнопок, например «Стоп».

В режиме «Продолжение» автоматически блокируется считывание из ОЗУ значений, соответствующих концу вставки, чтобы исключить ошибочное выключение режима «Запись».

При использовании видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» в качестве воспроизводящего, или источника, в автоматическом режиме он из состояния «Предустановка» должен запускаться одновременно с монтажным. Для этого с монтажного аппарата на него должна передаваться по цепям дистанционного управления специальная команда «Пуск». По этой команде источник переходит в режим синхронного воспроизведения, в начале которого происходит синхронизация также, как и в режиме «Автоматический монтаж». Благодаря этому воспроизведение участка видеофонограммы, начало которого обозначено меткой  $T_{\text{нач}}$ , начнется точно через время предустановки  $T_{\text{оп}}$ .

Система автоматического монтажа видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» обеспечивает автоматический монтаж с использованием одного или двух видеомагнитофонов с точностью не хуже  $\pm 0$  кадров. При этом автоматический поиск или предустановка осуществляется с ошибкой, не превышающей  $\pm 1$  кадр.

Уровень «щелчков» в звуковых каналах при воспроизведении места монтажного стыка не хуже  $-35$  дБ.

Конструктивно система автоматического монтажа видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» размещена в шести стандартных электронных блоках, из которых четыре занимает АУМ и два — УВЗК. В состав УВЗК входят формирователь временных интервалов У2 и коммутатор монтажных команд У3. Устройство АУМ состоит из блока АЛУ К1, счетчика ленты К2, блока управления ЭМ К3 и блока монтажных команд У8.

В блоке АЛУ К1 размещено вычитающее устройство, в блоке К2 размещен счетчик ленты и устройство выделения временной информации АдВК из строки данных, поступающей с дешифратора АдВК. В блоке К3 размещены ОЗУ, компаратор и счетчик реального времени. ЛУКУ в основном сосредоточено в блоке У8.

Известно, что одним из достоинств автоматического монтажа, позволяющим значительно повысить художественное качество монтируемой программы, является возможность многократного просмотра точек на видеофонограмме, выбранных в качестве монтажных стыков. Поэтому в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» предусмотрена репетиция монтажа как с использованием двух видеомагнитофонов, так и на каждом из видеомагнитофонов отдельно.

При использовании двух видеомагнитофонов репетиция осуществляется обычным способом. При использовании одного видеомагнитофона сигналы на его выходах появляются в последовательности «воспроизводимый — входной — воспроизводимый», если этот аппарат предполагается использовать в режиме монтажного, или «входной — воспроизводимый — входной», если он будет использоваться как источник. Для упрощения работы оператора система управления видеомагнитофоном построена таким образом, что переход от одного вида репетиции к другому осуществляется автоматически при назначении видеомагнитофона

монтажным или источником. Назначение монтажным осуществляется при включении режимов «Вставка» или «Продолжение». Для наибольшей четкости выявления мест предполагаемых монтажных стыков желательно на входы соответственно каналов изображения и звука подавать сигналы черного поля и паузы.

### Выводы

1. Разработана встроенная система монтажа для профессионального наклонно-строчного видеомагнитофона, позволяющая осуществлять на нем автоматический монтаж с высокой точностью с предварительной разметкой и репетицией.

2. Автоматический монтаж с использованием двух видеомагнитофонов, оснащенных встроенной системой монтажа, осуществляется как при управлении с панели управления видеомагнитофона, выбранного монтажным, так и в автоматизированной монтажной системе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Trissl K.-H. MOSAIC — ein modernes Fernbedinsystem für Fernsehstudioanlagen // Rundfunktechnische Mitteilungen, 1982, 26, № 1, S. 10—21.
2. Type C helical video tape recorders. — IEC Standard, Publication 558, 1982.
3. Гитлиц М. В., Лишин Л. Г. Видеомагнитофоны и их применение. — М.: Связь, 1980.
4. Шалиро А. С., Бушанский Ф. Р. Монтаж видеофонограмм с использованием рабочих копий в 12,7-мм кассетах // Техника кино и телевидения, 1985, № 7, с. 60—64.
5. Schmelowsky X.—X. Entzerrungsfreies Demodulationsverfahren für Magnetschichtspeicher. Teil 1 // Radio Fernsehen Elektronik, 1979, 28, № 10, S. 633—636.
6. Coreland P. Recorders. — Пат. 4.315.286, США. Заявл. 06.09.79, № 72904, опубл. 09.02.82. МКИ G 11 B 15/18, НКИ 360/72.2.
7. Кобаяси И. Поисковое устройство магнитофона. — Пат. 58—8065, Япония. Заявл. 31.07.73, № 51—91645, опубл. 14.02.83. МКИ G 11 B 27/10, G 11 B 15/02.
8. Техника магнитной видеозаписи / Под ред. В. И. Пархоменко. — М.: Энергия, 1978.

Статья поступила в редакцию 19 марта 1986 г.

## О СОГЛАСОВАНИИ МАГНИТНОЙ ГОЛОВКИ С КАНАЛОМ ЗАПИСИ ВИДЕОМАГНИТОФОНА

Канал записи [1, 2] является одним из звеньев, определяющих качественные параметры видеоманитофона. Для стандартного намагничивания носителя к усилителю записи, магнитной головке и элементам их связи предъявляется ряд жестких специфических требований. Усилитель записи должен обладать достаточной широкополосностью для пропускания частотно-модулированного сигнала модулятора в головку записи. В головке должен обеспечиваться ток, оптимальный для спектра записываемого сигнала при малом уровне нелинейных искажений. К тому же одним из условий эксплуатации видеоманитофона является возможность оперативной замены магнитной головки без необходимости подстройки канала. Последнее требует стабильности характеристик канала записи как при смене головок, так и во времени при неизбежном изменении параметров головок и элементов связи при эксплуатации.

Вместе с тем на практике, в связи с громоздкостью точного анализа соотношений в выходной цепи канала записи [3], отсутствуют конкретные однозначные рекомендации по выбору и расчету параметров элементов связи магнитной головки с усилителем, выходного сопротивления усилителя, имеются различные мнения [4] по вопросу оптимального варианта его построения, не проработан вопрос стабильности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в зависимости от параметров и варианта схемы выходного каскада усилителя (источник тока или напряжения).

Различают два вида усилителей в зависимости от амплитудной характеристики: линейный и ключевой (импульсный). Импульсный усилитель, более экономичный в энергетическом отношении, требует для реализации своего преимущества расположения в непосредственной близости от вращающейся магнитной головки, что конструктивно не всегда возможно.

Целью настоящей работы являются выработка четких однозначных критериев выбора параметров линейного усилителя записи, линии связи усилителя с магнитной головкой и разработка методики расчета этих параметров при оптимальном их выборе.

На рис. 1 и 2 приведены принципиальная схема выходной цепи усилителя записи видеоманитофона и соответствующая эквивалентная

схема замещения. В качестве элемента согласования магнитной головки с усилителем применяется высокочастотный вращающийся трансформатор, служащий одновременно устройством передачи энергии во вращающуюся магнитную головку записи. Трансформатор соединен с магнитной головкой и усилителем кабелями, конструктивная длина которых требует учета их влияния на параметры канала записи.

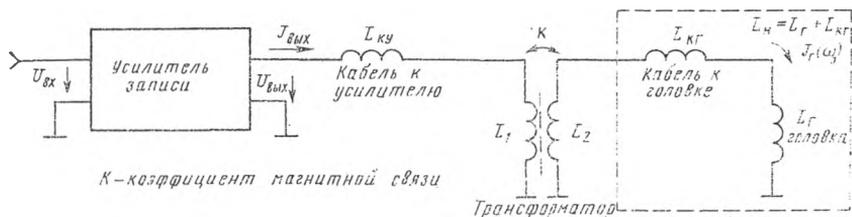


Рис. 1. Принципиальная схема выходной цепи усилителя записи

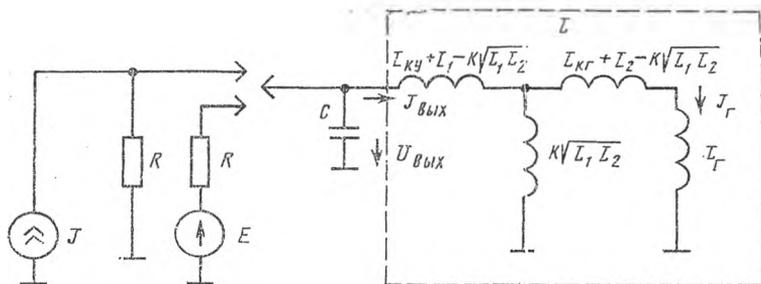


Рис. 2. Эквивалентная схема замещения выходной цепи канала записи

Для дифференцированного подхода к взаимосвязанным зависимостям характеристик канала от его параметров и выявления однозначных условий их оптимизации следует отметить ряд следующих принципиальных моментов.

1. При анализе эквивалентной схемы замещения необходимо учитывать наличие паразитной индуктивности кабеля связи усилителя с трансформатором, именно эта величина совместно с индуктивностью нагрузки однозначно определяет минимально требуемое выходное напряжение усилителя записи при заданном токе в головке.

2. Неравномерность результирующей АЧХ возрастает с увеличением эквивалентной емкости выходной цепи.

3. АЧХ по току записи определяется при фиксированном значении эквивалентной емкости величинами эквивалентной индуктивности нагрузки и выходного сопротивления усилителя.

4. Увеличение выходного сопротивления усилителя приводит к росту нестабильности АЧХ при изменении эквивалентных индуктивности и емкости.

5. Учет составляющих частотно-зависимых сопротивлений потерь в обмотках трансформатора и головки не вносит принципиально новых моментов и может быть произведен соответствующей эмпирической коррекцией величины выходного сопротивления.

Анализ схемы замещения (рис. 2) в комплексной форме дает следующие соотношения для модулей величин:

$$I_{\text{вых}} = I_r(p+1)/kpn; \quad (1)$$

$$L = L_{\text{кy}} + pn^2 L_{\text{н}} \left(1 - k^2 \frac{p}{p+1}\right); \quad (2)$$

$$S = \frac{I_r}{U_{\text{вых}}} = S_y R_{\mu} = K_y \mu, \quad (3)$$

где 
$$\mu = k \cdot K_p \cdot K_L / K_{\omega}; \quad (4)$$

$$K_p = \left[ \frac{p}{(p+1)(p+1-k^2 p)} \right]^{0.5}; \quad (5)$$

$$K_L = \left( \frac{L - L_{\text{кy}}}{L_{\text{н}}} \right)^{0.5}; \quad (6)$$

$$K_{\omega}^2 = R^2(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2; \quad (7)$$

$$p = L_2/L_{\text{н}} \quad n = \sqrt{L_1/L_2};$$

$$K_y = E/U_{\text{вых}}; \quad S_y = I/U_{\text{вых}}; \quad A(\omega) = S(\omega)/S(\omega_{\text{max}}).$$

Коэффициент  $K_{\omega}$  характеризует частотные искажения тока в головке записи в соответствии с АЧХ по току записи  $A(\omega)$ . Частота  $\omega_{\text{max}}$  соответствует максимуму крутизны  $S$  по току в головке.

Задача оптимизации согласования магнитной головки с каналом записи при заданных значениях  $k$ ,  $C$ ,  $L_{\text{н}}$ ,  $L_{\text{кy}}$ ,  $I_r$  ( $\omega_0$ ) в рабочем диапазоне частот ( $\omega_{\text{в}}$ — $\omega_{\text{н}}$ ) состоит в независимом определении трех величин  $p$ ,  $n$  и  $R$ , комбинация которых обеспечивает крутизну  $S$  по току в головке, заданную неравномерность АЧХ по току записи  $H$  в рабочем диапазоне частот и нестабильность частотных характеристик  $\delta$  при изменении  $L$  и  $C$ .

Исходя из приведенных соотношений, можно дать следующие рекомендации для расчета.

Величина  $p$  однозначно определяется условием максимума крутизны  $S$  [5]:

$$\frac{\partial S}{\partial p} = \frac{\partial K_p}{\partial p} = 0,$$

откуда 
$$p = p_{\text{opt}} = (1 - k^2)^{-0.5}. \quad (8)$$

Коэффициент трансформации  $n$  определяет требуемое для достижения тока в головке  $I_r(\omega_0)$  выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  и частотную характеристику по току записи  $A(\omega)$ .

Минимальное выходное напряжение усилителя имеет место при

$$\frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial n} = 0,$$

откуда 
$$n = n_{\text{opt}} = \left[ \frac{L_{\text{кy}}}{p \left(1 - k^2 \frac{p}{p+1}\right) L_{\text{н}}} \right]^{0.5}; \quad (9)$$

$$L = L_{\text{opt}} = 2 L_{\text{кy}}. \quad (10)$$

При  $p = p_{\text{opt}}$  и отсутствии потерь в обмотках

$$U_{\text{вых min}} = 2 \omega_0 I_r \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k} \sqrt{L_{\text{кy}} L_{\text{н}}}. \quad (11)$$

Неравномерность АЧХ в полосе частот  $(\omega_B - \omega_H)$

$$H = 1 - \frac{A(\omega_B) \sqrt{\frac{\beta(2+\alpha+\beta)}{4}} \sqrt{\frac{1}{2(1+\alpha)(1+\beta)+4}}}{A(\omega_H) \sqrt{\frac{\beta(2+\alpha-\beta)}{4}} \sqrt{\frac{1}{2(1+\alpha)(1-\beta)+4}}}, \quad (12)$$

где

$$\alpha = \frac{(\omega_{\max} - \omega_H)(\omega_{\max} - \omega_B)}{|(\omega_{\max} - \omega_H)(\omega_{\max} - \omega_B)|};$$

$$\beta = \frac{\sqrt{\omega_H \omega_B} - \omega_{\max}}{|\sqrt{\omega_H \omega_B} - \omega_{\max}|}.$$

Неравномерность АЧХ не превышает заданной величины  $H \geq H_{\min}$  при

$$n^2 \leq n_{\text{opt}}^2 \left[ \frac{2}{L_{\text{кy}} C} \sqrt{\frac{H(2-H)}{\omega_H^4 + 2(4H - 2H^2 - 1)\omega_H^2 \omega_B^2 + \omega_B^4}} - 1 \right]; \quad (13)$$

$$H_{\min} = 1 - \sqrt{\frac{1 - \omega_{\max}^4 L_{\text{кy}}^2 C^2}{1 - \omega_H^2 \omega_B^2 L_{\text{кy}}^2 C^2}}; \quad (14)$$

$$R = R_0 = \sqrt{\frac{L}{2C(1 - \omega_{\max}^2 LC)}}; \quad (15)$$

где

$$\omega_{\max}^2 = \frac{\omega_H^2 + \omega_B^2}{2}.$$

При этом

$$S(\omega_H) = S(\omega_B).$$

Индуктивность  $L$  определяется формулой (2). Величину  $n$  следует выбирать из уравнений (9), (13), исходя из конкретных требований к  $U_{\text{вых}}$  и  $H$ .

Нестабильность АЧХ по току записи на наиболее критичной к изменениям  $L$  и  $C$  частоте  $\omega_B$ :

$$\delta(\omega_B) = \left| L \frac{\partial A}{\partial L} \right| + \left| C \frac{\partial A}{\partial C} \right|, \quad (16)$$

где

$$\frac{\partial A}{\partial L} = \frac{K_{\omega_B} \frac{\partial K_{\omega_H}}{\partial L} - K_{\omega_H} \frac{\partial K_{\omega_B}}{\partial L}}{K_{\omega_B}^2};$$

$$\frac{\partial A}{\partial C} = \frac{K_{\omega_B} \frac{\partial K_{\omega_H}}{\partial C} - K_{\omega_H} \frac{\partial K_{\omega_B}}{\partial C}}{K_{\omega_B}^2};$$

$$\frac{\partial K_{\omega}}{\partial L} = \frac{\omega^2 L - R^2 \omega^2 C (1 - \omega^2 LC)}{K_{\omega}};$$

$$\frac{\partial K_{\omega}}{\partial C} = \frac{\omega^2 LR^2 (\omega^2 LC - 1)}{K_{\omega}}.$$

Если рассчитанная нестабильность  $\delta(\omega_B)$  превышает заданную, то выходное сопротивление усилителя следует сделать минимально возможным ( $R = R_{\min}$ ). При этом для уменьшения частотных искажений

усилитель должен содержать в своем составе дифференцирующее звено с коэффициентом передачи  $K_\partial = j\omega/\omega_0$ . Тогда  $K'_y = K_\partial K_y$  или  $S'_y = K_\partial S_y$ . Частотная характеристика  $A'(\omega) = \frac{\omega}{\omega_{\max}} A(\omega)$  имеет максимум на частоте  $\omega_{\max} = 1/\sqrt{LC}$ .

Неравномерность АЧХ не превышает заданной величины

$$\sigma \Big|_{\omega=\omega_H} < H < \sigma \Big|_{\omega=\omega_B}$$

при 
$$\gamma \Big|_{\substack{\omega_1=\omega_B \\ \omega_2=\omega_H}} < \frac{n^2}{n_{\text{opt}}^2} < \gamma \Big|_{\substack{\omega_1=\omega_H \\ \omega_2=\omega_B}}, \quad (17)$$

где 
$$\sigma = 1 - \frac{1}{\sqrt{R^2 C^2 \frac{(\omega_B^2 - \omega_H^2)^2}{\omega^2} + 1}}; \quad (18)$$

$$\gamma = \frac{1}{L_{\text{кy}} C \left\{ \omega_1 \omega_2 \sqrt{(1-H)^2 (\omega_1^2 - \omega_2^2)^2 + \frac{H(2-H)}{R^2 C^2} [(1-H)^2 \omega_1^2 - \omega_2^2] - \omega_1^2 \omega_2^2 H(2-H)} \right\}} - 1. \quad (19)$$

При более жестких требованиях к неравномерности, т. е.

$$\sigma \Big|_{\omega=\omega_B} < H < \sigma \Big|_{\omega=\omega_H},$$

требуется

$$\varepsilon \Big|_{\omega=\omega_H} < \frac{n^2}{n_{\text{opt}}^2} < \varepsilon \Big|_{\omega_1=\omega_H, \omega_2=\omega_B}, \quad (20)$$

где 
$$\varepsilon = \frac{1}{L_{\text{кy}} C \left[ \omega^2 + \frac{\omega}{RC} \sqrt{\frac{1}{(1-H)^2} - 1} \right]} - 1. \quad (21)$$

Минимальная неравномерность  $\sigma \Big|_{\omega=\omega_H + \omega_B} < H < \sigma \Big|_{\omega=\omega_B}$  может быть достигнута при

$$\varepsilon \Big|_{\omega=\omega_H} < \frac{n^2}{n_{\text{opt}}^2} < \varepsilon \Big|_{\omega=\omega_B}, \quad (22)$$

Величина  $n$  выбирается по одному из уравнений (17), (20) или (22) с учетом выражения (9).

Нестабильность АЧХ  $\delta(R=R_{\text{min}})$  значительно меньше, чем при  $R=R_0$ . На рис. 3 приведен примерный ход АЧХ для разных значений  $R$  с учетом влияния дифференцирующей цепи при  $R=R_{\text{min}}$ .

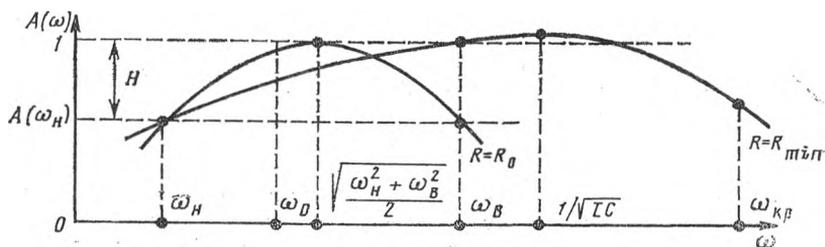


Рис. 3. Примеры АЧХ по току записи в головке

Следует отметить наличие у реального усилителя, начиная с некоторой критической частоты  $\omega_{кр}$ , прогрессирующего спада АЧХ, неизбежно возникающего из-за нарушения линейности амплитудной характеристики усилителя на высоких частотах, а также ограниченной широкполосности дифференцирующей цепи.

В ряде случаев, например в видеомагнитофоне формата «С», в канал записи вносят специальные предискажения по току записи в виде нормированного спада АЧХ аналогично АЧХ инерционного звена с постоянной времени  $\tau$ . Относительно легко это достигается в линейном усилителе компромиссным выбором величины индуктивности из соотношений:  $L \ll 1/\omega_B^2 C$  и  $L_{opt} = 2L_{ку}$ . При этом необходимо выбрать  $R = L/\tau$ .

Тогда

$$A(\omega) = \frac{K_{\omega_H}}{K_{\omega}} \approx \left( \frac{1 + \omega_H^2 \tau^2}{1 + \omega^2 \tau^2} \right)^{0.5} \quad (23)$$

Существуют две возможности реализации выходного каскада усилителя с заданным выходным сопротивлением — схема с эквивалентным источником тока  $I$  и схема с эквивалентным источником напряжения  $E$  (рис. 2). В качестве источника тока может применяться, например, транзисторный каскад с общей базой или каскад, охваченный отрицательной обратной связью по току в нагрузке.

К источнику напряжения близок транзисторный каскад с общим коллектором (эмиттерный повторитель) или любой другой, охваченный глубокой отрицательной обратной связью по напряжению с низким выходным сопротивлением. Неидеальность источника может быть учтена коррекцией рассчитанной величины  $R$ .

Обе схемы при соответствующем выборе величин  $I$  и  $E$  идентичны по создаваемому эффекту в нагрузке, однако могут существенно отличаться по величине активной рассеиваемой в выходном каскаде мощности, т. е. по экономичности.

Отношение мощностей для указанных схем

$$P_I / P_E = \left[ \frac{\omega_0 L}{R(1 - \omega_0^2 LC)} \right]^4 \quad (24)$$

характеризует целесообразность выбора соответствующей схемы.

Функция усилителя состоит в преобразовании входного напряжения либо в эквивалентную э. д. с.  $E$  с коэффициентом преобразования

$$K_y = \frac{S}{(\omega_0)}$$

либо в эквивалентный ток  $I$  с крутизной преобразования  $S_y = \frac{S}{R \mu(\omega_0)} = \frac{K_y}{R}$  в зависимости от варианта исполнения выходного каскада — источника напряжения или тока. При  $R = R_{min}$   $K_y$  и  $S_y$  заменяются соответственно на  $K'_y$  и  $S'_y$ .

Описанная методика применена для расчета канала записи профессионального видеомагнитофона «Кадр-103СЦ».

## Выводы

1. Предложена методика расчета параметров выходной цепи линейного усилителя записи видеомагнитофона, оптимальных по минимуму уровня выходного напряжения усилителя и неравномерности амплитудно-частотной характеристики.

2. Показана необходимость учета индуктивности линии связи усилителя с согласующим трансформатором при расчете оптимальных параметров выходной цепи канала записи.

3. Приведен расчет нестабильности характеристик при изменении параметров нагрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Техника магнитной записи / Под ред. В. И. Пархоменко. — М.: Энергия, 1978. — С. 172—174.

2. Гончаров А. В., Харитонов М. И. Канал изображения видеомagneфона. — М.: Радио и связь, 1983. — С. 48—50.

3. Королев Е. Ф. Аналитическое выражение частотных характеристик тока записи магнитных головок видеомagneфононов // Труды ВНИИТР, 1973, вып. 4 (23), с. 60—69.

4. Репман Г. Г. Усилители записи одноголовочных видеомagneфононов // Труды ВНИИТР, 1976, вып. 8 (27), с. 40—47.

5. Богородский Ю. Л. Оптимальные параметры бесконтактного токосъемника видеомagneфона // Труды ВНИИРТ, 1968, вып. 6 (16), с. 42—45.

Статья поступила в редакцию 8 июля 1985 г.

УДК 621.318.134 : 681.84.083.82

*В. М. ЖИЖИНА, М. Ю. ЗАЛЕССКИЙ, Н. В. ПОЛИКАРПОВА*

### **ФЕРРИТЫ ДЛЯ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК И ТОКОСЪЕМНИКОВ ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»**

Выбор ферритов для комплектующих деталей видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» обуславливался следующими критериями. Электродвижущая сила на выходе универсальной головки в режиме воспроизведения, как известно, в основном определяется абсолютным значением магнитной проницаемости феррита в рабочем диапазоне частот, который для аппаратов наклонно-строчной записи изменяется от 0,5 до 15 МГц. Экспериментальные исследования и теоретические данные показывают, что в первом приближении абсолютное значение проницаемости на частоте прямо пропорционально начальной статической магнитной проницаемости феррита и его намагниченности насыщения. Таким образом, в универсальных головках целесообразно применять ферриты с максимально достижимыми значениями начальной проницаемости и намагниченности, что также важно и с точки зрения работы в режиме записи. Однако требование одновременного роста проницаемости и намагниченности для ферритов противоречиво в силу отрицательной корреляции этих параметров. Кроме того, значительное увеличение проницаемости, как правило, достигается за счет крупнозернистой структуры, которая нежелательна с точки зрения стойкости к ударным нагрузкам. Поэтому к характеристикам феррита для универсальных головок были предъявлены компромиссные требования: начальная магнитная проницаемость от 1000 до 2000 при максимально достижимой на сегодняшний день для ферритов намагниченности насыщения порядка 0,5 Тл и среднем размере зерна 40—70 мкм.

К характеристикам ферритов для сердечников головок стирания звука предъявляются менее жесткие требования. Это могут быть спеченные материалы с достаточно высокой намагниченностью насыщения и малыми потерями на низких частотах. Основным критерием при их выборе была технологичность.

Важным элементом блока вращающихся головок является токосъемник, который представляет собой вращающийся броневой трансформатор с коэффициентом связи, близким к единице. Отклонение этой величины от единицы вызывается, с одной стороны, потерями на рассеяние магнитного поля и, с другой стороны, джоулевыми потерями в феррите. Для сокращения потока рассеяния в токосъемнике целесообразно применять феррит с высоким значением действительной состав-

ляющей магнитной проницаемости в рабочем диапазоне частот, а для уменьшения потерь — феррит с низким значением мнимой составляющей. Поскольку чаще всего обе составляющие растут одновременно с ростом начальной магнитной проницаемости, ее величина для токосъемников должна иметь определенное оптимальное значение, при котором вклад обоих типов потерь примерно одинаков. Экспериментально установлено, что для токосъемников видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» оптимальное значение начальной магнитной проницаемости находится в пределах от 300 до 500. В этом интервале проницаемостей предпочтение следует отдавать материалам с наименьшим значением тангенса угла магнитных потерь.

Для универсальных головок в видеомагнитофонах наклонно-строчной записи применяются в основном специальные марки марганец-цинковых ферритов с повышенной плотностью, в частности, полученные методом горячего прессования. Для сердечников головок стирания и деталей бесконтактных токосъемников могут быть использованы спеченные ферриты как марганец-цинковой, так и никель-цинковой систем, полученные методом холодного прессования.

Следует отметить, что задача синтеза ферритов с заданными свойствами является достаточно сложной. Действительно, изготовление элементов магнитной записи с одинаковыми параметрами требует тождественности важнейших электромагнитных характеристик ферритов: (магнитной проницаемости, потерь и пр.). Это обуславливается при прочих равных условиях рядом факторов: химическим составом, плотностью, размером и распределением пор в материале.

С учетом требований к ферриту для видеоголовок, а также исходя из основных положений теории и экспериментальных данных, для исследования была выбрана область составов марганец-цинковой системы с высокими значениями проницаемости и намагниченности насыщения. Изучалось влияние химического состава на электромагнитные параметры ферритов, при этом содержание окислов марганца в составе феррита менялось от 26 до 36 мол. %, окислов железа — в пределах 51—54 мол. %. Для улучшения физико-механических и частотных свойств феррита исследовалось влияние различных легирующих добавок, в частности, окисла никеля [1]. В результате исследования был выбран состав феррита, обладающий необходимым комплексом свойств.

Для получения феррита с высокой плотностью и однородной микроструктурой предложен метод термической обработки, включающий спекание заготовки, окисление ее в воздушной среде и последующее горячее прессование. Проведено исследование влияния режимов термической обработки на магнитные и физико-механические свойства марганец-цинкового феррита, что позволило оптимизировать процесс получения феррита с заданными электромагнитными характеристиками и оптимальными физико-механическими свойствами [2].

Следует отметить, что на процесс получения горячепрессованного феррита влияет большое число факторов. Даже при тщательном соблюдении технологии параметры отдельных заготовок (дисков) могут выйти за допустимые пределы. Применение таких дисков при изготовлении видеоголовок приведет к снижению процента выхода годных изделий. Поэтому особую важность приобретает контроль свойств горячепрессованных ферритов непосредственно на заготовках. Для осуществления такого контроля были разработаны и изготовлены установки, позволяющие оперативно измерять магнитную проницаемость и намагниченность феррита непосредственно на горячепрессованном диске.

Для измерения магнитной проницаемости предварительно по центру образца сверлится отверстие диаметром 1—2 мм. Это отверстие позволяет нанести на диск кольцевую обмотку или пропустить одиночный ви-

ток. Измерение индуктивности обмотки или единичного витка позволяет затем вычислить магнитную проницаемость по формуле

$$\mu = \frac{4987 \cdot L}{n^2 h \ln \frac{D}{d}}, \quad (1)$$

где  $\mu$  — магнитная проницаемость;  $L$  — индуктивность, мкГн;  $n$  — число витков;  $h$  — высота диска, мм;  $D$  и  $d$  — соответственно диаметры диска и отверстия в нем, мм. Этот способ позволяет измерять магнитную проницаемость в диапазоне от звуковых частот до 1 МГц.

Намагниченность насыщения определяется, исходя из величины измерения постоянного магнитного поля в зазоре электромагнита, после внесения туда испытуемого образца. Расчетная формула в этом случае имеет вид

$$4 \pi \mu_0 = \frac{l}{h} (H_\Phi - H_0), \quad (2)$$

где  $4\pi\mu_0$  — намагниченность насыщения, Гс;  $l$  — ширина зазора электромагнита, мм;  $h$  — высота диска, мм;  $H_\Phi$  — поле в зазоре с ферритом и  $H_0$  — без феррита, Гс.

Для головок стирания звука в видеомагнитофоне применяются сердечники 8—10 типоразмеров, которые обычно изготавливаются из спеченных ферритовых заготовок. Марганец-цинковые ферриты имеют более низкие удельные потери по сравнению с никель-цинковыми (0,025 и 0,09 Вт/см<sup>3</sup> соответственно). Электрические потери в головках стирания с сердечниками из марганец-цинковых ферритов промышленных марок (700 НМ, 1500 НМЗ) несколько ниже, чем в аналогичных головках с сердечниками из никель-цинковых ферритов. Однако технология получения марганец-цинковых ферритов, требующая длительного вакуумного охлаждения после спекания, является достаточно сложной, а повышенная пористость ферритов препятствует получению сердечников заданной геометрии. В связи с этим сердечники для головок стирания изготавливались из сложнолегированного никель-цинкового феррита лабораторной марки, содержащего, в частности, окислы меди с начальной магнитной проницаемостью около 400 и индукцией насыщения свыше 3600 Гс. Однако данная марка критична к температуре спекания и поэтому достаточно сложна в производстве.

Для изготовления деталей бесконтактных токосъемников, исходя из частотных свойств, могут быть использованы как легированные марганец-цинковые ферриты, так и никель-цинковые ферриты с малыми частотными потерями. Жесткие требования предъявляются и к геометрическим размерам деталей в связи с необходимостью обеспечения заданного зазора. Для этой цели разрабатывалась специальная марка никель-цинкового феррита, легированного различными окислами с целью снижения частотных потерь, повышения плотности и улучшения пресуемости феррита, с начальной магнитной проницаемостью 400—450, величиной добротности 80—90 на частоте 1 МГц и индукцией насыщения порядка 3600 Гс. Корректировались технологические параметры синтеза ферритов, способы введения легирующих добавок и условия термической обработки, позволяющие снизить разброс начальной магнитной проницаемости до 10%. Контроль свойств деталей проводился на каждом кольце, для чего на него наносилась равномерная обмотка и измерялась индуктивность. Магнитная проницаемость оценивалась по формуле

$$\mu_n = \frac{250 L (d_n + d_{вн})}{h (d_n - d_{вн}) n^2}, \quad (3)$$

где  $L$  — индуктивность, мкГн;  $n$  — число витков измерительной обмотки;  $d_n$  — наружный диаметр кольца, мм;  $d_{вн}$  — внутренний диаметр кольца, мм;  $h$  — высота кольца, мм. Проверка добротности проводилась на каждом кольце на частоте 1 МГц.

В целях унификации химического состава и упрощения технологии изготовления феррита разработанная марка опробована также в сердечниках головок стирания звука. Испытания головок стирания по электрическим параметрам показали возможность применения этой марки феррита в головках данного типа.

Эксплуатационные характеристики магнитных головок существенно зависят от механических свойств материала, из которого они изготовлены. Результаты проведенного исследования показали, что механические свойства материала для видеоголовок ухудшаются, если его начальная магнитная проницаемость становится выше 1500, что связано, по-видимому, с появлением внутризеренных пор. Для феррита с магнитной проницаемостью  $\mu \approx 1500$  микротвердость 720—730 кг/мм<sup>2</sup>, размер зерна порядка 45 мкм, пористость 0,1%. На ферритах для сердечников головок стирания и деталей бесконтактных токосъемников оценивались плотность, микротвердость и определялся размер зерна. Средний размер зерен ферритов соответственно 40 и 5 мкм, плотность и микротвердость находятся примерно на одном уровне и равны 4,8—4,9 г/см<sup>3</sup> и 760—790 кг/мм<sup>2</sup>.

Частотные зависимости магнитной проницаемости ферритов, примененных в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ», измерялись при помощи пермеетров в диапазоне до 15 МГц. Установлено, что абсолютное значение магнитной проницаемости горячепрессованного феррита для видеоголовок на частоте около 1 МГц достигает максимальной величины, примерно в 1,5 раза превышающей ее начальное значение. Далее она достаточно равномерно падает и на частотах 5 и 10 МГц принимает значения примерно равные 900 и 500 соответственно. Легированный никель-цинковый феррит для деталей бесконтактных токосъемников на частотах до 3 МГц имеет тангенс угла магнитных потерь, не превышающий 0,03. Далее потери растут и на частотах в интервале от 5 до 15 МГц средняя величина тангенса равна 0,5. Абсолютное значение магнитной проницаемости ферритов в диапазоне до 15 МГц изменяется слабо и лежит в пределах от 400 до 600. Частотные зависимости параметров ферритов для сердечников головок стирания имеют примерно такой же характер. Абсолютное значение магнитной проницаемости лежит в пределах от 390 до 500, тангенс угла магнитных потерь, равный 0,04 на частоте 5 МГц, приближается к единице на высокочастотном краю диапазона.

Специально исследовался вопрос технологической воспроизводимости ферритов марганец-цинковой и никель-цинковой систем. Изготавливались образцы по технологии с заведомо измененными параметрами процесса (температурой, давлением, содержанием компонентов). Известно, что наиболее технологически чувствительной характеристикой феррита для видеоголовок является начальная магнитная проницаемость, а наиболее сильно влияющим на свойства этого феррита параметром процесса — температура горячего прессования. Действительно, однопроцентная нестабильность ее приводит к снижению магнитной проницаемости на 8%, изменение намагниченности насыщения при тех же условиях в 5—10 раз меньше. Что касается микротвердости, то по воспроизводимости она занимает промежуточное положение. Основным параметром технологии, влияющим на свойства (в первую очередь на магнитную проницаемость) феррита никель-цинковой системы, является температура спекания, ее двухпроцентное отклонение приводит к изменению проницаемости на 7%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при промышленном освоении ферритов для ви-

деомагнитофона «Кадр-103СЦ» основное внимание, с точки зрения воспроизводимости свойств, следует уделить вопросам термообработки и пирометрии.

Разработанные марки ферритов применяются для изготовления комплектов деталей установочных партий видеомагнитофонов наклонно-строчной записи формата «С». Э.д.с. воспроизведения видеоголовок обеспечивает отношение сигнал/шум в канале изображения 42—44 дБ. Коэффициент связи токосъемника составляет величину порядка 0,98. Электрические параметры головок стирания звука удовлетворяют требованиям ТУ.

### Выводы

1. Определены требования к ферритам, применяющимся в узлах профессиональных видеомагнитофонов наклонно-строчной записи формата «С».

2. Разработаны ферриты для сердечников видеоголовок, головок стирания звука и деталей бесконтактных токосъемников аппаратов профессиональной видеозаписи.

3. Предложены методики, позволяющие измерять электромагнитные параметры непосредственно ферритовых заготовок, поступающих в дальнейшую обработку.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жижина В. М., Пастухов А. А., Поликарпова Н. В. Легированные высокоплотные марганец-цинковые ферриты // Радиовещание: Науч.-техн. реф. сб. / ВНИИТР. — М., 1983. — Вып. 3 (58). — С. 6—7.

2. Жижина В. М., Залесский М. Ю., Поликарпова Н. В. Ферриты для высокоэффективных головок профессиональной видеозаписи // Вопросы организации труда и развития техники телевидения и радиовещания: Сборник научных трудов / ВНИИТР. — М., 1985. — С. 86—91.

Статья поступила в редакцию 3 сентября 1985 г.

*А. А. ФЕДОСОВ, В. А. ХАНЕВСКИЙ, К. К. НАХТИГАЛЬ*

## **СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И ПРИВОДА ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»**

### **1. Введение**

Переход аппаратуры профессиональной видеозаписи на наклонно-строчные форматы позволил существенно уменьшить ее массогабаритные параметры. Одновременно расширились и функциональные возможности, что потребовало введения в состав аппарата новых электронных систем с повышенным энергопотреблением: цифрового корректора временных искажений (ЦКВИ), системы автотрекинга, блока адресно-временного кода.

В этой связи возникло положение, когда система электропитания и привода стала одним из основных факторов, определяющих конструктивные параметры видеоманитофона в целом.

Таким образом, возросшие требования к энергетическим и массогабаритным параметрам аппарата заставили отказаться от целого ряда традиционных решений, используемых в аппаратуре видеозаписи второго поколения, устранив тем самым явную дисгармонию между конструктивными компонентами наклонно-строчного аппарата.

Накопленный к началу 80-х годов опыт создания и эксплуатации импульсных источников электропитания и привода по многим аспектам давал необходимое основание для решения проблемы. Но такие вопросы, как электромагнитная совместимость, надежность и технологичность изготовления, оставались еще открытыми. Их роль имеет принципиальное значение для аппаратуры профессиональной видеозаписи, характеризующейся наличием широкополосных аналоговых сигналов с малым уровнем, высокими требованиями к отношению сигнал/шум и эксплуатационной надежности. По этой причине электропитание первых моделей наклонно-строчных аппаратов, выпускаемых в ряде стран, реализовано на основе обычного аналогового способа преобразования электроэнергии.

В связи с этим возникла настоятельная необходимость поиска дополнительных резервов для улучшения технических параметров аналоговых систем электропитания и привода.

С учетом изложенного главное внимание при разработке было уделено повышению КПД, как основному параметру, определяющему также и массогабаритные показатели. Учитывая, что КПД трансформаторов и выпрямителей уже достиг своего предела, поиск резервов стал возможен только в стабилизаторах напряжения.

## 2. Анализ аналоговых стабилизаторов напряжений

На рис. 1, а изображена структурно-функциональная схема стабилизатора напряжения последовательного типа на основе регулирующего элемента, усилителя сигнала ошибки и цепи обратной связи. На рис. 1, б представлена временная диаграмма входного и выходного напряжений стабилизатора.

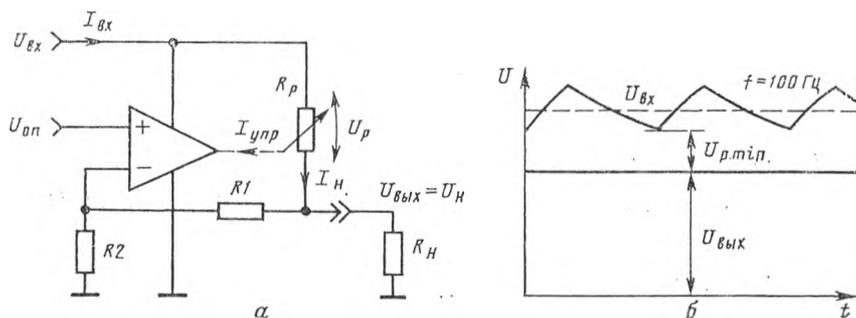


Рис. 1. Схема стабилизатора (а) и временная диаграмма напряжений (б)

Рабочая функция стабилизатора описывается так:

$$U_{\text{вых}} = U_n = \text{const при } U_{\text{вх}} = \text{var, } R_n = \text{var.}$$

Процесс стабилизации выходного напряжения  $U_n$  осуществляется путем соответствующего изменения сопротивления  $R_p$  регулирующего элемента (РЭ) под действием управляющего сигнала.

Очевидно, что предельный КПД может быть достигнут в таком стабилизаторе, который позволяет реализовать величину  $R_p$ , равную нулю, обеспечив при этом

$$U_{p \text{ min}} = I_n R_{p \text{ min}} \rightarrow 0.$$

Определим мгновенный КПД схемы стабилизатора (рис. 1, а), считая, что входной ток от выпрямителя делится на две части: ток нагрузки  $I_n$  и ток управления  $I_{упр}$ , который выразим как  $I_{упр} = I_n/B$ , где  $B$  — обобщенный коэффициент усиления РЭ. Сопротивление  $R_p$  определим как

$$R_p = U_p / I_p \text{ при } I_p = I_n.$$

Отсюда можно получить следующие выражения:

$$\text{КПД} = \eta = P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}}; \quad (1)$$

$$P_{\text{вых}} = I_n^2 R_n; \quad P_{\text{вх}} = I_{\text{вх}} U_{\text{вх}} = (I_n + I_{упр}) I_n (R_n + R_p). \quad (2a, б)$$

После подстановки выражений (2 а, б) в (1) и необходимых преобразований получаем:

$$\eta = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{B}\right) \left(1 + \frac{R_p}{R_n}\right)}. \quad (3)$$

Формула (3) достаточно наглядно показывает необходимость использования в качестве РЭ транзисторов с высоким коэффициентом усиления по току и дает обоснованный выбор схемы РЭ по приемлемому соотношению  $R_p/R_n$ . Например, при  $B=20$ ,  $R_{p \text{ min}}/R_n = 1/10$  получим  $\eta_{\text{max}} = 91\%$ .

В процессе стабилизации величина  $R_p$  меняется в определенном диапазоне, компенсируя действия входной пульсации и дрейф сетевого напряжения. Поэтому рабочий КПД будет естественно меньше  $\eta_{\max}$  и при указанных параметрах практически равен  $\eta_0 = 70-75\%$ .

Рассмотрим с изложенной точки зрения типичную схемную реализацию РЭ в виде составного повторителя с сопротивлением (рис. 2, а). Для удобства анализа свойств РЭ отобразим его вольт-амперные характеристики (ВАХ) в координатах  $\{U_p, I_p\}$  (рис. 3, кривая а).

Эта ВАХ имеет на начальном участке (при малых  $U_p$ ) «мертвую зону», которая зависит от параметров транзисторов, величины  $R_B$  и обычно лежит в пределах 2,5—3,5 В, т. е. составляет не менее суммы трех напряжений  $U_{09}$ .

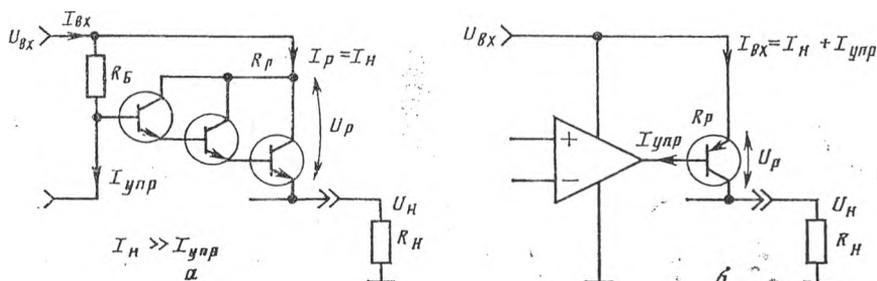
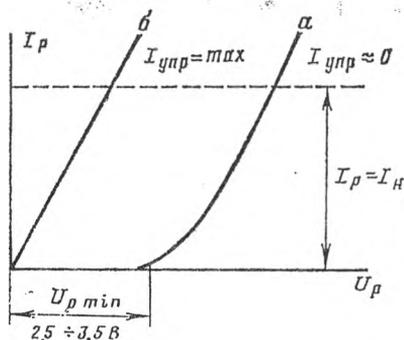


Рис. 2. Топология регулирующих элементов

Рис. 3. Вольт-амперные характеристики регулирующих элементов



Поэтому рассмотренная схема не позволяет реализовать предельный КПД, а наличие «мертвой зоны» приводит к потерям мощности на РЭ. Например, при токе нагрузки 10 А рассеиваемая мощность только по этой причине составит 25—35 Вт.

В стабилизаторах с низким выходным напряжением ( $U_H = 5 \text{ В}$ ) с учетом КПД трансформатора и выпрямителя рабочий КПД всей системы электропитания снижается до 20—30%. Такими параметрами обладают практически все аналоговые низковольтные источники, реализованные на основе интегральных микросхем серии К142 [1]. Использование различных модификаций составных транзисторов для уменьшения «мертвой зоны» РЭ не дает существенного выигрыша и нередко порождает дополнительные трудности.

Задача построения аналогового стабилизатора с предельным КПД возможна только при реализации РЭ на одном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером (ОЭ), (рис. 2, б).

Схема с ОЭ обладает минимальным напряжением насыщения (рис. 3, кривая б) и дает принципиальную возможность реализовать РЭ стабилизатора без «мертвой зоны». Однако эта возможность еще не нашла широкого применения на практике, что было вызвано в свое время первыми неудачными попытками ее реализации. Они объясняются следующим образом.

Стабилизатор обеспечивал низкие параметры выходного напряжения из-за высокого выходного сопротивления схемы с ОЭ и малого коэффициента усиления сигнала ошибки. При увеличении коэффициента усиления возникало самовозбуждение в диапазоне частот 1—20 МГц, устранение которого не давало надежных и повторяемых результатов, поскольку:

— РЭ конструктивно располагается на радиаторе отдельно от схемы управления и соединительные провода образуют систему с распределенными параметрами;

— емкостная составляющая нагрузки вносит дополнительный фазовый сдвиг на  $90^\circ$  в общую петлю автоматического регулирования;

— использование известных способов стабилизации усилителей с обратной связью ограничивается недопустимостью применения резистивных элементов в выходных цепях, где протекают большие токи нагрузки или управления.

Устранение отмеченных недостатков позволило создать аналоговую систему электропитания с минимальными потерями в силовых цепях (с максимальным рабочим КПД). Основными функциональными элементами стабилизаторов являются операционный усилитель и выходные транзисторы типа КТ818, КТ819 по схеме с ОЭ, имеющие начальную величину регулируемого сопротивления  $R_p = 0,05—0,1$  Ом [2]. При больших выходных токах применяется параллельное включение транзисторов из расчета 4—5 А на один транзистор.

В итоге удалось получить следующие результаты:

- КПД увеличивается в 1,5—2 раза;
- массогабаритные параметры уменьшаются в 2—3 раза;
- стабильность выходного напряжения определяется практически качеством опорного напряжения  $U_{оп}$ ;
- активное выходное сопротивление составляет единицы миллиом;
- относительный уровень выходных пульсаций снижается до (70—90) дБ;
- отпадает необходимость в принудительной вентиляции основного блока записи-воспроизведения (БЗВ);
- в самом энергопотребляющем блоке (ЦКВИ 5 В/25 А;  $\pm 12$  В/2,5 А) отсутствует радиатор, поскольку использование одного внутреннего вентилятора обеспечивает допустимый тепловой режим работы и нагрузки и системы электропитания.

В целях снижения номенклатуры используемых трансформаторов основной номинал питающих напряжений выбран  $\pm 12$  В и 5 В, а также применяется двухтактное включение трансформаторов в сеть  $\sim 220$  В.

### 3. Построение схем электронной защиты

Отличительной особенностью системы электропитания (ЭП) профессионального видеоманитофона является большое «поле нагрузок» в виде различных электронных схем и узлов, отличающихся прецизионностью и высокой стоимостью. Все это предъявляет высокие требования к эксплуатационной надежности системы ЭП и эффективности ее защиты при аварийных ситуациях.

Существующее многообразие схем электронной защиты (СЭЗ) разделяется на два класса: самовосстанавливающаяся схема (восстанов-

ливающаяся после устранения короткого замыкания — КЗ) и триггерная схема (восстанавливающаяся после устранения КЗ и отключения ЭП от сети  $\sim 220$  В на 5—10 с).

Первый тип схем характеризуется наличием достаточно высокой величины остаточного тока при КЗ (10—20% от номинального тока нагрузки), который имеет большой разброс от совокупности параметров нескольких выходных транзисторов и их температурного режима. Неполное выключение тока часто приводит к повреждению дополнительных радиоэлементов схем в местах произошедшего КЗ.

Особенно опасным становится появление случайных и кратковременных КЗ при механических вибрациях и тепловых деформациях конструктивных элементов схем. Кратковременное отключение питания с последующим восстановлением создает ложный вывод о появлении сбоев в работе систем видеомагнитофона или в линиях передачи ТВ-сигнала. В результате в эксплуатации окажется аппарат со скрытым дефектом, который может проявиться в самый ответственный момент.

От перечисленных недостатков свободны триггерные схемы защиты, обеспечивающие полное отключение аварийной нагрузки ( $I_{кз} \approx 0$ ). Такой принцип положен во всей системе питания аппарата; кроме того, обеспечивается синхронное отключение обоих источников двухполярного напряжения  $\pm 12$  В при КЗ хотя бы в одном из них.

Защита от перенапряжения в источниках +5 В основана на форсированном «пережигании» предохранителей в выпрямителе с помощью запускаемого тиристора. Такой процесс происходит при переходе регулируемых транзисторов в неуправляемый режим или при случайном замыкании шины питания +12 В на шину +5 В.

Тщательная проработка схемотехнических решений позволила свети всю настройку системы ЭП к простейшей установке номинальных значений выходных напряжений и порогов срабатывания защиты в стабилизаторах +5 В. Лабораторные исследования, выпуск опытных партий, эксплуатация в другой аппаратуре магнитной записи в течение 1980—1985 годов полностью подтвердили правильность изложенных технических принципов и их схемных решений.

#### 4. Усилители мощности электропривода

Второй энергопотребляющей частью электроники видеомагнитофона является система электропривода, обеспечивающая движение магнитной ленты в различных режимах работы.

При использовании коллекторных двигателей постоянного тока основным силовым электронным узлом становится усилитель мощности (УМ), управляемый соответствующей системой автоматического регулирования. В этом случае, с функциональной точки зрения, УМ является усилителем постоянного тока с невысокими требованиями к полюсу пропускания и нелинейным искажениям: АЧХ до сотен герц, нелинейные искажения до единиц процентов. При этом основная особенность работы УМ заключается в том, что его нагрузкой является двигатель, обладающий индуктивной составляющей входного сопротивления и одновременно представляющий энергогенерирующий элемент.

Поэтому в процессе работы происходит постоянный обмен электрической энергией между УМ и двигателем. Наиболее тяжелые режимы возникают при перемотке и стартстопном режиме электронного монтажа, когда происходит интенсивная рекуперация энергии из двигателя в УМ.

Например, для двигателей подающего и приемного узлов типа ДПУ120-40-1-40-Р13 максимальная величина коммутируемых напряжений и токов может достигать соответственно 80 В и 8 А, а длитель-

ность рекуперации пропорциональна моменту инерции катушки с магнитной лентой и квадрату скорости ее вращения.

Рассмотренные условия работы требуют повышенного внимания к вопросам надежности УМ, что становится более актуальным в аномальных режимах, возникающих при настройке ЛПМ или в процессе эксплуатации, когда возможны различные виды заклинивания двигателей или блока вращающихся головок. Прямое решение этой задачи путем простого наращивания электрического запаса в силовых элементах УМ практически недопустимо из-за увеличения массогабаритных параметров.

Как и в системе электропитания, в УМ также необходимо исключить всякую возможность какого-либо высокочастотного (1—20 МГц) самовозбуждения во всем диапазоне изменения токов и напряжений в двигателе.

С учетом изложенного разработка всех УМ осуществлялась на основе тщательной проработки топологии схемы, реализуя следующие технические принципы и решения.

1. Обеспечиваются безопасный статический и динамический режимы силовых транзисторов путем формирования соответствующих траекторий их переключения при импульсных сигналах управления. При этом максимальная мощность, выделяемая на транзисторе в процессе переключения, не превышает допустимую величину для статического режима.

2. Защита от перегрузок и коротких замыканий осуществляется электронным способом, как самым быстродействующим, и работает в специальном триггерном режиме. Например, в УМ ведущего и скоростного двигателей электронная защита действует в два этапа: на первом осуществляется необходимое ограничение тока; на втором, если двигатели не набрали необходимые обороты, через 5—10 с происходит автоматическое выключение силовых выходных транзисторов. Тем самым обеспечивается защита как самого УМ, так и двигателя.

3. Особое внимание уделено минимизации возможности «цепных аварий», когда выход из строя одного из элементов схемы УМ вызывает повреждение других, что является характерным свойством многих схем силовой электроники. Эта цель достигнута определенными схемными усложнениями и проведением широких экспериментов при искусственно создаваемых дефектах.

Усилители мощности ведущего, скоростного, приемного и подающего двигателей построены по единой структурно-функциональной схеме (рис. 4). Коэффициент усиления определяется только цепью обратной связи  $R_1$ ,  $R_2$ . При входном сигнале управления, равном нулю, или его отсутствии выходное напряжение на двигателе поддерживается равным нулю.

Отличительной особенностью всех УМ является отсутствие каких-либо подстроечных и регулировочных элементов. Тем самым обеспечивается максимальная технологичность схем. Настройка УМ фактически сводится к выявлению дефектов изготовления изделия.

В процессе испытания опытных образцов видеомагнитофона выявилась потребность в большей механической мощности, снимаемой с приемного и подающего двигателей. Это вызвано необходимостью обеспечить технологический запас в случае использования магнитных лент с большим коэффициентом трения и при отклонениях ряда механических параметров ЛПМ в процессе производства и эксплуатации.

Самым простым способом это можно сделать путем повышения КПД соответствующего УМ, не меняя при этом конструктивных и электрических параметров блока питания и самого двигателя. Однако реализация такой задачи потребовала перехода от аналогового УМ к импульсному усилителю на основе ШИМ-модуляции.

Структурная схема ШИМ-усилителя мощности представлена на рис. 5. Силовая часть выполнена по мостовой схеме, где с целью обеспечения реверсирования двигатель включен в диагональ моста. Выходные транзисторы моста работают попарно в ключевом режиме. Частота коммутации ключей равна 20 кГц, а длительность импульсов определяет постоянную составляющую выходного напряжения, выделяемую LC-фильтром.

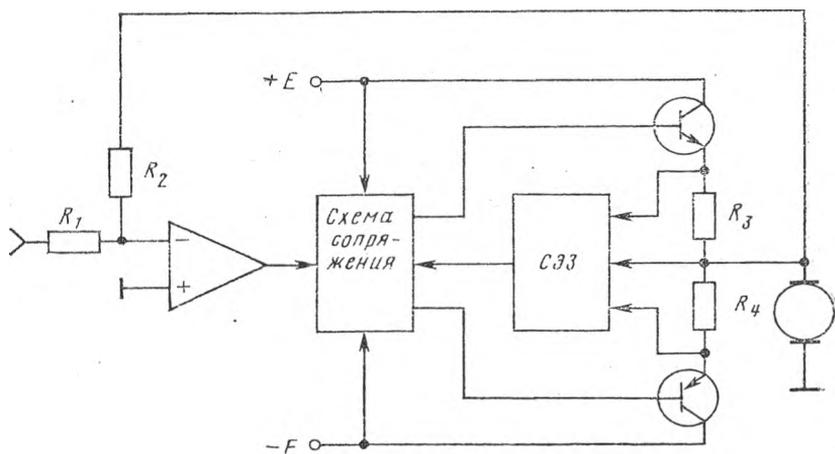


Рис. 4. Структурная схема аналогового УМ

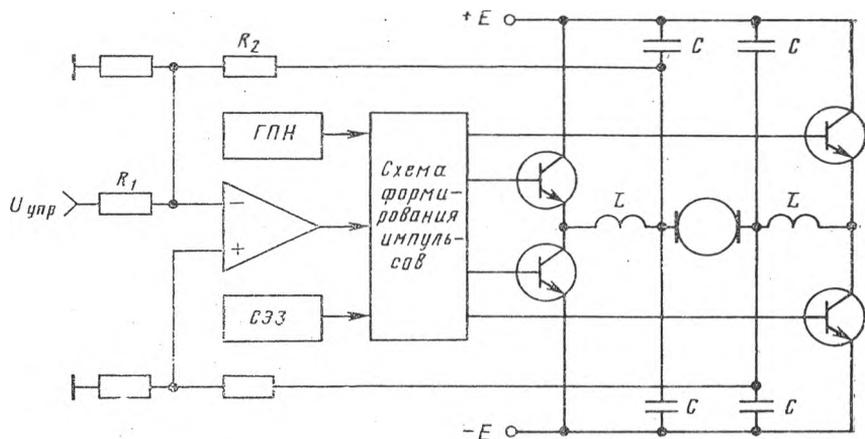


Рис. 5. Структурная схема импульсного УМ

При разработке схемы не удалось найти удовлетворительных решений для применения специальных интегральных микросхем в качестве ШИМ-модулятора. Существующие микросхемы не позволяют получить два идентичных и симметричных канала для формирования управляющих импульсов для обеих полярностей входного сигнала. При этом особые трудности возникают, когда входной сигнал находится в районе нуля и необходимо надежно исключить даже кратковременное открывание обоих плеч силового транзисторного моста.

Для устранения отмеченных недостатков схема формирования импульсов построена на дискретных элементах, по симметричной топо-

логии и с отдельным задающим генератором симметричного пилообразного напряжения (ГПН). На схему формирования также поступают модулирующий сигнал с операционного усилителя и сигнал выключения со схемы электронной защиты.

Переход на импульсный УМ позволил повысить КПД с 50 до 90%, обеспечив запас по механической мощности боковых узлов ЛПМ.

### 5. Структура и конструкция системы электропитания

Структурная схема электропитания и привода (рис. 6) содержит шесть конструктивных узлов:

- блок питания кассетницы видеоманитфона (БП-К);
- блок питания системы автотрекинга (БП-АТ);
- блок питания блока адресно-временного кода (БП-БВК);
- блок питания электропривода (БП-ЭП);
- усилители мощности приемного и подающего двигателей (Л4);
- блок питания цифрового корректора временных искажений (БП-ЦКВИ).

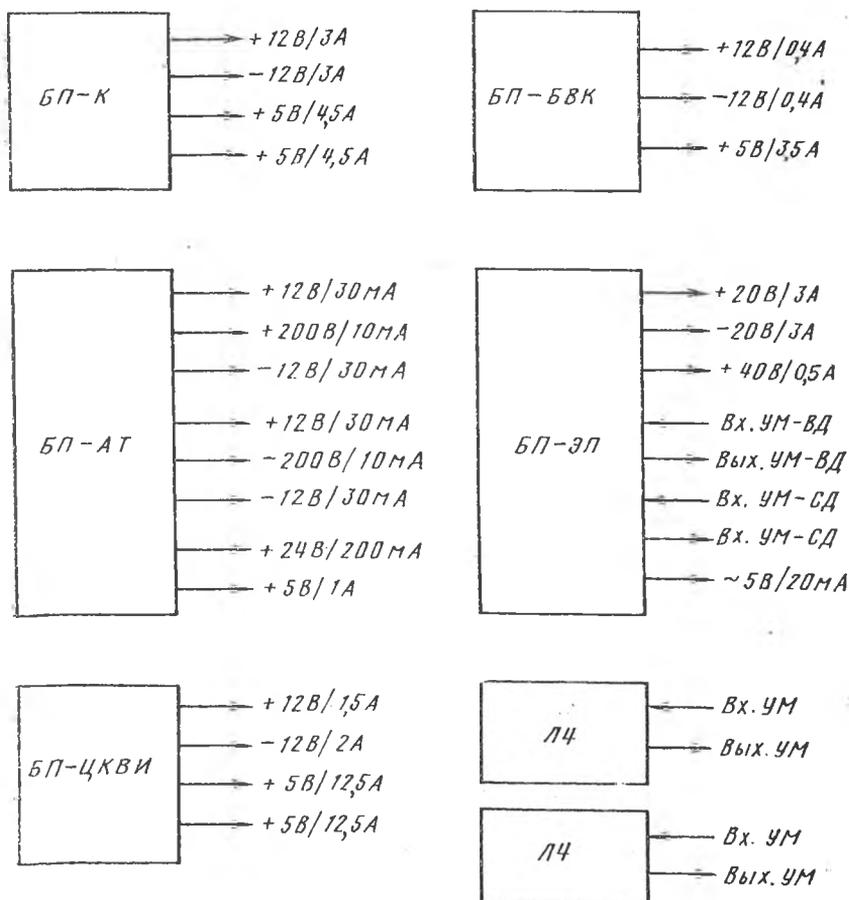


Рис. 6. Структурная схема электропитания и привода

Каждый блок через соединительный разъем имеет автономный подвод сетевого напряжения  $\sim 220$  В от общего контактора, управляемого с передней панели видеоманитофона. Блок питания ЦКВИ имеет дополнительный индивидуальный выключатель, который расположен на передней панели ЦКВИ и управляет запуском силового симистора, обеспечивающего электронное включение энергопотребляющего ЦКВИ.

Блоки БП-К, БП-АТ, БП-ЭП расположены в один ряд в задней части аппарата. Блок БП-ЦКВИ образует единое конструктивное целое с корректором временных искажений, который расположен в нижней части аппарата. Блок БП-БВК расположен в верхней консоли аппарата совместно с генератором кода. Усилители мощности приемного и подающего двигателей установлены непосредственно на плате ЛПМ рядом с соответствующими узлами.

В состав каждого блока входят стабилизаторы напряжений, которые выполнены на печатных платах и легко устанавливаются через соединительный разъем.

Индикация основных питающих напряжений выведена на переднюю панель аппарата.

Особенностью блока БП-БВК является использование импульсного релейного стабилизатора  $+5$  В/3,5 А, питаемого параллельно от выпрямителя для стабилизатора  $+12$  В.

Особенности электропитания системы автотрекинга заключаются в следующем:

— высоковольтные выходы  $\pm 200$  В имеют регулировку для понижения напряжения до  $\pm 130$  В, что может быть необходимым при замене головок автотрекинга с высокочувствительными пьезокристаллами;

— «нулевые выходы» вспомогательных пар источников  $\pm 12$  В/0,03 А соединены с соответствующими выходами напряжений  $+200$  и  $-200$  В, что обусловлено специальной схемой высоковольтного выходного усилителя, управляющего головкой автотрекинга;

— переменное напряжение  $\sim 5$  В/0,02 А служит для аварийного отключения механики ЛПМ при случайном пропадании напряжения сети  $\sim 220$  В.

Все силовые трансформаторы имеют сетевые предохранители, расположенные на наружной стороне блоков. Внутри блоков БП-К, БП-ЦКВИ и БП-БВК расположены предохранители схемы электронной защиты от перенапряжения для источников  $+5$  В.

При разработке конструкции блоков особое внимание было уделено их технологичности и удобству ремонта. Для этого большинство деталей располагается на плоскостях, которые образуют элементы конструкции. При этом часть элементов имеет возможность вращения, обеспечивая необходимый раскрыв блока.

Сравнительная оценка технических параметров системы электропитания и привода наклонно-строчного видеоманитофона «Кадр-103СЦ» и видеоманитофона поперечно-строчной записи второго поколения «Кадр-3ПМ» представлена в таблице. Для удобства анализа видеоманитофон «Кадр-103СЦ» разделен на две подсистемы: блок записи-воспроизведения и ЦКВИ «Цифра 101». (В таблицу не включены параметры осциллографа С1-81 и видеоконтрольного устройства.)

Как видно из таблицы, при близкой полезной мощности все энергетические и массогабаритные показатели видеоманитофонов третьего поколения имеют существенный выигрыш.

## Параметры системы электропитания видеомагнитофонов

Параметры	Видеомагнитофоны, подсистемы			
	КАДР-ЗПМ	КАДР-103СЦ	БЗВ	ЦКВИ „Цифра-101“
Потребляемая мощность, Вт	1800	1000	430	470
Полезная мощность, Вт	490	450	215	188
Средний КПД, %	27	45	50	40
Масса, кг	210	43	27	16
Объем, дм <sup>3</sup>	196	39	25	14
Удельные показатели, Вт/дм <sup>3</sup> Вт/кг	2,5	11,5	8,6	13,4
	2,3	10,5	8,5	11,7
Количество блоков	18	6	5	1

### Выводы

1. Рассмотрена схематехника выходных каскадов стабилизаторов напряжения последовательного типа и показаны возможности получения предельных рабочих КПД для аналоговых систем электропитания.

2. Применение триггерного принципа электронной защиты в системах электропитания и привода позволяет получать максимальные преимущества в условиях производства и эксплуатации аппаратуры.

3. Разработанная система электропитания и привода видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» соответствует современным требованиям, предъявляемым к профессиональной аппаратуре видеозаписи, и обеспечивает снижение массогабаритных и энергетических показателей в 3—5 раз по сравнению с аппаратурой второго поколения.

4. Дальнейшее улучшение технических параметров систем электропитания и привода может быть достигнуто на принципах импульсного силового регулирования при решении вопросов электромагнитных помех и надежности, удовлетворяющих требованиям профессиональной аппаратуры видео- и звукозаписи.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Источники вторичного электропитания: Справочное пособие / Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Радио и связь, 1983.
2. Полупроводниковые приборы: транзисторы: Справочник / Под ред. Н. Н. Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1982.

Статья поступила в редакцию 13 ноября 1987 г.

### ВЛИЯНИЕ ШУМОПОДАВЛЯЮЩЕГО ФИЛЬТРА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВИДЕОМАГНИТОФОНА

Важнейшей задачей совершенствования аппаратуры видеозаписи является повышение ее качественных показателей, для чего требуется тщательное исследование всех функциональных систем и звеньев видеомагнитофона. Одной из основных систем, определяющих качество видеомагнитофона, является канал изображения (КИ). В работе построена математическая модель КИ и с ее помощью исследовано влияние одного из звеньев КИ — шумоподавляющего фильтра, на качество воспроизводимого видеосигнала.

В большинстве современных видеомагнитофонов для телевизионного вещания (КАДР-103СЦ, ВСN-50, VPR-3) для увеличения отношения сигнал/шум в канал воспроизведения вводится шумоподавляющий фильтр (ШФ) с линейно-падающей амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) и линейной фазочастотной характеристикой (ФЧХ).

Известно, что ШФ оказывает существенное влияние на целый ряд качественных показателей видеомагнитофона. Так, например, в работах [1, 2] рассматривалось влияние параметров и формы АЧХ на величину отношения сигнал/шум.

В работе [1] анализ отношения сигнал/шум проведен с учетом АЧХ, которая описывается выражением

$$K(F) = \begin{cases} 1 - F/F_b & 0 < F < F_b \\ 0 & F \geq F_b \end{cases} \quad (1)$$

где  $F_b$  — полоса пропускания ШФ.

При этом было отмечено, что с точки зрения максимизации отношения сигнал/шум  $F_b$  выгодно уменьшать. Аналогичный вывод получен [2] при исследовании оптимального выбора параметров ШФ с кусочно-линейной зависимостью АЧХ

$$K(F) = \begin{cases} \frac{|F - F_0|}{F_0} & 0 < F < F_b \\ 0 & F \geq F_b \end{cases} \quad (2)$$

где  $F_0$  — частота минимума АЧХ ШФ;  $F_b$  — полоса пропускания ШФ.

В то же время было показано [3], что сокращение полосы пропускания ШФ ведет к возрастанию искажений переходной характеристики. Поэтому с точки зрения минимизации искажений видеосигнала чрезмерное уменьшение  $F_b$  недопустимо.

Компромиссный выбор полосы пропускания ШФ тесно связан с анализом различных видов искажений, возникающих в результате изменения  $F_{\text{в}}$ . Для их количественной оценки целесообразно использовать универсальную математическую модель КИ, с помощью которой можно успешно исследовать вопросы влияния различных звеньев на качественные показатели видеомагнитофона [3, 4].

Математическая модель КИ построена на основе функциональной схемы видеомагнитофона формата «С» [5], а исследуемым звеном является ШФ с различными видами АЧХ (1) и (2). С помощью цифровой модели были проведены исследования влияния этих характеристик на такие качественные показатели, как К-фактор, равномерность АЧХ по видеоканалу, дифференциальное усиление, различие усиления и расхождение во времени сигналов яркости и цветности.

При этом в модели предполагалось, что частотные искажения в канале записи-воспроизведения полностью компенсированы корректирующими элементами. Кроме того, для моделируемых фильтров нижних частот элевые характеристики принимались линейными.

Рассмотрим, каково влияние некоторых видов АЧХ ЧМ-канала на искажения воспроизводимого сигнала.

В работе [6] было показано, что закон изменения частоты модуляции не искажается, если АЧХ подчиняется линейному закону:

$$K(F) = A - B \cdot F \quad 0 < F < \infty, \quad (3)$$

где  $A$  и  $B$  — произвольные действительные постоянные величины. В работе [7] это положение было уточнено для случая нулевых пересечений ЧМ-колебания и показано, что мгновенная частота не должна проходить через точку  $F_0 = A/B$ . Важно отметить, что эти теоретические результаты были получены в предположении, что АЧХ (3) определена в неограниченной полосе частот.

В случае ограничения полосы пропускания ЧМ-канала и линейной АЧХ в этой полосе возникают искажения воспроизводимого видеосигнала. Характер этих искажений при одной и той же граничной частоте  $F_{\text{в}}$  сильно зависит от вида результирующей АЧХ ЧМ-канала. В качестве примера на рис. 1 представлено четыре различных вида частотных характеристик и соответствующие отклики 2Т-импульсов на выходе видеомагнитофона. Характеристики  $a$  и  $b$  с точки зрения улуч-

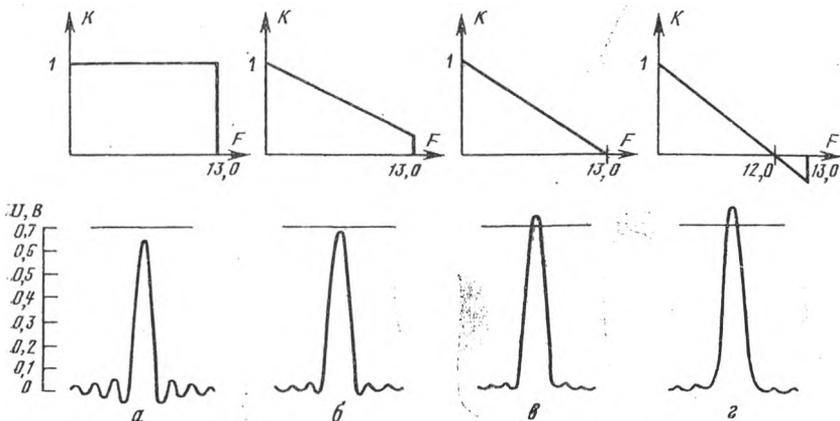


Рис. 1. Влияние формы АЧХ ЧМ-канала на искажения 2Т-импульса

шения отношения сигнал/шум малоэффективны и поэтому здесь не рассматриваются. Практический интерес представляют характеристики  $\nu$  и  $g$ , которым соответствуют АЧХ вида (1) и (2).

### 1. Искажения видеосигнала при однократной записи

На рис. 2 изображена форма испытательных сигналов  $\sin^2 2T$ , П-импульс и  $\sin^2 20T$ , прошедших в видеомagneтoфoне стандартную для формата «С» цепь низкочастотных предыскажений, и приведена шкала, определяющая модуляционные соотношения.

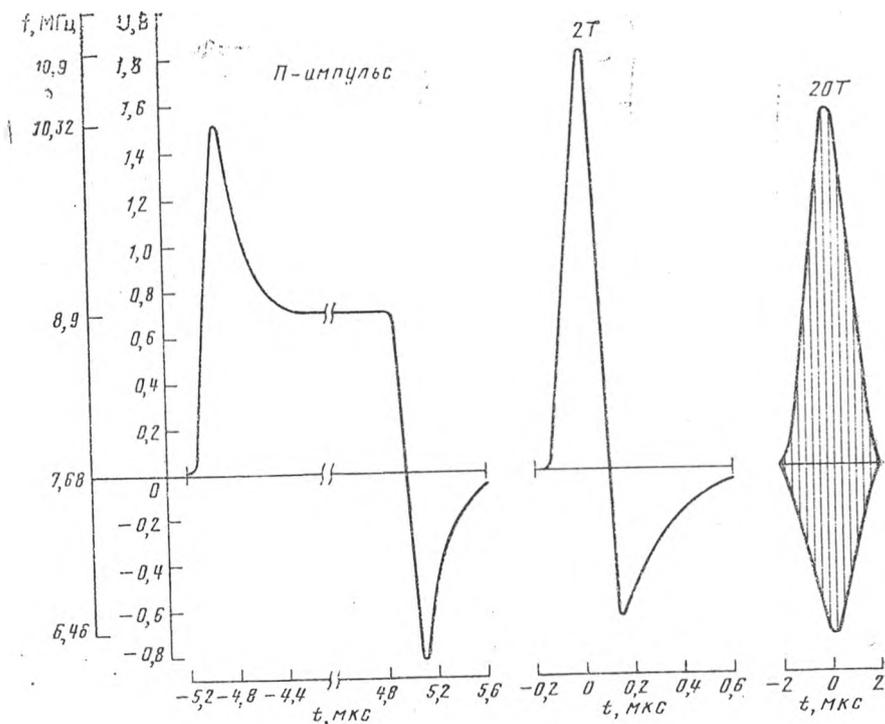


Рис. 2. Входные сигналы модулятора

Расчет на ЭВМ энергетического спектра ЧМ-сигнала для приведенных на рис. 2 модулирующих видеосигналов показывает, что спектр имеет существенный уровень в полосе частот порядка 16 МГц. В цифровую модель КИ был введен ШФ с АЧХ вида (1), и рассчитаны искажения различных испытательных сигналов при изменении частоты  $F_a$  от 13 до 15 МГц. На рис. 3 показана форма выходного 2T-импульса для различных значений  $F_a$ . При этом наглядно проявляются характерные черты искажений этого сигнала: сужение по половинному уровню и одновременный рост размаха 2T-импульса по отношению к размаху П-импульса. Отдельные измерения опережающих и отстающих выбросов показывают, что при сужении полосы ШФ от 13 до 15 МГц они изменяются пропорционально размаху 2T-импульса, и поэтому оценка импульсной характеристики с помощью трафарета [8] дает практически одинаковую величину К-фактора  $K \approx 0,5\%$ .

На рис. 4 приведены графики зависимостей искажения 2Т-импульса  $K_1$  и отношения размахов 2Т-импульса к П-импульсу  $K_2$ , измеренные в единицах шкалы К-фактора.

Из анализа зависимостей  $K_1$  и  $K_2$  следует, что сужение полосы ШФ ниже 14 МГц ведет к резкому увеличению размаха 2Т-импульса и обобщенный К-фактор в этом случае определяется преобладающей зависимостью  $K_2$ . С расширением полосы  $F_B$  выше 14 МГц на обобщенный К-фактор начинает оказывать влияние ограничение полосы видеоканала, и поэтому в основном он определяется выбросами 2Т-импульса в фильтре нижних частот (ФНЧ) демодулятора.

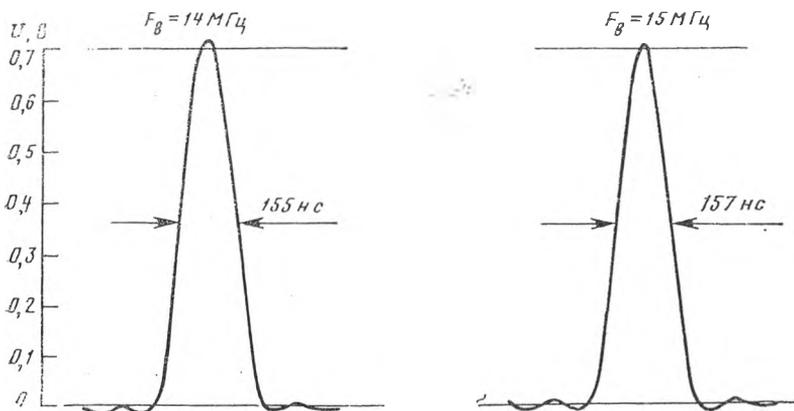


Рис. 3. Сигнал  $\sin^2 2T$  на выходе видеомагнитофона

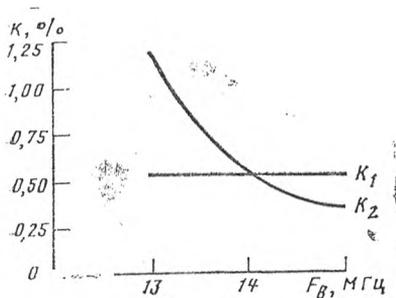


Рис. 4. Зависимость К-фактора от граничной частоты  $F_B$

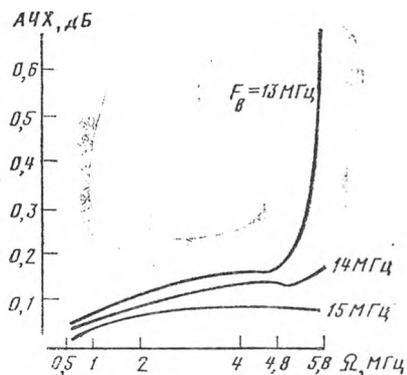


Рис. 5. Зависимость АЧХ по видеоканалу от граничной частоты  $F_B$

Представляет интерес сопоставить поведение импульсной характеристики при сужении полосы ФНЧ демодулятора и при сужении полосы ШФ.

В первом случае, как известно [9], падает размах 2Т-импульса и происходит его расширение по половинному уровню. При этом доля высокочастотных компонент спектра 2Т-импульса уменьшается.

Во втором случае, как показали исследования, картина принципиально отличается от первой: в результате сокращения полосы пропус-

кания ШФ растет размах  $2T$ -импульса и происходит уменьшение его длительности на половинном уровне.

Такой характер изменения сигнала указывает на определенный подъем высокочастотных компонент в спектре  $2T$ -импульса и, следовательно, на появление неравномерности АЧХ по видеоканалу.

Для исследования величины и характера этой неравномерности использовался испытательный сигнал частотных пакетов. На рис. 5 представлены рассчитанные АЧХ по видеоканалу при различных значениях  $F_B$ .

Поведение этих зависимостей нетрудно объяснить, используя спектральный метод. При прохождении спектральных составляющих ЧМ-сигнала через АЧХ вида (1) происходит полное подавление верхних боковых частот, выходящих за полосу пропускания ШФ. В результате векторная сумма нижних и верхних боковых частот возрастает по отношению к несущей частоте, что эквивалентно увеличению индекса модуляции и приводит к заметному подъему АЧХ по видеоканалу. Соответствующий подъем можно обнаружить и с помощью испытательного сигнала  $\sin^2 20T$  (рис. 6). Его искажения носят почти симметричный

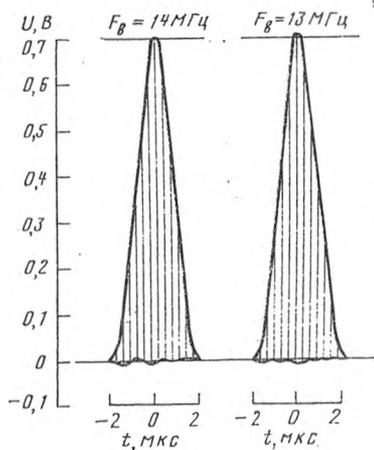


Рис. 6. Сигнал  $\sin^2 20T$  на выходе видеоманитофона

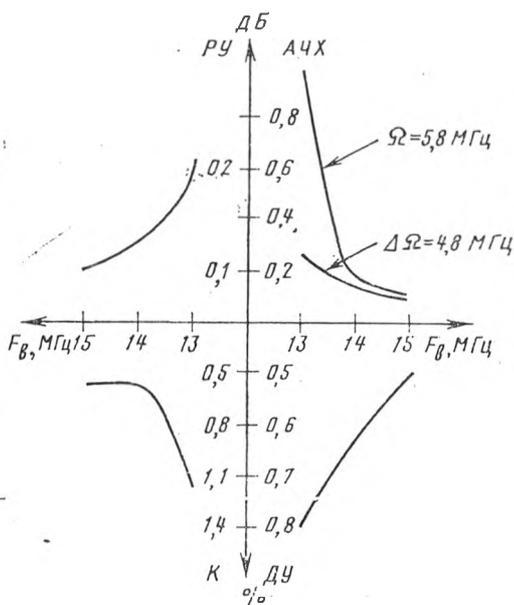


Рис. 7. Искажения сигналов при однократной записи

характер, что свидетельствует об отсутствии заметного расхождения по времени сигналов яркости и цветности.

Ограничение полосы ШФ вызывает и нелинейные искажения сигналов цветности — дифференциальное усиление. При этом амплитуда цветовой поднесущей на отдельных уровнях ступенчатого измерительного сигнала всегда возрастает с ростом ступеньки. Все рассчитанные искажения для характеристики АЧХ вида (1) при однократной записи приведены на рис. 7.

На этой же модели были исследованы искажения видеосигнала при использовании ШФ с кусочно-линейной зависимостью АЧХ (2). Для этой характеристики были проведены расчеты при разных соотношениях частот  $F_B$  и  $F_0$ . Общий результат сводится к тому, что при одной и той же частоте  $F_B$  АЧХ вида (2) вносит дополнительные искажения по сравнению с АЧХ вида (1). Величина этих искажений тем больше, чем больше разность  $F_B - F_0$ . В табл. 1 приводятся сводные результаты этих расчетов для однократной записи  $N=0$  и четырех перезаписей  $N=1 \div 4$ .

Следует иметь в виду, что характеристика (2) является модулем комплексного коэффициента передачи и линейная зависимость АЧХ во всем диапазоне  $0 \div F_B$  обеспечивается фазовой характеристикой, инвертирующей спектральные составляющие в диапазоне  $F_0 \div F_B$ . Если это требование не выполняется и инверсии не происходит, то при тех же соотношениях  $F_B$  и  $F_0$  искажения заметно возрастают (табл. 2). Как видно из приведенных в ней результатов, особенно резко ухудшаются дифференциальное усиление и неравномерность АЧХ по видеоканалу при смещении минимума АЧХ ШФ ниже 13,5 МГц.

Сравнивая между собой искажения видеосигнала для разных видов АЧХ (1) и (2), можно сделать вывод, что применение АЧХ (2) оправдывает себя в том случае, когда  $F_0$  выше 13,5 МГц. Однако при этом не удается полностью использовать преимущества этой цепи с точки зрения критерия отношения сигнал/шум, так как рекомендованное в работе [2] для цветного телевидения оптимальное значение  $F_0$  составляет примерно 12 МГц.

## 2. Многократная перезапись

Известно, что в результате принятой на телецентрах практики многократных перезаписей искажения видеосигнала от копии к копии заметно возрастают и могут достигать значительных величин. Поэтому представляет особый интерес выяснить, как накапливаются эти искажения в процессе многократного копирования. Для этого в цифровой модели КИ предусмотрена возможность подавать сигнал с выхода на его вход, после чего процедура расчета повторяется несколько раз для получения нужного числа копий. Расчеты искажений проводились для тех же характеристик АЧХ ШФ, что и при однократной записи.

**АЧХ вида (1).** На рис. 8 приведены зависимости величины искажений от числа перезаписей при различных значениях  $F_B$ . Как видно, с увеличением числа копий все виды искажений растут практически по линейному закону. Наиболее существенным искажениям подвержена АЧХ по видеоканалу, особенно область частот выше 5,5 МГц. Значительны искажения и 2Т-импульса. Поэтому для этого случая выбор полосы пропускания ШФ следует производить, прежде всего исходя из допустимых норм на эти показатели.

**АЧХ вида (2).** Рассчитанные искажения для этой зависимости представлены в таблицах. Табл. 1 соответствует случаю линейной ФЧХ, обеспечивающей инверсию в диапазоне  $F_0 \div F_B$  (рис. 1, а), в табл. 2 — случаю без инверсии. Для обоих случаев во время расчетов полоса пропускания ШФ ограничивалась 14,5 МГц. Приведенные в таблицах значения позволяют оценить предельные возможности использования этих характеристик. Следует отметить, что из-за очень жестких норм на весь КИ (например, обобщенный К-фактор  $< 1\%$ ) характеристика (2), даже с идеальной ФЧХ, имеет ограниченную возможность перестройки  $F_0$  — не ниже 13,5 МГц. Кроме того, резко возрастают требования к самой ФЧХ, так как даже небольшие ее искажения приводят к сильному росту дифференциального усиления.

Влияние перезаписей на искажения видеосигнала при различных значениях  $F_0$   
(случай линейной АЧХ до частоты  $F_B$ )

$F_0$ , МГц		14,0					13,5					13,0				
Номер копии		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
К-фактор, %	2Т/П	0,54	0,79	1,08	1,35	1,65	0,70	1,16	1,64	2,16	2,86	0,92	1,64	2,51	3,58	4,51
	2Т	0,46	0,44	0,57	0,70	0,83	0,40	0,49	0,67	0,87	1,08	0,36	0,59	0,86	1,17	1,51
РУ, дБ		0,06	0,11	0,30	0,45	0,60	0,07	0,23	0,40	0,59	0,78	0,11	0,32	0,54	0,78	1,03
АЧХ, дБ	0÷4,8	0,13	0,30	0,49	0,64	0,78	0,16	0,36	0,57	0,75	0,88	0,19	0,43	0,67	0,85	1,05
	5,8	0,18	0,40	0,54	0,80	1,15	0,27	0,58	0,85	1,19	1,63	0,37	0,80	1,21	1,69	2,25
ДУ, %		0,64	1,10	1,49	1,92	2,30	0,73	1,31	1,86	2,40	2,90	0,87	1,60	2,31	3,00	3,71

Таблица 2

Влияние перезаписей на искажения видеосигнала при различных значениях  $F_0$   
(случай кусочно-линейной АЧХ до частоты  $F_B$ )

$F_0$ , МГц		14,0					13,5					13,0				
Номер копии		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
К-фактор, %	2Т/П	0,55	0,79	1,10	1,37	1,66	0,84	1,43	2,16	2,96	3,90	1,40	2,84	4,65	7,02	10,1
	2Т	0,46	0,48	0,57	0,71	0,83	0,48	0,81	1,15	1,51	1,90	0,79	1,52	2,77	3,31	4,35
РУ, дБ		0,06	0,16	0,30	0,45	0,60	0,07	0,23	0,41	0,59	0,78	0,15	0,39	0,62	0,86	1,13
АЧХ, дБ	0÷4,8	0,13	0,31	0,48	0,63	0,74	0,15	0,34	0,53	0,71	0,85	0,35	0,72	1,12	1,45	1,84
	5,8	0,21	0,46	0,63	0,94	1,33	0,88	1,83	2,69	3,69	4,85	1,63	3,41	5,03	6,89	9,02
ДУ, %		0,64	1,07	1,46	1,86	2,24	0,71	1,23	1,66	2,13	2,59	8,17	15,2	22,1	28,6	34,6

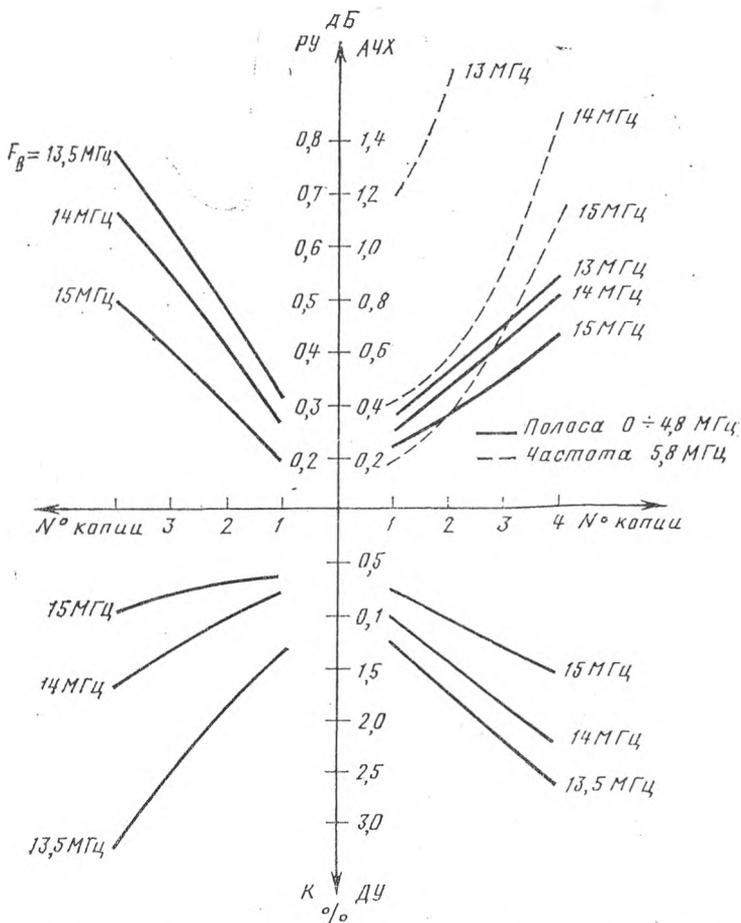


Рис. 8. Искажения сигналов при перезаписях для АЧХ вида (I)

### 3. Метод выбора оптимального варианта ШФ

В заключение рассмотрим метод выбора оптимального варианта ШФ. Как отмечалось выше, наилучшее решение является компромиссом между несколькими противоречивыми требованиями: минимизацией искажений формы видеосигналов, максимизацией отношения сигнал/шум, минимизацией уровня комбинационных искажений и т.п. Из физических соображений очевидно, что оптимальный вариант будет зависеть от многих факторов и, в первую очередь, от реального распределения шума и коррекции в канале воспроизведения. Поэтому надо констатировать, что в рамках исследования только искажений формы сигналов нельзя дать рекомендацию, которая являлась бы оптимальным решением в широком смысле. Однако такое решение можно получить, если воспользоваться оптимизационными методами решения многокритериальных задач [10]. Для этого необходимо математически сформулировать перечисленные выше требования в виде частных независимых критериев и сформировать из них общую целевую функцию. Ее минимизация и дает оптимальный вариант. Практическая реализация этого метода достаточно сложна и поэтому здесь не имеет смысла на ней подробно останавливаться.

## Выводы

1. Математическая модель КИ видеоманитофона позволяет эффективно исследовать причины возникновения и закономерности накопления искажений видеосигнала с учетом одного или нескольких искажающих факторов. Применение такой модели значительно расширяет возможности оценки качественных показателей всего КИ или отдельных его звеньев.

2. Проведенные исследования влияния ШФ на искажения видеосигнала показали, что для передачи видеосигнала без существенных искажений полоса пропускания ШФ должна быть не менее 14 МГц.

3. Применение ШФ с кусочно-линейной зависимостью АЧХ вносит дополнительные искажения в выходной видеосигнал. Величина этих искажений тем меньше, чем выше частота  $F_v$  и чем меньше разница между  $F_v$  и  $F_0$ .

4. Моделирование процесса многократной перезаписи позволило установить связь между искажениями и количеством перезаписей. Оказалось, что с ростом числа копий искажения растут практически по линейному закону.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Штейн А. Б., Мучиев С. Г. Влияние аддитивных шумов видеоманитофона на качество воспроизводимого изображения // Труды ВНИИРТ, 1970, вып. 9 (19), с. 79—89.

2. Молодцов В. Е. Исследование некоторых видов искажений видеосигнала в одноканальном видеоманитофоне: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / МЭИС. — М., 1977.

3. Баланин Л. Н., Нечаева С. И. Математическая модель телевизионного канала устройства магнитной записи // Техника средств связи. Сер. Техника телевидения, 1982, № 6, с. 48—57.

4. Молодцов В. Е., Дохновский М. И. Исследование искажений сигнала в видеоманитофоне методом математического моделирования на ЦВМ // Тез. докл. XXXI Всесоюзной научной сессии, посвященной Дню радио. — М., 1976.

5. Лишин Л. Г., Хавин В. Л., Дмитриев В. Г., Колпаков А. В. Канал изображения видеоманитофона «Кадр-103СЦ» // Техника кино и телевидения, 1985, № 8, с. 31—35.

6. Carson J. R., Fry T. C. Variable electric circuit theory with application to the theory of frequency modulation // Bell Syst. Techn. J., 1937, v. 16, N 4, p. 513—540.

7. Felix M. O., Walsh H. FM system of exceptional bandwidth // Proc. IEE, 1965, v. 112, N 9, p. 1659—1668.

8. Кривошеев М. И. Основы телевизионных измерений. — М.: Связь, 1980.

9. Черне Х. И. Прохождение синусквадратичного импульса через идеальный фильтр нижних частот // Электросвязь, 1961, № 3, с. 50—55.

10. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981.

Статья поступила в редакцию 3 июня 1986 г.

*А. Б. ШТЕЙН, О. А. ГЕРГЕЛЬ, В. З. ХАИМОВ,  
В. Е. ГОРДЕЕВ*

## **«ЦИФРА-101» — ЦИФРОВОЙ КОРРЕКТОР ВРЕМЕННЫХ ИСКАЖЕНИЙ ВИДЕОМАГНИТОФОНА «КАДР-103СЦ»**

### **1. Введение**

Впервые цифровой корректор временных искажений (ЦКВИ) с диапазоном коррекции  $\pm 32$  мкс был использован в видеомагнитофоне поперечно-строчной записи типа AVR-2 фирмы Ampex. Величина временных ошибок в таком видеомагнитофоне обычно не превышает 1 мкс, и применение цифрового корректора было вызвано не столько необходимостью, сколько стремлением заменить аналоговые системы более технологичными цифровыми устройствами.

Иначе обстоит дело в видеомагнитофонах формата «С», где временные искажения достигают значительной величины и принципиально не могут быть скорректированы аналоговыми системами. Принцип работы ЦКВИ прост. Воспроизводимый видеосигнал (ВС) преобразуется в двоичный код и записывается в запоминающее устройство (ЗУ). Дискретизация ВС и запись информации в ЗУ производится импульсами, частота и фаза которых привязаны к воспроизводимому сигналу. Считывание из ЗУ производится в моменты времени, синхронные и синфазные с опорным сигналом, в результате чего временные ошибки устраняются. Скорректированный цифровой сигнал превращается в аналоговую форму и поступает на выход видеомагнитофона. Кроме коррекции временных искажений, в ЦКВИ производится вся необходимая обработка воспроизводимого сигнала: компенсация выпадений, регенерация гасящих и синхронизирующих импульсов, сигналов цветовой синхронизации и т.д. Вопросы построения ЦКВИ для видеомагнитофонов формата «С» рассматривались ранее [1, 2].

### **2. Общая функциональная схема ЦКВИ**

Функциональная схема ЦКВИ показана на рис. 1. Воспроизводимый ВС поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), где преобразуется в двоичный код. Перед преобразованием ВС фиксируется по уровню черного для точного совмещения со шкалой квантования и проходит через фильтр нижних частот. Полоса пропускания фильтра близка к половине частоты дискретизации, благодаря чему подавляются слишком высокочастотные компоненты ВС и шума, которые могли бы вызвать искажения в восстановленном сигнале.

Значение частоты дискретизации выбирается из нескольких соображений. Во-первых, в соответствии с условиями теоремы Котельникова, она должна превышать верхнюю граничную частоту ВС более чем в 2 раза. Во-вторых, желательно, чтобы частота дискретизации была кратна частоте цветовой поднесущей. При этом ошибки дискретизации в области сигнала цветности мало заметны. Данное требование особенно важно для сигналов ПАЛ и НТСЦ, где частота цветовой поднесущей постоянна. В системе СЕКАМ достаточно, чтобы частота дискретизации была равна гармонике строчной частоты. Однако для удобства обработки цифровых сигналов и здесь желательно, чтобы частота дискретизации была близка к гармонике цветовой поднесущей.

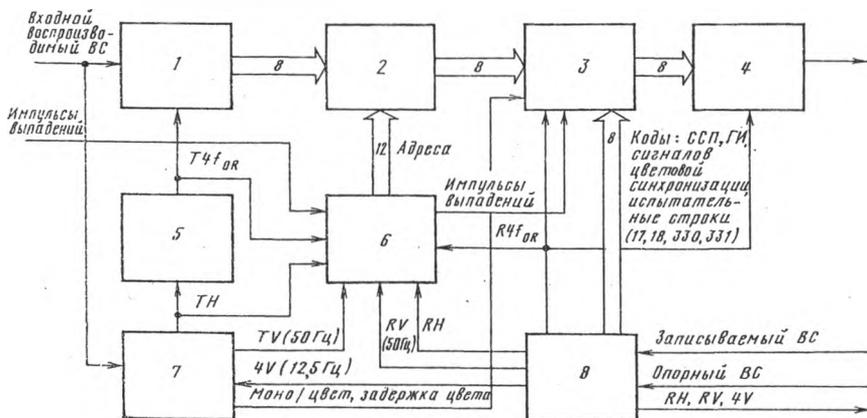


Рис. 1. Функциональная схема ЦКВИ «Цифра-101»:

1 — аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 2 — запоминающее устройство  $32 \times 4096$  бит; 3 — блок цифровой обработки; 4 — цифроаналоговый преобразователь (ЦАП); 5 — формирователь импульсов дискретизации; 6 — устройство адресации; 7 — синхроселектор; 8 — синхрогенератор

По указанным причинам в первых образцах цифровых корректоров частота дискретизации часто выбиралась равной 3-й гармонике цветовой поднесущей ПАЛ, а при работе с сигналами СЕКАМ — ближайшей гармонике строчной частоты. Однако лучшие результаты получаются при использовании более высокой частоты дискретизации, близкой к 4-й гармонике цветовой поднесущей. Здесь существенно снижаются искажения сигналов, особенно дифференциальные, и легко получаются сдвиги сигналов на время половины и четверти периода цветовой поднесущей, необходимые для построения цифровых фильтров разделения сигналов яркости и цветности.

В ЦКВИ «Цифра-101» частота дискретизации равна 4-й гармонике цветовой поднесущей СЕКАМ в красной строке, т. е.  $f_d = 4f_{OK} = 17,625 \text{ МГц} = 1128_{\text{стр}}$ . При 8 битах на отсчет скорость потока на выходе АЦП составляет 141 Мбит/с. На рис. 1 индекс  $T$  показывает, что импульсы дискретизации связаны с воспроизводимым ВС, аналогично индекс  $R$  обозначает опорные сигналы.

Временные ошибки устраняются в ЗУ. Для экономии объема памяти в ЗУ записывается сигнал только активной части строк изображения, т. е. той части, которая содержит цветную поднесущую СЕКАМ. При этом в каждой строке запоминаются 1024 отсчета или

байта информации. ЗУ организовано в виде 32 каналов, в каждом из которых использованы микросхемы с объемом памяти 4096 бит (4К). В каждом канале строка изображения передается 256 битами, и общий объем памяти составляет 16 строк. Соответственно диапазон коррекции временных искажений равен  $\pm 8$  строкам.

В блоке цифровой обработки производится разделение сигналов яркости и цветности и их раздельная обработка: ограничение по уровню черного, регенерация гасящих, синхронизирующих импульсов и сигналов цветовой синхронизации. Ниже эти функции будут рассмотрены более подробно.

Компенсация выпадений производится в два этапа. Сначала в ЗУ компенсируются выпадения в сигнале яркости. Замещающий сигнал берется из предыдущей строки и по времени несколько перекрывает интервал выпадения. Если в предыдущей строке также имеется выпадение, то замещающий сигнал формируется из последующей строки или ближайших предыдущих или последующих строк, не пораженных выпадениями [3].

Компенсация выпадений в сигнале цветности производится в блоке цифровой обработки. Для замещения используется сигнал предыдущей строки, причем замещается сигнал цветности всей строки, пораженной выпадением. Такой алгоритм применялся и ранее в аналоговых системах [4], так как позволяет исключить скачки фаз в ЧМ-сигнале цветности в моменты коммутации основного и замещающего сигналов. Следует отметить, что попытки замещать в сигнале цветности только места выпадений ни при каких схемотехнических решениях не могут исключить указанных скачков фазы и соответствующих им помех на изображении. Действительно, изменение частоты цветовой поднесущей, например, на 0,1% из-за изменения цветового тона или насыщенности в основной и замещающей строках изображения приводит к фазовой ошибке в середине строки около 30 нс, что заметно на изображении [4]. Ясно, что в начале строки эти помехи будут менее заметны, а в конце — более заметны.

В блоке цифровой обработки предусмотрена также задержка сигнала цветности на 64 мкс, с помощью которой поддерживается правильный порядок чередования цветоразностных сигналов при воспроизведении с номинальной скоростью движения ленты. Поясним эту функцию ЦКВИ на примере воспроизведения стоп-кадра. В этом случае воспроизводится одна строчка записи и, например, первое поле первого кадра. Если в опорном сигнале в это время также передается первое поле первого кадра, то сигнал цветности проходит без задержки. Такой же режим остается в следующем поле. В двух последующих полях сигнал цветности задерживается на время строки до совпадения воспроизводимых и опорных цветоразностных сигналов. Необходимость задержки определяется в синхроселекторе посредством сравнения импульсов 12,5 Гц, выделенных из входного и опорного сигналов.

Последовательности опорных импульсов формируются синхрогенератором. Основной режим работы синхрогенератора — ведение от опорного или записываемого ВС. Первый режим используется в режиме воспроизведения и обеспечивает синхронность воспроизводимого сигнала по отношению к сигналам централизованной синхронизации. В режимах записи и монтажа синхрогенератор управляется записываемым ВС, который может быть несинхронным с опорным. В этих режимах учитываются задержки между записываемым ВС и входным сигналом ЦКВИ, которые вносятся ЧМ-каналом видеоманитфона или сквозным каналом воспроизведения, включаемым при записи. Предусмотрен также автономный режим работы синхрогенератора от встроенного термостатированного задающего генератора.

### 3. Временные ошибки и формирование импульсов дискретизации

Из приведенного выше описания ЦКВИ видно, что для правильной коррекции временных искажений необходимо, чтобы импульсы дискретизации точно повторяли закон временных ошибок. При номинальной скорости движения ленты временные ошибки вызываются в основном неравномерностью скорости движения магнитной ленты, неравномерностью вращения БВГ, изменениями натяжения ленты. На рис. 2 приведены осциллограммы временных ошибок и их спектрального распределения, полученные с помощью измерительного фазового детектора. Видно, что ошибки носят случайный характер, имеют нулевое среднее значение и достаточно широкий спектр — ширина по уровню 0,5 составляет около 64 Гц. В режимах воспроизведения с ненормальными скоростями движения ленты к этим ошибкам добавляется существенная частотная составляющая (часто ее называют «скоростной» ошибкой). В интервале поля изображения временные искажения нарастают линейно и при воспроизведении стоп-кадра или удвоенной скорости достигают  $\pm 3,5$  строк, при утроенной скорости или реверсе с номинальной скоростью —  $\pm 7$  строк [1]. Линейное нарастание временной ошибки означает, что меняется частота следования элементов изображения, причем величина изменения постоянна для каждой фиксированной скорости ленты.

Из сказанного следует, что схема формирования импульсов дискретизации должна отслеживать как фазовые, так и частотные ошибки воспроизводимого сигнала. На рис. 3 показана функциональная схема формирователя, использованного в ЦКВИ. Фазовое слежение обеспечивается за счет ударного возбуждения генератора импульсов дискретизации, а частотное — за счет фазовой автоподстройки частоты.

Во время перехода головки воспроизведения с одной строчки записи на другую в воспроизводимом сигнале возникают скачки фазовой ошибки, которые могут вызвать длительные переходные процессы в схеме формирования. Для предотвращения этого на время перехода, которое определяется импульсом форматного выпадения, управление частотой генератора прекращается. Первым строчным импульсом, воспроизводимым после выпадения, производится установка делителя, а начиная со второго импульса, осуществляется подстройка частоты.

Как видно из приведенной функциональной схемы, управление по частоте происходит с задержкой на время строки. Эта задержка увеличивается за счет фильтрации выходного напряжения фазового детектора. Поэтому точное слежение за частотой воспроизводимого сигнала возможно только при медленных изменениях временных ошибок.

Частотные ошибки, возникающие при ненормальной скорости воспроизведения, отвечают этому требованию, так как приращение частоты практически постоянно в интервале поля изображения. Более сложно отслеживать высокочастотные временные ошибки, например с частотой 50 Гц, возникающие из-за биений БВГ.

Определим, какие остаточные временные ошибки будут иметь место в этом случае, в предположении, что ошибки носят гармонический характер:

$$\Delta\tau = \Delta\tau_0 \sin \omega_0 t, \quad (1)$$

где  $\Delta\tau_0$  и  $\omega_0$  — соответственно амплитуда и частота временных ошибок воспроизводимого сигнала. При построчной коррекции (только

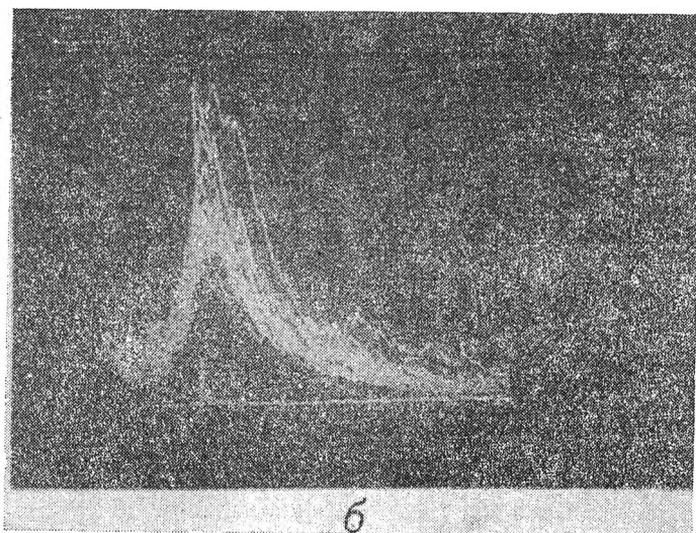
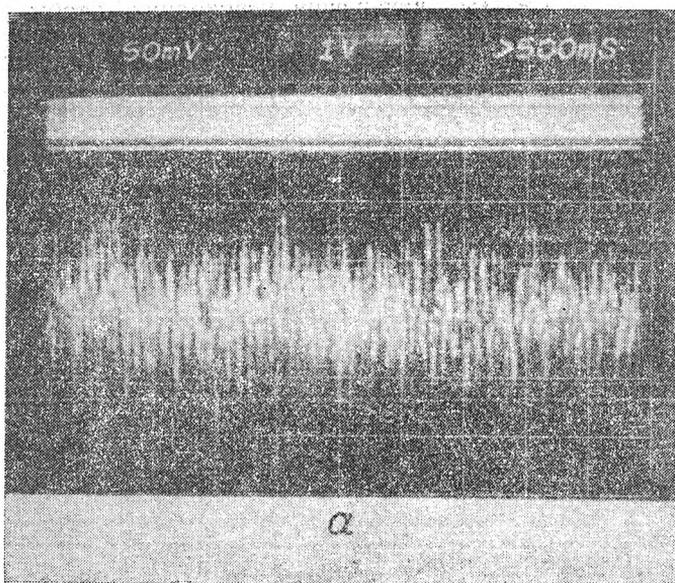


Рис. 2. Характер и спектр временных ошибок:  
*a* — временные ошибки (нижняя осциллограмма), цена деления по вертикали 2 мкс; *б* — спектр временных ошибок, цена деления по горизонтали 100 Гц

ударное возбуждение генератора без фазовой автоподстройки его частоты) остаточная временная ошибка в конце строки равна

$$\Delta\tau_1 = \Delta\tau_0 [\sin \omega_0 (t + T_c) - \sin \omega_0 t] = \Delta\tau_0 \omega_0 T_c \cos \omega_0 t, \quad (2)$$

где  $T_c$  — длительность строки. При  $\Delta\tau_0 = 10$  мкс и  $\omega_0 = 2\pi \cdot 50$  Гц·рад,  $\Delta\tau_1 = 0,2$  мкс, что является чрезмерной величиной. Другими словами, метод построчной коррекции мало пригоден для видеоманитонов формата «С» даже при воспроизведении с номинальной скоростью.

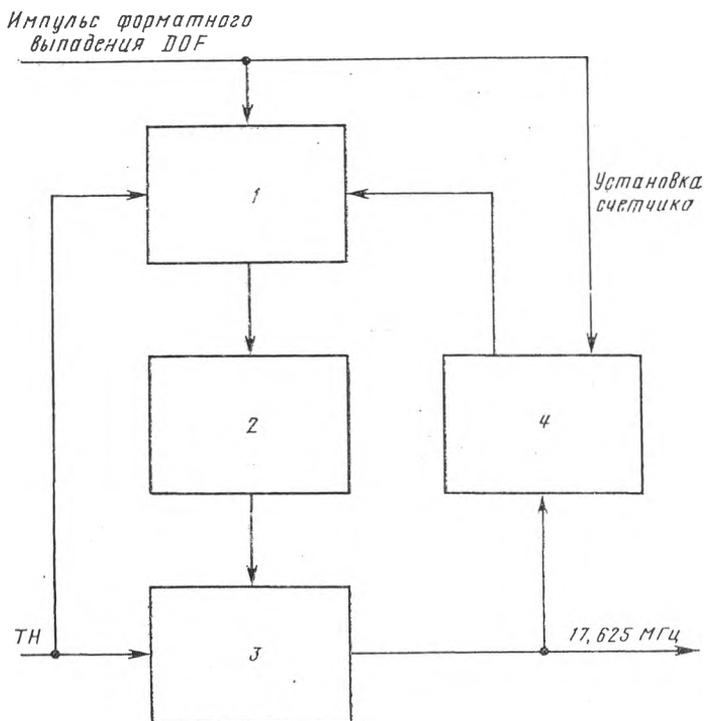


Рис. 3. Функциональная схема формирователя тактовых импульсов:

1 — фазовый детектор; 2 — интегратор; 3 — генератор ударного возбуждения; 4 — делитель на 1128

Если подстройка частоты генератора импульсов дискретизации происходит с задержкой  $t_3$ , то относительное отклонение его частоты от частоты воспроизводимого сигнала равно

$$\frac{\Delta\omega_r}{\omega_r} \approx \Delta\tau_0 \omega_0^2 t_3 \sin \omega_0 t. \quad (3)$$

При указанных выше величинах ошибок и  $t_3 = T_c$   $\Delta\omega_r/\omega_r = 6,4 \cdot 10^{-5}$ . Такое отклонение частоты выходного сигнала является безусловно приемлемым для сигналов СЕКАМ, где допустимое отклонение частоты цветовой поднесущей от номинального значения составляет  $2 \cdot 10^{-4}$ . Выражение (3) определяет и относительное изменение длительности строки на выходе корректора, которое в данном случае составляет около 4 нс. Фильтр в петле АПЧ является устройством прогнозирования случайной временной ошибки, и его постоянная времени соответствует времени корреляции последней и превышает дли-

тельность строки в 2—3 раза. Но и в этом случае остаточные временные ошибки не превышают значений, допустимых для сигналов СЕКАМ.

#### 4. Запоминающее устройство ЦКВИ

Существуют две основные структуры ЗУ, нашедшие применение в корректорах временных искажений. В первой используется два ЗУ, каждое из которых имеет объем, равный диапазону коррекции. Запись и считывание данных в ЗУ производятся поочередно: в одно ЗУ данные записываются с синхронизацией от воспроизводимых импульсов полей ( $TV$ ), строк ( $TH$ ) и импульсов дискретизации ( $Tf_{OR}$ ), а из второго — считываются с синхронизацией от опорных импульсов ( $RH$ ,  $Rf_{OR}$ ). Структура и управление такого ЗУ просты, но объем памяти оказывается, как минимум, удвоенным. В другом варианте используется одно ЗУ с перемежением циклов запись-считывание в пределах одного тактового интервала. Такое ЗУ [5] применено в ЦКВИ «Цифра-101» (рис. 4). Микросхемы, использованные в ЗУ, имеют

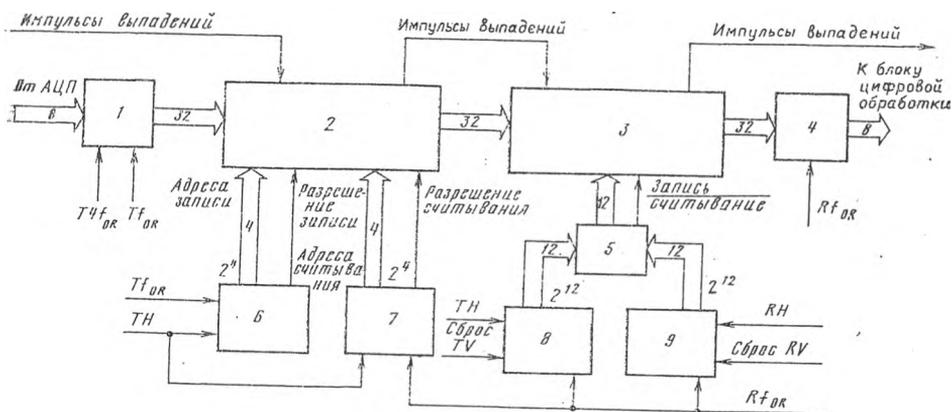


Рис. 4. Построение ЗУ с произвольной выборкой:

1 — преобразователь 8/32; 2 — буферное запоминающее устройство 32×12 бит; 3 — оперативное запоминающее устройство 32×4096 бит; 4 — преобразователь 32/8; 5 — мультиплексор; 6, 8 — счетчик адресов записи; 7, 9 — счетчик адресов считывания

общие адресные входы, которые используются на запись и на считывание. Обычно половина тактового интервала используется для передачи адреса записи, а половина — для адреса считывания. Отсюда следует, что записываемые и считываемые потоки данных должны быть плезиохронны и синхронны, т. е. иметь отсчеты, следующие с номинально одинаковой скоростью в нужном фазовом соотношении. Ясно, что при коррекции временных искажений, возникающих в видеомагнитофонах формата «С», это условие не выполняется из-за наличия частотных временных ошибок. По этой причине ЗУ состоит из двух частей [6]: буферного ЗУ (БЗУ) и оперативного ЗУ (ОЗУ). В БЗУ устраняются частотные ошибки внутри активной части каждой строки. В ОЗУ корректируются временные ошибки положения всей строки. БЗУ выполнено на микросхемах памяти, имеющих отдельную адресацию на запись и считывание (так называемые файловые ЗУ) и допускающих запись и считывание на разных частотах. Адреса записи формируются счетчиком, который устанавливается воспроизводимыми строчными импульсами  $TH$ . Формирование адресов происходит с частотой  $Tf_{д}/4$  и начинается в тот момент, когда на вход БЗУ по-

стует сигнал активной части строки. Аналогично производится формирование адресов считывания. Однако здесь адреса вырабатываются с опорной частотой  $Rf_{OR}$ . Таким образом, цифровой поток на выходе БЗУ следует с опорной частотой и, следовательно, в нем устранены частотные ошибки. Фазовые ошибки остались, так как отдельные строки в выходном сигнале БЗУ не занимают своего номинального положения по отношению к опорным строчным импульсам и в них изменены длительности участков сигнала в области строчных гасящих импульсов.

Оставшиеся временные ошибки устраняются в ОЗУ. Адреса записи и считывания формируются счетчиками на опорной частоте  $Rf_{OR}$ . Начальная установка счетчиков производится соответственно воспроизводимыми импульсами полей  $TV$  и опорными  $RV$ . Цикл счета обоих счетчиков длится по 16 строк, после чего они сбрасываются воспроизводимым строчным импульсом  $TH$  или опорным  $RH$ . Адреса записи и считывания объединяются мультиплексором и поступают на управление ОЗУ. Туда же поступает команда запись/считывание, которая внутри каждого тактового интервала частоты  $Rf_{OR}$  изменяет режим работы микросхем ОЗУ.

Из сказанного следует, что диапазоны задержек БЗУ и ОЗУ должны быть согласованы. Как уже отмечалось, задержка ОЗУ составляет 16 строк. Время задержки БЗУ должно равняться величине временной ошибки в каждой отдельной строке. Если считать, что ошибки линейно нарастают в течение поля изображения, то объем памяти БЗУ должен быть в 312,5 раз меньше объема памяти ОЗУ. В данном случае выбрано ближайшее меньшее двоичное приближение, т. е. 12 бит вместо 13. Соответственно, адреса записи и считывания состоят из 4 бит.

Импульсы выпадений задерживаются в БЗУ и запоминаются дополнительным ОЗУ. Во время выпадения адрес считывания данных из ОЗУ изменяется и на выход ОЗУ поступают данные предыдущий или другой близлежащей строки, выбранной для замещения выпадения.

## 5. Цифровая обработка воспроизводимого сигнала

В ЦКВИ «Цифра-101» вся обработка воспроизводимого сигнала производится в цифровой форме, что повышает точность и стабильность преобразований (рис. 5).

Цифровая фильтрация сигнала яркости  $Y$  осуществляется посредством сложения сигналов с задержкой, при которой легко получается требуемое подавление сигнала цветности и обеспечивается монотонность переходной характеристики канала яркости. Например, при суммировании сигналов с задержкой на 2 и 4 периода тактовой частоты  $4f_{OR}$  получается фильтр, подавляющий сигнал цветности и имеющий коэффициент передачи.

$$K_y(i\omega) = \frac{1}{2} (1 + e^{-i\omega\tau_3}) + e^{-i2\omega\tau_3} = (1 + \cos \omega\tau_3) e^{-i\omega\tau_3}, \quad (4)$$

где  $\tau_3 = 1/2f_{OR}$ .

Замешивание гасящих импульсов производится неаддитивно: в тот момент, когда уровень сигнала становится равным мгновенному значению уровня гасящего импульса, срабатывает компаратор и в канал поступают коды гасящих и синхронизирующих импульсов.

Сигнал цветности  $E_c$  формируется вычитанием составляющей яркости  $E_y$  из входного сигнала. Как видно из рис. 5, компенсация выпадений в сигнале цветности производится сигналом, задержанным на время двух строк изображения. Замещающий сигнал может цирку-

лирование, обеспечивая качественную компенсацию выпадений значительной протяженности. Импульс, включающий задержанный сигнал, имеет длительность около 60 мкс и охватывает сигнал цветности всей строки. Здесь же включается задержка сигнала цветности на 64 мкс при изменении порядка чередования составляющих  $D'_R$  и  $D'_B$ .

При воспроизведении с ненормальной скоростью движения ленты сигналы испытательных строк не воспроизводятся и регенерируются коммутацией в канал сформированных кодов сигналов 17, 18, 330 и 331 испытательных строк.

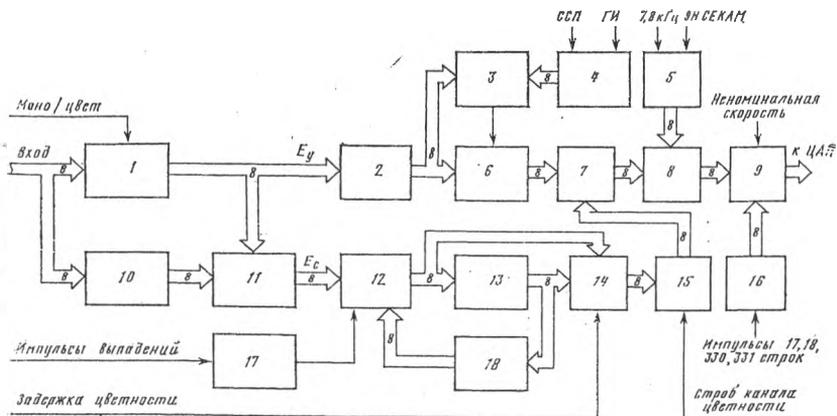


Рис. 5. Цифровая обработка воспроизводимого сигнала:

1 — фильтр сигнала яркости; 2 — ограничитель уровня черного; 3 — компаратор; 4 — формирователь кодов ССП и ГИ; 5 — формирователь кодов цветовой синхронизации; 6, 9, 12, 14 — мультиплексор; 7, 8 — сумматор; 10 — схема выравнивания задержки; 11 — вычитающее устройство; 13, 18 — схема задержки на одну строку; 15 — схема стробирования; 16 — формирователь кодов испытательных строк; 17 — формирователь импульсов выпадений цветности

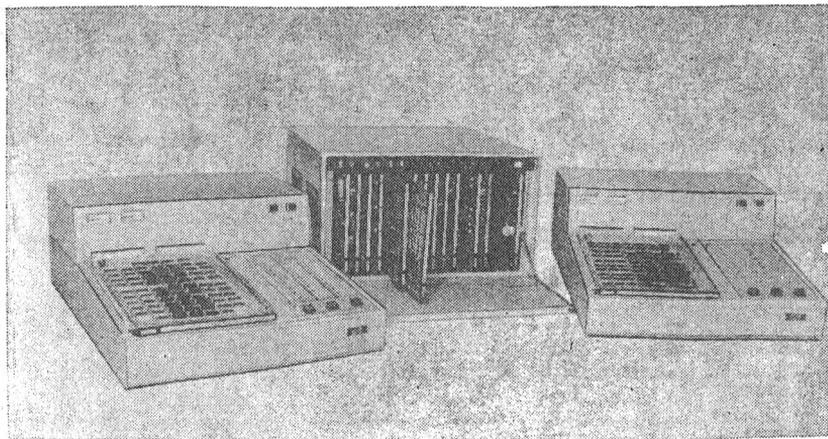


Рис. 6. ЦКВИ «Цифра-101» и два стенда проверки

## 6. Особенности эксплуатации и ремонта ЦКВИ

ЦКВИ является новым для телевидения видом оборудования. Его конструкция и особенно ремонт с применением традиционных методов и аппаратуры связаны с большими трудностями, требуют большого времени и специальных навыков. В связи с этим одновременно с созданием ЦКВИ «Цифра-101» было разработано семейство из 13 стенов, позволяющих производить автоматизированную проверку каждого блока ЦКВИ и ЦКВИ в целом. На рис. 6 показаны ЦКВИ и два таких стенов проверки. Каждый стенд представляет собой автономное устройство и позволяет за несколько секунд проверить работоспособность блока, обнаружить в нем неисправность и т. д.

Стенды проверки предназначены для использования на заводе-изготовителе и крупных ремонтных службах.

### Выводы

ЦКВИ «Цифра-101» по своим параметрам, габаритам, энергопотреблению не уступает зарубежным образцам типа BVT-2000 (Sony), ТВС-3 (Апрех). В ЦКВИ использована современная элементная база: монокристалльные 8-разрядные АЦП и ЦАП, логика ТТЛШ, быстродействующие ЗУ с организацией  $4K \times 1$ .

Исследования, проведенные в последнее время, показывают, что при применении новой элементной базы габариты ЦКВИ и его энергопотребление могут быть существенно снижены. Так, применение быстродействующих ЗУ с организацией  $8K \times 8$  может позволить создать ЦКВИ, состоящие из 2—3 печатных плат большого размера, с общим энергопотреблением около 100 Вт. Уменьшение габаритов ЦКВИ при сохранении или даже расширении возможностей является естественным процессом для цифрового устройства и поддерживается успехами современной микроэлектроники. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить габариты и энергопотребление видеомагнитофона формата «С», выполнить его в одномодульном исполнении.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Штейн А. Б., Гергель О. А. Построение цифрового корректора временных искажений для одноканального видеомагнитофона // Радио и телевидение ОИРТ, 1981, № 5, с. 18—31.
2. Гергель О. А., Штейн А. Б. Цифровой корректор временных искажений «Цифра-101» для видеомагнитофонов формата «С» // Техника кино и телевидения, 1984, № 6, с. 46—52.
3. А. с. 1269274 СССР, Н 04 N 5/78. Цифровой компенсатор выпадений телевизионного сигнала яркости / В. З. Хаимов, Ю. В. Скобелев. — № 3867622/24—09; Заявлено 12.03.85; Опубл. 07.11.86, Бюл. № 41. — 15 с.
4. Штейн А. Б., Юровицкая М. П. Компенсация выпадений сигнала в видеомагнитофоне «Кадр-5» // Техника кино и телевидения, 1978, № 2, с. 30—33.
5. А. с. 1104689 СССР, Н 04 N 5/78. Цифровое запоминающее устройство для обработки телевизионных сигналов, воспроизводимых с видеомагнитофона / В. З. Хаимов, А. Б. Штейн. — № 3547975/18—09; Заявлено 02.02.83; Опубл. 23.07.84, Бюл. № 27. — 8 с.
6. Хаимов В. З. Вопросы построения блоков памяти цифровых корректоров временных искажений // Проблемы магнитной записи, радиовещания и экономики телевидения: Сб. науч. тр./ВНИИТР. — М., 1983. — С. 3—15.

Статья поступила в редакцию 19 июня 1987 г.

## О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ВИДЕОГРАММ

Одним из требований, предъявляемых к видеоманитофонам, является способность воспроизводить видеogramмы (ВГ), записанные на других однотипных видеоманитофонах с сохранением заданного уровня качественных показателей, т. е. обеспечение взаимозаменяемости аппаратуры и выполненных на ней записей. Взаимозаменяемость требует идентичности характеристик однотипных звеньев различных видеоманитонов и, в первую очередь, каналов записи-воспроизведения (З-В). Поскольку основные элементы этого канала, такие как видеоголовки и магнитная лента, имеют значительный разброс по своим параметрам, целесообразно оценить, как это сказывается на качественных показателях видеоманитонов в режиме взаимозаменяемости.

Пусть  $i$ -й качественный показатель есть некоторая функция от АЧХ канала З-В  $\alpha_i = f_i(K_{З-В})$ . Введем в рассмотрение эталонный видеоманитон, АЧХ которого  $K_{(З-В)_э}$  обеспечивает наилучшие для данного типа видеоманитона качественные показатели. При отклонении АЧХ от эталонной на  $\delta K_{З-В}$  ухудшение  $i$ -го показателя определяется функцией от  $\delta K_{З-В} - \sigma_{\alpha_i} = f_i(\delta K_{З-В})$ , где  $\sigma_{\alpha_i}$  — среднеквадратическое отклонение от эталонного показателя. Величина  $\delta K_{З-В}$  зависит от отклонений характеристик отдельных звеньев канала З-В. При условии малости их отклонений

$$\delta K_{З-В} = \sum_j^n \frac{\partial K_{З-В}}{\partial A_j} \delta A_j,$$

где  $\delta A_j$  — отклонение характеристики  $j$ -го элемента от эталонной;  $\frac{\partial K_{З-В}}{\partial A_j}$  — коэффициент, показывающий, как отклонение характеристики  $j$ -го элемента от эталонной влияет на общее отклонение АЧХ канала З-В.

Выделив в канале З-В три основных элемента — канал записи, канал воспроизведения и систему коррекции, получим

$$\begin{aligned} \delta K_{(З-В)_{lk}} = & \frac{\partial K_{(З-В)_{lk}}}{\partial K_{З_k}} \delta K_{З_k} + \frac{\partial K_{(З-В)_{lk}}}{\partial K_{В_l}} \delta K_{В_l} + \\ & + \frac{\partial K_{(З-В)_{lk}}}{\partial K_{В_{l_{кор}}}} \delta K_{В_{l_{кор}}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\delta K_3$ ,  $\delta K_B$  и  $\delta K_{B_{кор}}$  — соответственно отклонения АЧХ каналов записи, воспроизведения и корректора от эталонных; индекс  $l/k$  означает, что на  $l$ -м видеомагнитофоне воспроизводится ВГ, записанная на  $k$ -м видеомагнитофоне.

Исследования по оценке влияния АЧХ канала З-В на некоторые качественные показатели (частотные искажения, дифференциальное усиление и др.) показывают, что они соответствуют требуемым нормам, если отклонение АЧХ от эталонной (равномерной в точке до шумоподавляющего фильтра с линейно падающей АЧХ) в зоне девиации несущей частоты не более 0,2—0,4 дБ. Поскольку это требует чрезвычайно жестких и технологически трудно выполнимых допусков на характеристики отдельных элементов канала З-В, в видеозаписи используется исключительно режим не полной функциональной взаимозаменяемости с применением ряда регулировок в канале воспроизведения, а иногда и записи. При таком режиме удается получить требуемые качественные показатели при более грубых допусках на характеристики отдельных элементов канала З-В и, в первую очередь, блока вращающихся головок. Однако это возможно только в случае правильной настройки каналов записи и воспроизведения, гарантирующей идентичность ВГ, записанных на разных видеомагнитофонах. Распространенная до недавнего времени практика настройки видеомагнитофонов по собственной записи позволяет обеспечить заданные качественные показатели при воспроизведении «своей» ВГ (регулировкой АЧХ корректора компенсируются погрешности  $\delta K_3$  и  $\delta K_B$ , см. выражение (1)). В то же время при воспроизведении ВГ, полученных по обмену, качественные показатели довольно часто ниже норм, так как погрешности  $\delta K_{3k}$  не удается скомпенсировать соответствующим выбором  $\delta K_{кор_l}$ . Особенно это проявляется в режиме электронного монтажа, когда на одном видеомагнитофоне воспроизводятся фрагменты, записанные на разных видеомагнитофонах.

С целью улучшения взаимозаменяемости для настройки видеомагнитофонов сравнительно недавно стали применяться измерительные ленты (ИЛ) с записью определенных испытательных сигналов [1]. Использование ИЛ позволяет настраивать каналы записи и воспроизведения всех однотипных видеомагнитофонов таким образом, чтобы они совпадали с каналами записи и воспроизведения эталонного видеомагнитофона, т. е. минимизировать в выражении (1)  $\delta K_3$  и  $\delta K_B$ , а не производить их компенсацию.

Процесс настройки видеомагнитофона с помощью ИЛ состоит в следующем. Сначала по ИЛ настраивается канал воспроизведения, а затем, используя только регуляторы канала записи (тока записи и др., если имеются), добиваются требуемых параметров сигнала на выходе видеомагнитофона. Полагая, что отклик канала записи и одновременно воздействуем каналом воспроизведения является остаточный магнитный поток ВГ, процесс настройки можно записать в символическом виде

$$ВГ_{ИЛ} = ВГ_3 \rightarrow u_{вос_{l/3}} \rightarrow u_{вых}(\alpha_{1l/3}, \alpha_{2l/3}, \dots, \alpha_{nl/3}),$$

$$ВГ_l \rightarrow u_{вос_{l/l}} \rightarrow u_{вых}(\alpha_{1l/l}, \alpha_{2l/l}, \dots, \alpha_{nl/l}),$$

где  $u_{вос}$  — воспроизводимый сигнал на выходе корректора АЧХ канала З-В;  $u_{вых}$  — сигнал на выходе видеомагнитофона;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  — качественные показатели выходного сигнала. При настройке видеомагнитофона добиваются соответствия  $\alpha_{1l/3}$  и  $\alpha_{1l/l}$ ,  $\alpha_{2l/3}$  и  $\alpha_{2l/l}$  и т.д.

Однако такое соответствие параметров не всегда означает идентичность видеограмм  $ВГ_3$  и  $ВГ_l$ , так как характер искажений при

воспроизведении «собственной» и «чужой» ВГ может отличаться. Это ранее отмечалось в работе [2], посвященной оценке влияния азимутальных потерь на взаимозаменяемость ВГ. Все погрешности, влияющие на отклонение АЧХ канала З-В от эталонной (разброс электромагнитных и конструктивных параметров головок и лент, а также их неправильное пространственное расположение относительно друг друга), удобно разделить на две группы:

А. Погрешности не компенсируемые.

Б. Погрешности полностью или частично компенсируемые.

Покажем, что регулировки в каналах записи и воспроизведения позволяют скомпенсировать только те погрешности (группа Б), которые проявляются при воспроизведении как «своей», так и «чужой» ВГ. Рассмотрим процесс настройки двух видеомагнитофонов по ИЛ, причем, так как ВГ зависит от характеристик канала записи, будем оперировать с передаточной характеристикой канала записи. При воспроизведении эталонной ВГ на  $l$ -м видеомагнитофоне АЧХ сквозного канала (после корректора частотной характеристики канала З-В) равна

$$K_{0\ l/\text{э}} = K_{\text{з}_3} K_{\text{з}_3}(\Delta) K_{\text{в}_{l/\text{э}}} K_{\text{кор в}_{l/\text{э}}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{з}}$ ,  $K_{\text{в}}$  — АЧХ каналов записи и воспроизведения;  $K_{\text{кор в}}$  — АЧХ корректора в канале воспроизведения;  $K_{\text{з}}(\Delta)$  — отображает изменение АЧХ канала записи (например, в зависимости от тока записи или специального корректора).

Предположим, что из-за действия факторов группы Б канал воспроизведения  $l$ -го видеомагнитофона отличается от эталонного, т. е.

$$K_{\text{в}_{l/\text{э}}} = K_{\text{в}_3} K_{\text{в}_{l/\text{э}}}(\text{Б}).$$

Регулировкой коррекции  $K_{\text{кор в}_{l/\text{э}}}$  добиваются такой сквозной АЧХ  $K_0$ , чтобы искажения выходного сигнала были минимальными. При этом

$$K_{\text{кор в}_{l/\text{э}}} = \frac{\bar{K}_0}{K_{\text{з}_3} K_{\text{з}_3}(\Delta) K_{\text{в}_3} K_{\text{в}_{l/\text{э}}}(\text{Б})}.$$

С учетом выражения (2) АЧХ сквозного канала при воспроизведении собственной ВГ

$$K_{0\ l/l} = \bar{K}_0 \frac{K_{\text{з}_l} K_{\text{з}_l}(\Delta)}{K_{\text{з}_3} K_{\text{з}_3}(\Delta)}. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что установка коррекции  $K_{\text{з}_l}(\Delta) = \frac{K_{\text{з}_3} K_{\text{з}_3}(\Delta)}{K_{\text{з}_l}}$  позволяет сделать канал записи  $l$ -го видеомагнитофона идентичным эталонному видеомагнитофону и получить  $K_{0\ l/l} = \bar{K}_0$ .

Рассматривая аналогично настройку  $k$ -го видеомагнитофона, а затем комбинацию — ВГ  $l$ -го воспроизводится на  $k$ -м видеомагнитофоне, или наоборот, нетрудно убедиться, что факторы группы Б не ухудшают взаимозаменяемость.

Погрешности группы А проявляются при воспроизведении «чужой» и не проявляются при воспроизведении «собственной» ВГ. Рассматривая процесс настройки по ИЛ  $l$ -го и  $k$ -го видеомагнитофонов, а за-  
138

тем воспроизведение ВГ  $l$ -го на  $k$ -м видеоманитофоне, получим выражение для сквозной АЧХ [2]:

$$K_{0\ k/l} = \overline{K}_0 \delta K_0. \quad (4)$$

где

$$\delta K_0 = \frac{K_{B\ l/l} (A) K_{B\ k/l} (A)}{K_{B\ k/l} (A)}.$$

Таким образом, несмотря на использование ИЛ, сквозная АЧХ отличается от требуемого вида на величину  $\delta K_0$ , что отрицательно сказывается на взаимозаменяемости.

К группе  $A$  относится ряд факторов, среди которых следует выделить азимутальные перекосы в установке головок, а также различные дефекты их рабочих зазоров. Расчеты по оценке влияния азимутальных перекосов на качественные показатели в режиме взаимозаменяемости показывают [2], что параметры видеоманитофонов формата «С» соответствуют требуемым нормам, если азимутальные перекосы не превышают  $0,1^\circ$ .

Отрицательно сказываются на взаимозаменяемости также дефекты и неточности изготовления сердечника магнитной головки: непараллельность граней рабочего зазора (РЗ), а также его шероховатость, приводящая к случайным изменениям ширины РЗ и к искривлению его средней линии. Искривление средней линии РЗ вызывает нарушение синфазности намагничивания по ширине дорожки записи  $\omega$ , т. е. элементарные ВГ шириной  $d\omega$  оказываются смещенными по фазе по сравнению с записью идеальной головки. Если при записи и воспроизведении используется одна и та же головка, то ввиду совпадения характера искривления средней линии РЗ дополнительных волновых потерь не возникает. При использовании отдельных головок записи и воспроизведения из-за несоответствия характера искривления средних линий РЗ синфазность элементарных потоков в сердечнике воспроизводящей головки нарушается. При воспроизведении идеализированной ВГ с прямолинейным магнитным штрихом головкой со случайными искривлениями средней линии РЗ, подчиненными нормальному закону распределения, относительное изменение коэффициента передачи канала З-В определяется выражением [3]:

$$K_{З-В} / K_{(З-В)_{ид}} = \exp \left( - \frac{2 \pi \sigma^2}{\lambda^2} \right), \quad (5)$$

где  $K_{(З-В)_{ид}}$  — коэффициент передачи при использовании идеальной воспроизводящей головки (с прямолинейным РЗ);  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение средней линии РЗ от прямой линии;  $\lambda$  — длина волны записи.

На практике средние линии РЗ искривлены как у воспроизводящей, так и у записывающей головок. Если среднее квадратическое отклонение средних линий РЗ соответственно равны  $\sigma_3$  и  $\sigma_в$  и искривления РЗ в головках записи и воспроизведения некоррелированы, то полное среднее квадратическое отклонение равно  $\sigma_{3-В} = \sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_в^2}$ . Используя выражения (4) и (5), можно оценить влияние искривлений средней линии РЗ магнитной головки на взаимозаменяемость ВГ. При воспроизведении на  $k$ -м видеоманитофоне ВГ, записанной на  $l$ -м видеоманитофоне, неравномерность сквозной АЧХ

$$\frac{K_{0\ k/l}}{\overline{K}_0} = \exp \left[ - \frac{2 \pi^2}{\lambda^2} (\sigma_{lk}^2 + \sigma_{l/s}^2 - \sigma_{k/s}^2) \right]. \quad (6)$$

Расчет искажений выходного сигнала с использованием выражения (6) показывает, что для видеоманитофонов формата «С» иска-

жения (частотные, дифференциальные и др.) не превышают заданных норм, если среднеквадратическое отклонение средней линии РЗ магнитной головки не превышает 0,07—0,1 мкм.

Рассмотренные примеры показывают, что настройка видеомagnитофонов по ИЛ в ряде случаев не обеспечивает необходимых качественных показателей в режиме взаимозаменяемости. Для того чтобы в ближайшее время значительно улучшить функциональную взаимозаменяемость, необходимы работы в следующих направлениях: исследовательско-конструкторском, технологическом и метрологическом. Исследовательско-конструкторское направление охватывает широкий круг вопросов, связанных с выбором оптимальных характеристик отдельных элементов канала З-В (физических, геометрических и др.) и определением допустимых отклонений этих характеристик, исходя из требований к качественным показателям видеомagnитофона. Точность физических, геометрических и механических параметров при прочих равных условиях зависит от технологии изготовления и сборки отдельных узлов (в первую очередь, блока вращающихся видеоголовок). Поэтому технология производства должна развиваться с учетом принципа функциональной взаимозаменяемости. Необходимо также развивать метрологическое направление, так как назначение предельных отклонений и допусков имеет смысл лишь при наличии соответствующих методов измерений и измерительных средств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров А. В., Харитонов М. И. Использование измерительных лент для настройки видеомagnитофонов // Техника кино и телевидения, 1985, № 2, с. 29—33.
2. Рудман В. И., Дохновский М. И. Влияние перекосов магнитных видеоголовок на взаимозаменяемость видеограмм // Техника кино и телевидения, 1986, № 5, с. 34—37.
3. Маллинсон Дж. Влияние нелинейности рабочего зазора магнитной головки // Проблемы магнитной записи: Сб. переводов / Под ред. В. Г. Королькова. — М.: Энергия, 1975.

Статья поступила в редакцию 6 января 1986 г.

### МАГНИТНАЯ ЛЕНТА ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ НАКЛОННО-СТРОЧНОЙ ЗАПИСИ

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество видеоманитофонов форматов «С» и «В», требования к которым регламентируются публикациями МЭК [1, 2].

Очевиден интерес к лентам, используемым в этих видеоманитофонах. Лента шириной 25,4 мм была выпущена впервые в середине 60-х годов фирмой Амрех (США), в настоящее время такую ленту выпускают несколько фирм (табл. 1).

Таблица 1

Магнитные ленты шириной 25,4 мм

Тип ленты	Фирма, страна	Формат „С“	Формат „В“
CV 26R	BASF, ФРГ	—	+
CVE 26R		+	—
PEV 297	Agfa—Gevaert, ФРГ	—	+
Amrex 196	Amrex, США	+	+
Scotch 480	3M, США	+	+
EVT 1000	Eastman Kodak, США—Франция	+	+
V 16	Sony, Япония	+	—
H 621	Fiji, Япония	+	—
H 621 B		—	+
T4314—25 (установочные партии)	ПО „СВЕМА“, СССР	+	+

*Примечание.* Знак „+“ обозначает рекомендацию к использованию, знак „—“ — отсутствие такой рекомендации.

Был проведен анализ состава магнитного порошка, используемого в лентах, приведенных в табл. 1. По преимущественному содержанию порошка ленты можно разделить таким образом: на кобальтированном порошке  $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  изготовлены ленты Scotch 480, V 16, H 621; на двуокиси хрома  $\text{CrO}_2$  — ленты CV 26R, CVE 26R, PEV 297, T4314—25; на смеси порошков  $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{CrO}_2$  — лента Amrex 196.

Требования к лентам определены перечнем основных параметров и методиками контроля этих параметров, изложенными в публикации МЭК [3], а также нормами, устанавливаемыми фирмами-изготовителями лент. К числу основных параметров относятся: механические пара-

метры (ширина ленты, толщина, коробление, сабельность, абразивность, адгезионная прочность, коэффициенты трения, удлинение под нагрузкой и др.); магнитные параметры (коэрцитивная сила, остаточная индукция и др.); электрические параметры (поверхностное сопротивление рабочего и обратного слоев); параметры в видеоканале (оптимальный ток записи, отношение сигнал/шум, выпадение, износостойкость, время воспроизведения стоп-кадра, срок службы сигналограмм и др.); электроакустические параметры (ток оптимального ВЧ подмагничивания, чувствительность, АЧХ, нелинейные искажения, шумы, копирэфф-фekt, стирание и др.).

Наряду с перечисленными совпадающими требованиями к лентам, используемым в видеомагнитофонах форматов «В» и «С», имеются незначительные различия:

— рабочий слой ленты в рулоне должен быть обращен наружу (формат «В») или вовнутрь, т. е. к сердечнику катушки (формат «С»);

— контакт вращающихся головок с лентой в режиме «Стоп-кадр»: кратковременный — несколько секунд (формат «В») или продолжительный — от десятков минут и более часа (формат «С»);

— изгиб ленты на входе и выходе барабана меньше в видеомагнитофоне формата «В», нежели формата «С»;

— натяжение ленты на барабане меньше в видеомагнитофоне формата «В», нежели формата «С»;

— длина дорожки записи на ленте составляет приблизительно 85 мм (формат «В») и 412 мм (формат «С»), т. е. со стороны ленты легче обеспечить требования к сигналограмме с позиций взаимозаменяемости в видеомагнитофоне формата «В», нежели формата «С»;

— контакт ленты с видеоголовками более продолжительный в видеомагнитофоне формата «С», нежели формата «В», и поэтому абразивные свойства ленты, по-видимому, проявятся сильнее при прочих равных условиях в видеомагнитофоне формата «С».

Можно сказать, что требования к ленте, используемой в видеомагнитофоне формата «С», более высокие нежели требования к ленте, предназначенной к использованию в видеомагнитофоне формата «В».

Сравнение лент по проспектам фирм бывает затруднительным, так как испытания лент разными фирмами проводится подчас по неодинаковым методикам. Единственно надежное сравнение — это испытания лент на одном аппарате и по единой методике. Результаты таких испытаний, проведенных авторами статьи, приведены ниже. Здесь даны результаты испытаний по параметрам в видеоканале восьми типов лент, т. е. почти всех ныне серийно выпускаемых зарубежных лент и установочной партии отечественной ленты Т4314—25 (табл. 2). Проведены испытания шести типов лент по эксплуатационным параметрам (табл. 3).

В табл. 4 приведены данные испытаний восьми типов лент по электроакустическим параметрам.

В табл. 5 приведены проспектные данные по ряду геометрических и магнитных параметров лент.

Испытания лент были проведены в основном по методикам, изложенным в технических условиях, за исключением испытаний по параметрам «отношение сигнал/шум» и «износостойкость сигналограммы», которые испытаны по нестандартизованным методикам.

Пока не представляется возможным сообщить сведения о разбросе (в пределах каждого типа лент) результатов, перечисленных в табл. 2, 3 и 4, так как при проведении испытаний в распоряжении имелось лишь по одному рулону по некоторым из испытываемых типов лент.

Авторы статьи благодарят С. Р. Немцову и С. Н. Исаева за разрешение включить в статью сведения по электроакустическим параметрам лент, приведенным в табл. 4.

Таблица 2

## Результаты испытаний лент по параметрам в видеоканале

Параметры	CV 26R	PEV 297	Ampex 196	Scotch 480	EVT 1000	V 16	H 621	T4314—25
Относительная отдача, дБ	0	0,6	1,8	4,1	4,0	2,0	2,7	0,5
Отношение сигнал/шум, дБ	45,0	46,0	45,6	46,2	45,8	45,5	45,0	45,4
Относительный уровень шума, дБ	0	-1,0	-0,5	-1,2	-0,8	-0,5	0	-0,4
Число выпадений сигнала за 60 с (при порогах: по глубине $\leq -16$ дБ, по длительности выпадений $\geq 5$ мкс)	—	13,6	3,7	1,6	5,8	1,4	4,2	35÷50

Таблица 3

## Результаты испытаний лент по эксплуатационным параметрам

Параметры	CV 26R	Ampex 196	EVT 1000	V 16	H 621	T4314—25
Износостойкость сигналограммы:						
изменение отдачи, дБ	-0,8	-0,1	-0,6	-0,6	-1,0	-0,5
изменение АЧХ, дБ	0,4	0,25	0,5	0,4	0,4	0,4
„Стоп—кадр“:						
изменение отдачи после 30 мин сканирования видеоголовки по видеодорожке, дБ	-0,6	-2,0	-0,5	-0,3	-0,9	-0,5

Таблица 4

## Результаты испытаний лент по электроакустическим параметрам

Параметры	CV 26R	PEV 297	Ampex 196	Scotch 480	EVT 1000	V 16	H 621	T4314—25
Относительная величина тока оптимального высокочастотного подмагничивания, дБ	2,4	3,0	4,7	4,7	3,2	4,7	3,6	3,5
Относительная средняя чувствительность, дБ	-4,5	-3,5	-7,6	-3,2	-4,0	-6,5	-3,8	-7,0
Относительная АЧХ, дБ	8,0	6,5	4,0	4,2	7,5	5,0	6,1	4,0
Нелинейные искажения, %	4,6	3,0	3,3	4,3	5,8	4,7	5,0	5,0
Относительный уровень шума паузы, дБ	-64	-66	-53	-63	-62	-66	-62	-61
Относительный уровень копирэффекта, дБ	-58	-54	—	-54	-68	-53	-61	-52

Таблица 5

**Проектные данные по геометрическим и магнитным параметрам лент**

Параметры	CV 26R	CVE 26R	PEV 297	Ampex 196	Scotch 480	V 16	H 621	H 621B	T4314—25
Толщина, мкм									
общая	26,0	26,0	26±2	30,0 (макс.)	27,0	29,0	27,0	27,0	30 <sup>+0</sup> <sub>-2</sub>
рабочего слоя	5,5	5,5	5,0	5,6 (номин.)	6,0	6,0	5,0	5,0	—
основы	19,0	19,0	19,0	22,6 (номин.)	21,0	21,0	22,0	22,0	—
обратного слоя	1,5	1,5	2,0			2,0	—	—	≤ 4,0
Ширина, мм	25,35±0,025	25,35±0,025	25,35±0,025	25,35±0,025	25,35±0,025	25,4 <sup>+0</sup> <sub>-1</sub>	25,35±0,025	25,35±0,025	25,35±0,025
Коэрцитивная сила, Э	500	500	500	500	710	670	660	660	660

- Примечания.* 1. Сведения по ленте T4314—25: толщина (общая и обратного слоя) и ширина указаны согласно проекту ТУ на ленту; коэрцитивная сила ленты измерена.  
2. Сведения по зарубежным лентам взяты из проспектов на соответствующие ленты.

## В ы в о д ы

Серийно выпускаемые зарубежные ленты обеспечивают требования, предъявляемые к ним в профессиональных видеомагнитофонах тех форматов, в которых рекомендуется их использование.

Серийный выпуск отечественной ленты Т4314—25 предусматривается с 1989 года.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Type C helical video tape recorders. — IEC Standard, Publication 558, 1982.
2. Type B helical video tape recorders. — IEC Standard, Publication 602, 1980.
3. Measuring methods for video tape properties. — IEC Standard, Publication 735, 1982.

Статья поступила в редакцию 21 декабря 1987 г.

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

УДК 681.846.7 : 621.397

Внедрение видеомagneтофонов «Кадр-103СЦ» в телевизионное вещание / Л. Г. Лишин // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомagneтофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 3—14.

Рассматриваются вопросы выбора формата «С» для профессионального телевещания, устройство студийного одноголовочного видеомagneтофона «Кадр-103СЦ», виды монтажных систем для этого видеомagneтофона и пути его внедрения на телецентрах страны.

УДК 681.846.73

Особенности лентопротяжного механизма видеомagneтофона «Кадр-103СЦ» / Ю. В. Бондарев, А. В. Михневич, В. С. Пушков, В. М. Ральф // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомagneтофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 15—24.

Рассматриваются особенности ЛПМ видеомagneтофона «Кадр-103СЦ» по сравнению с ЛПМ студийных зарубежных видеомagneтофонов, работающих по формату «С».

УДК 681.846.73

Многофункциональная работа натягивающих ленту подпружиненных роликов в видеомagneтофоне «Кадр-103СЦ» / А. В. Михневич, В. С. Пушков // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомagneтофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 25—36.

Рассмотрен случай удачного совмещения нескольких функций, выполняемых натяжными роликами в видеомagneтофоне «Кадр-103СЦ». Дана методика выбора, синтеза и расчета механических характеристик натяжного ролика, а также расчета его важнейших параметров. Показана возможность дальнейшего улучшения защитных свойств натяжного ролика. Указано на желательность и практическую возможность использования в некоторых аппаратах натяжных роликов с отрицательной приведенной к ленте жесткостью.

УДК 681.846.7 : 621.397

Система управления видеомagneтофона «Кадр-103СЦ» / С. Г. Волчек, В. А. Голованов, В. В. Гольцов // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомagneтофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 37—47.

Рассматриваются особенности построения системы управления видеомagneтофона «Кадр-103СЦ» и принципы работы ее отдельных узлов и блоков.

УДК 681.846.7 : 621.397

Канал изображения видеомagneтофона «Кадр-103СЦ» / Л. Г. Лишин, В. Л. Хавин, А. В. Колпаков, В. И. Каляев // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомagneтофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 48—55.

Рассмотрены особенности построения и характеристики канала изображения профессионального видеомagneтофона формата С/ЕВU «Кадр-103СЦ».

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

Система автоматического регулирования частоты вращения двигателя БВГ видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» / В. И. Лазарев, О. В. Михайкина, А. О. Яковлев // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 56—62.

Рассматриваются принципы работы синхронного привода двигателя постоянного тока в системе САР—СД видеомагнитофона «Кадр-103СЦ», а также способы настройки САР видеомагнитофона с целью выполнения требований формата «С». Дается описание отдельных узлов системы.

## УДК 681.846.73

Регулирование скорости ленты в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» при воспроизведении / В. И. Лазарев, И. А. Ханевский, Т. И. Леус // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. // ВНИИТР. — М., 1989. — С. 63—68.

Описывается структурная схема цифровой системы САР-СЛ видеомагнитофона «Кадр-103СЦ», реализованной на дискретных элементах. Рассмотрено изменение структуры САР в различных режимах работы видеомагнитофона, приведены схемы и описание принципа работы основных узлов системы регулирования.

## УДК 681.846.73

Взаимное фазирование САР-СД и САР-СЛ в видеомагнитофоне формата «С» / В. И. Лазарев, В. А. Голованов // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 69—74.

Рассматриваются принципы фазирования САР-СД и САР-СЛ с целью выполнения требований формата «С». Описывается методика фазирования САР видеомагнитофонов «Кадр-103СЦ», обеспечивающая точное воспроизведение ТВ-сигнала в условиях взаимозаменяемости без ручной регулировки САР-СД и САР-СЛ.

## УДК 681.846.7 : 621.397

Система автотрекинга видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» / В. Г. Сошников, Г. В. Фридлянд, И. В. Фридлянд // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 75—81.

Рассмотрена работа системы автотрекинга (САТ) видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» в различных режимах воспроизведения изображения. Приведена структурная схема САТ и изложены принципы построения основных ее элементов.

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

Встроенная система монтажа в профессиональном наклонно-строчном видеомагнитофоне / А. С. Шапиро, В. А. Голованов // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 82—94.

Формулируются основные требования к встроенной системе монтажа профессионального наклонно-строчного видеомагнитофона и отмечаются особенности ее построения. Описывается процесс записи сигналов изображения и звука в режиме монтажа, обосновывается выбор алгоритмов работы встроенной системы в режимах автоматического управления и приводятся алгоритмы работы в режимах «Поиск» и «Автоматический монтаж». Описана структурная схема встроенной системы монтажа видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» и приведены основные параметры этой системы.

УДК 681.846.7 : 621.397

О согласовании магнитной головки с каналом записи видеомагнитофона / Г. Г. Репман // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи : Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 95—101.

Рассмотрена методика расчета согласования магнитной головки с каналом записи видеомагнитофона, обоснован выбор схемного решения усилителя записи. Приведен расчет неравномерности амплитудно-частотной характеристики по току записи, исследована стабильность характеристик.

УДК 621.318.134 : 681.84.083.82

Ферриты для магнитных головок и токосъемников видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» / В. М. Жижина, М. Ю. Залесский, Н. В. Поликарпова // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 102—106.

Рассматриваются требования к ферритам, применяющимся в узлах профессиональных видеомагнитофонов наклонно-строчной записи формата «С». Дается краткий обзор технологии изготовления ферритов для сердечников видеоголовок, головок стирания звука и деталей бесконтактных токосъемников. Приводятся методики, позволяющие измерять электромагнитные параметры непосредственно ферритовых заготовок, предназначенных для изготовления видеоголовок. Сообщаются результаты использования разработанных ферритов в узлах профессиональных видеомагнитофонов.

УДК 681.846.7 : 621.397

Система электропитания и привода видеомагнитофона «Кадр-103СЦ» / А. А. Федосов, В. А. Ханевский, К. К. Нахтигаль // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомагнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — 1989. — С. 107—116.

Рассмотрены основные концепции, положенные в основу разработки системы. Проведен анализ построения аналоговых стабилизаторов напряжения с предельным КПД. Обоснованы принципы построения электронной защиты. Дан сравнительный анализ технических параметров по отношению к видеомагнитофонам второго поколения.

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

**Влияние шумоподавляющего фильтра на качественные показатели видеомангнитофона / М. И. Д о х н о в с к и й // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомангнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 117—125.**

На математической модели канала изображения видеомангнитофона исследовано влияние шумоподавляющего фильтра на различные виды искажений воспроизводимого видеосигнала. Рассмотрены вопросы накопления этих искажений при многократной перезаписи.

**«Цифра-101» — цифровой корректор временных искажений видеомангнитофона «Кадр-103СЦ» / А. Б. Ш т е й н, О. А. Гергель, В. З. Хаимов, В. Е. Гордеев // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомангнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 126—135.**

Рассматриваются особенности построения цифрового корректора временных искажений «Цифра-101», предназначенного для работы с видеомангнитофоном формата «С». Особое внимание уделено вопросам формирования дискретизирующих импульсов, организации системы ЗУ, цифровой обработке сигналов, конструкции и эксплуатации данного устройства.

**О взаимозаменяемости видеogramм / М. И. Х а р и т о н о в // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомангнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 136—140.**

Рассмотрены различные факторы, влияющие на взаимозаменяемость видеogramм по электрическим параметрам. Намечены пути улучшения взаимозаменяемости видеogramм.

**Магнитная лента для профессиональных видеомангнитофонов наклонно-строчной записи / Л. З. Р а т м а н с к и й, В. Г. Ш и л о в // Проблемы разработки и внедрения в телевизионное вещание видеомангнитофонов наклонно-строчной записи: Сб. науч. тр. / ВНИИТР. — М., 1989. — С. 141—145.**

Сообщаются сведения о типах магнитных лент для видеозаписи шириной 25,4 мм и рекомендации по использованию лент в видеомангнитофонах форматов «В» и «С». Рассматриваются особенности их эксплуатации. Приведены результаты испытаний лент.

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

## СОДЕРЖАНИЕ

Лишин Л. Г. Внедрение видеомагнитофонов «Кадр-103СЦ» в телевизионное вещание	3
Бондарев Ю. В., Михневич А. В., Пушков В. С., Ральф В. М. Особенности лентопротяжного механизма видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	15
Михневич А. В., Пушков В. С. Многофункциональная работа натягивающих ленту подпружиненных роликов в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ»	25
Волчек С. Г., Голованов В. А., Гольцов В. В. Система управления видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	37
Лишин Л. Г., Хавин В. Л., Колпаков А. В., Каляев В. И. Канал изображения видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	48
Лазарев В. И., Михайкина О. В., Яковлев А. О. Система автоматического регулирования частоты вращения двигателя БВГ видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	56
Лазарев В. И., Ханевский И. А., Леус Т. И. Регулирование скорости ленты в видеомагнитофоне «Кадр-103СЦ» при воспроизведении	63
Лазарев В. И., Голованов В. А. Взаимное фазирование САР-СД и САР-СЛ в видеомагнитофоне формата «С»	69
Сошников В. Г., Фридлянд Г. В., Фридлянд И. В. Система автотрекинга видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	75
Шапиро А. С., Голованов В. А. Встроенная система монтажа в профессиональном наклонно-строчном видеомагнитофоне	82
Репман Г. Г. О согласовании магнитной головки с каналом записи видеомагнитофона	95
Жижина В. М., Залесский М. Ю., Поликарпова Н. В. Ферриты для магнитных головок и токосъемников видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	102
Федосов А. А., Ханевский В. А., Нахтигаль К. К. Система электропитания и привода видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	107
Дохновский М. И. Влияние шумоподавляющего фильтра на качественные показатели видеомагнитофона	117
Штейн А. Б., Гергель О. А., Хаймов В. З., Гордеев В. Е. «Цифра-101» — цифровой корректор временных искажений видеомагнитофона «Кадр-103СЦ»	126
Харитонов М. И. О взаимозаменяемости видеogramм	136
Ратманский Л. З., Шилов В. Г. Магнитная лента для профессиональных видеомагнитофонов наклонно-строчной записи	141

ПУСТАЯ  
СТРАНИЦА

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ  
В ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ  
ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ НАКЛОННО-СТРОЧНОЙ ЗАПИСИ

Сборник научных трудов

Редактор *А. Ф. Ермолаева*

---

Сдано в набор 23.08.88  
Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Тираж 700 экз.

Подписано в печать 5.06.89  
Печ. л. 9,75+1 вкл. Усл. печ. л. 13,65  
Заказ 1730

Л-26950  
Уч.-изд. л. 10,9  
Цена 2 руб.

---

Типография ВНИИПМ. Москва, Б. Полянка, 43.