

# Цветной видеомагнитофон «Электроника-551 Видео»

И. М. Александров, Р. П. Бессуднов,  
В. П. Ковцов, Ю. В. Королев

Быстрое развитие техники цветного ТВ, увеличение объема цветного телевидения и рост выпуска цветных ТВ приемников поставили задачу ускорения разработки и серийного выпуска видеомагнитофонов (ВМ) широкого применения для записи и воспроизведения цветных телепрограмм.

Рассматриваемый цветной ВМ «Электроника-551 Видео» (рис. 1) является следующей разработкой ВМ с использованием полукадрового способа записи. В качестве базовой модели был принят ВМ «Электроника Л1-08» [1], показавший высокие эксплуатационные качества: надежность в работе, большой срок службы видеоголовок и магнитной ленты, ремонтпригодность, простоту управления и обслуживания. При создании новой модели ВМ решались следующие задачи:

- сохранение длительности записи программы на уровне базовой модели;
- возможность работы от источников питания 220 В, 50 Гц и +12 В;
- максимальная унификация деталей и узлов ВМ с базовой моделью;
- использование интегральных схем (ИС) в электронной части ВМ;
- разработка блока обработки сигнала цветности;
- улучшение лентопротяжного механизма (ЛПМ) для обеспечения записи цветного ТВ сигнала.

## Лентопротяжный механизм

Основными параметрами ЛПМ, определяющими его качество, являются стабильность мгновенной и средней скорости ленты. По стандарту МЭК для записи и воспроизведения цветного ТВ сигнала коэффициент детонации и нестабильность средней скорости, оцениваемая ее дрейфом, не должна превышать  $\pm 0,3\%$  [2], тогда как для черно-белого сигнала она может быть равной  $\pm 2\%$ . Электро-

привод ведущего вала базовой модели, имеющий асинхронный двигатель КД6-4, который работает без системы авторегулирования (САР), не удовлетворял требованиям, не имел резерва повышения стабильности и поэтому не мог быть принят за основу для вновь разрабатываемого ЛПМ без качественной принципиальной доработки.

В результате конструктивного и экономического анализа и сопоставлений выбрана кинематическая схема ЛПМ (рис. 2), по топологии аналогичная базовой [3], но имеющая привод от двух однофазных электродвигателей постоянного тока с интегральной обмоткой якоря (ДИО) [4], работающих в САР. Один из двигателей вращает диск с видеоголовками, а второй — ведущий вал осуществляет подмотку и перемотку ленты. Выбор указанных ДИО определился следующими факторами:

двигатели просты по конструкции, технологичны, и при серийном производстве их применение дает ощутимый экономический эффект;

двигатели совместно с САР обеспечивают высокую стабильность мгновенной и средней скоростей ленты и диска с видеоголовками;

двигатели постоянного тока обеспечивают работу ВМ от источника как переменного, так и постоянного тока;

габариты и пропорции двигателя дают возможность полнее использовать внутреннее пространство ВМ и улучшить его компоновку.

С целью повышения стабильности вращения диска с видеоголовками и упрощения конструкции

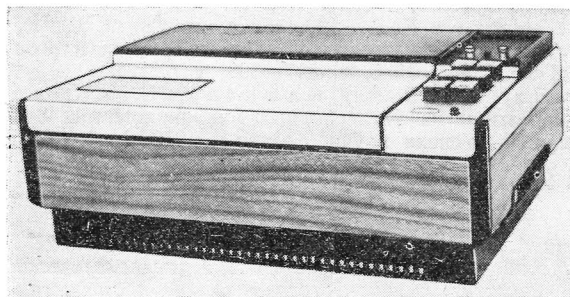


Рис. 1. Общий вид видеомагнитофона «Электроника-551 Видео»

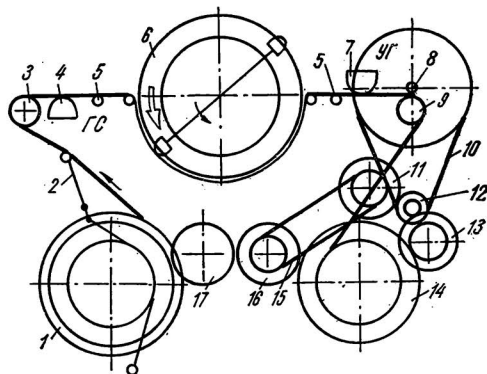


Рис. 2. Лентопротяжный механизм:

- 1 — подающий узел; 2 — регулятор натяжения ленты; 3 — направляющий ролик; 4 — стирающая головка; 5 — направляющая колонка; 6 — блок вращающихся видеоголовок; 7 — синхровзвучковая головка; 8 — ведущий вал; 9 — прижимной ролик; 10 — плоский ремень; 11 — шкив; 12 — ведущий двигатель; 13 — фрикцион подмотки; 14 — приемный узел; 15 — квадратный ремень; 16 — шкив; 17 — шкив

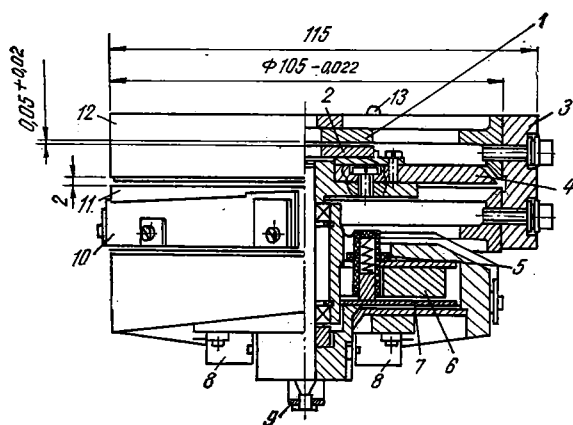


Рис. 3. Блок вращающихся видеоголовок:

1 — статор индукционного токосъемника; 2 — ротор индукционного токосъемника; 3 — соединительная скоба; 4 — диск с видеоголовками; 5 — щеточный узел; 6 — магнит; 7 — якорь; 8 — датчик оборотов; 9 — заземление; 10 — направляющая; 11 — нижний барабан; 12 — верхний барабан; 13 — направляющий штырь

блока вращающихся головок (БВГ) в отличие от базовой модели в цветном ВМ применен прямой привод [5] — двигатель непосредственно встроен в БВГ (рис. 3).

Для упрощения юстировки датчики скорости вращения видеоголовок размещены на крышке ДИО под БВГ.

Второй двигатель ременной передачей связан с маховиком ведущего вала. Характерной особенностью ведущего вала является наличие на его поверхности, взаимодействующей с лентой, обремененных поясков, увеличивающих сцепление вала с лентой и дающих возможность уменьшить прижим к валу прижимного ролика и тем самым разгрузить подшипниковые узлы, что способствует повышению стабильности вращения вала. Для устранения передачи возмущений на ведущий вал со стороны узла подмотки на второй двигатель установлен маховик.

С целью упрощения юстировки ЛПМ и снижения точности сборки БВГ несколько изменена траектория движения ленты — угол охвата лентой БВГ увеличен до  $182^\circ$ .

В большинстве узлов ЛПМ для уменьшения акустических шумов и снижения себестоимости применены прецизионные самосмазывающиеся калиброванные подшипники скольжения типа пористой бронзы.

В аппаратуре магнитной записи, как известно, наибольшей трудоемкостью изготовления обладает ЛПМ из-за необходимости обеспечить повышенную точность деталей и сборок прецизионных узлов. Поэтому вопрос преемственности и унификации ЛПМ является наиболее важным и успешное его

решение ведет к резкому сокращению сроков и затрат на проектирование и освоение. Однако высокий уровень унификации и стандартизации не должен достигаться за счет снижения технических характеристик. Для цветного ВМ найдена оптимальная величина коэффициента применяемости, которая равна 73%.

### Электронная часть ВМ

Электронные блоки базируются на комплекте гибридных ИС, имеющих повышенную степень интеграции. В большинстве ИС число транзисторов увеличено до 12. Разработка и использование ИС нового поколения обеспечили минимальное количество навесных элементов в блоках и тем самым существенно упростили изготовление ВМ. Применяемость ИС приведена в таблице.

Система ВМ	Наименование микросхем	Шифр	Количество
САР	Формирователь импульсов специальной формы	K245AF2	2
	Схема задержки	K245BP2	4
	Частотный детектор	K245DC1	3
	Преобразователь частоты 2	K245PC2	2
Селектор	Формирователь сигналов индукционных датчиков	K245AF1	2
	Схема задержки импульсов	K245BP1	1
Видео	Усилитель воспроизведения	K401	2
	Усилитель-ограничитель	K245UD1	2
	Видеоусилитель	K245UP6	1
	Преобразователь частоты 1	K245PC1	1
Звук	Усилитель записи и воспроизведения	K522	2
	Генератор стирания	K278GC1	1
Питание	Стабилизатор	K278EN1	1
	Стабилизатор	K278EN2	1
Итого			24

Схема ВМ состоит из следующих частей: видеоканал, включающий селектор, преобразователи сигналов цветности и яркости, предварительный усилитель и корректоры;

САР, содержащая систему авторегулирования видеоголовок (САР ВГ), систему авторегулирования скорости ленты (САР СЛ) и опорный генератор; звуковой канал;

стабилизированный источник питания.

## Видеоканал

Видеоканал обеспечивает обработку как черно-белого, так и цветного видеосигнала. Особенности записи цветного видеосигнала по системе СЕКАМ при полукадровом способе изложены в [6]. Запись производится методом переноса спектра из диапазона 3,8—4,8 МГц в область низких частот 0,2—1,2 МГц, свободную от составляющих частотно-модулированного (ЧМ) яркостного сигнала. При записи на ленте несущей ЧМ сигнала яркости  $f_{Я}$  и цветовой поднесущей  $f'_{цв}$  из-за нелинейности канала неизбежно появление комбинационных составляющих, создающих на выходе частотного демодулятора яркостного сигнала помехи вида «муар». Помехи возникают и в канале цветности из-за особенностей метода переноса. Крайние верхние частоты  $f'_{цв}$ , частоты опорного генератора  $f_{Г}$  и интермодуляционные частоты  $f_{Г} \pm mf'_{цв}$  группируются в узкой полосе частот и отделить цветовую поднесущую от мешающих компонент достаточно сложно.

Запись и воспроизведение цветовой поднесущей, необходимость разделения спектров сигналов яркости и цветности при воспроизведении выдвигают дополнительные требования к видеоканалу цветного ВМ по отношению к черно-белому ВМ.

Функциональная схема видеоканала приведена на рис. 4. В состав ее входят модулятор 1 с усилителем записи, двухканальный индукционный токосъемник 2, усилитель воспроизведения (УВ) 3, корректор ЧМ сигнала яркости 4, демодулятор 5 и преобразователь сигнала цветности 6. В модуляторе 1 помимо обычной обработки видеосигнала яркости и преобразования в ЧМ сигнал осуществляется его суммирование с перенесенной цветовой поднесущей  $f'_{цв}$ . Для выравнивания временного расхождения между сигналом яркости и цветности входной видеосигнал задерживается на 0,5 мкс.

Из-за использования полукадрового способа записи коммутация вторичной обмотки «запись-воспроизведение» индукционного токосъемника выполняется только по одной видеоголовке.

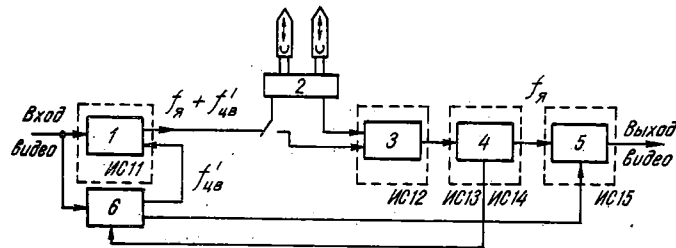


Рис. 4. Функциональная схема видеоканала: 1 — модулятор; 2 — индукционный токосъемник; 3 — двухканальный усилитель воспроизведения; 4 — корректор ЧМ сигнала яркости; 5 — демодулятор; 6 — преобразователь сигнала цветности

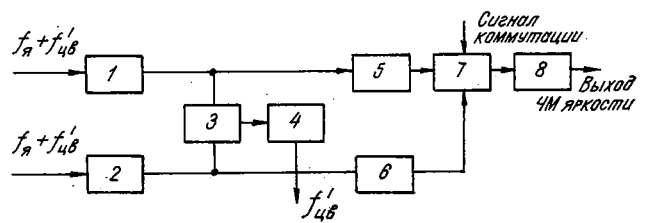


Рис. 5. Структурная схема корректора: 1, 2 — корректоры резонанса входной цепи усилителя воспроизведения; 3 — сумматор сигнала цветности; 4 — фильтр низкой частоты 2 МГц; 5—6 — корректоры частотной характеристики; 7 — коммутатор каналов ЧМ сигнала яркости; 8 — фильтр высокой частоты 1,2 МГц

УВЗ и корректор ЧМ сигнала 4 также имеют по два канала; корректор 4 предназначен для коррекции сквозной частотной характеристики видеоканала, суммирования сигналов с двух видеоголовок и разделения воспроизводимых сигналов яркости и цветности. Функциональная схема его изображена на рис. 5. Корректоры резонанса 1 и 2 устраняют фазовые и частотные искажения в ЧМ сигнале, возникающие при его прохождении через резонансную цепь видеоголовки — УВ. Уменьшение уровня несущей сигнала яркости корректорами способствует лучшему отделению цветовой поднесущей  $f'_{цв}$  от несущей сигнала яркости  $f_{Я}$ . В сумматоре 3 сигналы обоих каналов складываются, а фильтр низкой частоты (ФНЧ) 4 осуществляет предварительное отделение  $f'_{цв}$  от  $f_{Я}$ .

Частотные корректоры 5, 6 компенсируют волновые потери яркостного канала, подавляя одновременно цветовую поднесущую  $f'_{цв}$ , являющуюся помехой для яркостного сигнала. Несущая  $f_{Я}$  с двух видеоголовок суммируется в коммутаторе 7, управляемом импульсами, поступающими от двух датчиков БВГ. Более глубокое ослабление  $f'_{цв}$  до —40 дБ осуществляется фильтром высокой частоты (ФВЧ) 8.

На демодулятор 5 (см. рис. 4) поступает суммарный сигнал двух видеоголовок. Здесь ЧМ сигнал преобразуется в видеосигнал, который для компенсации временного сдвига между сигналами яркости и цветности задерживается на 1 мкс, и в него замешивается цветовая поднесущая  $f'_{цв}$ .

Величина комбинационных составляющих в сигнале яркости зависит от величины тока записи цветовой поднесущей  $I'_{цв}$ . Согласно рекомендации МЭК, для системы СЕКАМ соотношение  $I'_{цв}/I_{Я}$  должно быть равно —20—22 дБ и неизменно в диапазоне девиации перенесенной цветовой поднесущей. Результаты настройки и эксплуатации опытных образцов цветных ВМ, имеющих обработку сигнала цветности согласно рекомендациям МЭК, показали, что обеспечить хорошее качество

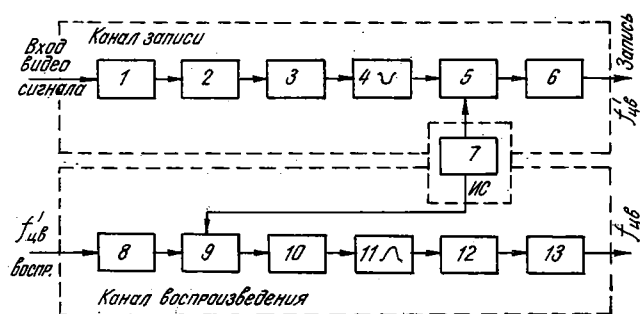


Рис. 6. Функциональная схема преобразователя сигнала цветности:

1 — полосовой фильтр; 2 — схема декоррекции «клевш»; 3 — ограничитель; 4 — схема предкоррекции; 5 — преобразователь канала записи; 6 — фильтр низкой частоты; 7 — опорный генератор; 8 — фильтр низкой частоты; 9 — преобразователь канала воспроизведения; 10 — полосовой фильтр; 11 — схема декоррекции; 12 — ограничитель; 13 — схема предкоррекции «антиклевш»

изображения по «уровню» муара трудно. Канал цветности требует тщательной настройки, зависящей от параметров видеоголовок и ленты. Уменьшение тока  $I_{цв}$  ниже уровня — 20—22 дБ ведет к увеличению зашумленности цветного изображения. Поэтому с целью уменьшения перекрестных искажений канал цветности был дополнен специальным устройством обработки цветовой поднесущей, позволяющим уменьшить  $I_{цв}$  без ухудшения отношения сигнал/шум.

Функциональная схема преобразователя сигнала цветности изображена на рис. 6. В режиме записи сигнал цветности выделяется из полного видеосигнала полосовым фильтром (ПФ) 1. Затем цветовая поднесущая проходит обработку, включающую в себя декоррекцию схемой фильтра «клевш» 2, ограничение 3 и повторную коррекцию схемой типа «антиклевш» 4, резонансная частота и добротность которой изменены в сравнении со стандартными значениями. С помощью преобразователя 5 и опорного генератора 7 сигнал цветности переносится в диапазоны 0,3—1,1 МГц. Перенесенная цветовая поднесущая отделяется ФНЧ 6.

При воспроизведении  $f_{цв}$  выделяется из суммарного сигнала  $f_{я} + f_{цв}$  ФНЧ 8, который дополнительно подавляет несущую сигнала яркости  $f_{я}$  до уровня 40 дБ и переносится в исходный частотный диапазон преобразователем 9 и отделяется ПФ 10. После ПФ цветовая поднесущая подвергается обработке в схеме декоррекции 11, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) которой обратна АЧХ схемы предкоррекции 4 в канале записи, и проходит ограничитель 12 и схему предкоррекции «антиклевш». Характеристика схем

предкоррекции 4 и декоррекции 11 (частота настройки и полоса пропускания) выбраны исходя из требований максимального подавления комбинационных составляющих на высших частотах девиации (при передаче голубого и зеленого цветов) на выходе преобразователя канала воспроизведения.

Таким образом, введение схем предкоррекции и «декоррекции» в каналы записи и воспроизведения сигнала цветности позволило уменьшить величину тока записи цветной поднесущей и тем самым снизить перекрестные искажения вида  $(mf_{я} \pm nf_{цв})$  в воспроизводимом видеосигнале.

Полоса воспроизведения частот видеоканала 2,5 МГц, сигнал/шум 40 дБ.

### Системы авторегулирования

В ВМ применены две системы авторегулирования — видеоголовок (САР ВГ) и скорости ленты (САР СЛ). Их функциональные схемы — двухконтурная система, включающая частотную и фазовую петли (рис. 7, 8), аналогичны ВМ «Электроника Л1-08».

САР ВГ работает в режиме стабилизации скорости вращения видеоголовок, и опорные импульсы для нее формируются из кадровых импульсов видеосигнала в режиме записи и их сетевого напряжения частоты 50 Гц в режиме воспроизведения. В частотной петле сформированные сигналы датчика БВГ поступают на мультивибратор задержки 11 (рис. 7), с одного плеча которого импульсы подаются на формирователь трапециевидальных импульсов 5, а с другого с задержкой на 24 мс — на управляемый мультивибратор задержки 6 и далее на формирователь стробирующих импульсов 7. На частотный дискриминатор (ЧД), выполненный по схеме диодного моста, поступают противофазные стробирующие импульсы и трапециевидальные импульсы. Мгновенное значение уровня наклонного фронта трапециевидальных импульсов (сигнал ошибки) запоминается конденсатором памяти на время между выборками и через усилитель постоянного тока 9, в цепь обратной связи которого включен корректирующий фильтр 13, управляет скоростью вращения ДИО. Опорные импульсы фазовой петли частотой 25 Гц поступают на мультивибратор задержки 1 и далее через формирователь стробирующих импульсов 2 на фазовый дискриминатор (ФД) 3, схема которого аналогична ЧД. Выделенный в нем сигнал ошибки, пройдя корректирующий фильтр 4, регулирует длительность задержки управляемого мультивибратора задержки 6 так, чтобы фазовое рассогласование между задержанными импульсами опорного сигнала и импульсами датчика БВГ было доведено до номинального значения.

Для формирования опорных импульсов напря-

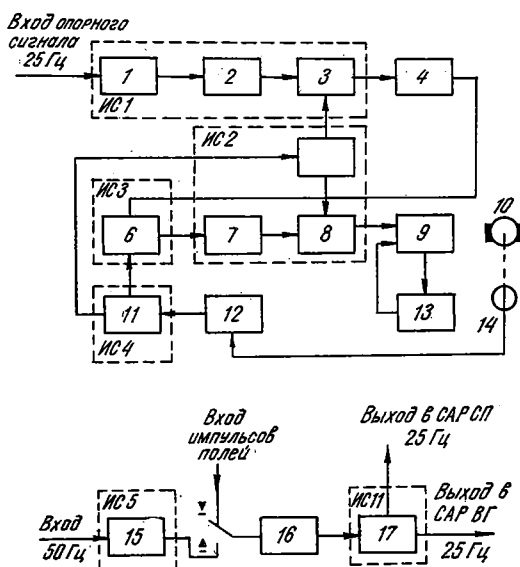


Рис. 7. Система САР ВГ:

1; 11 — мультипликаторы задержки; 2; 7 — формователи стробирующих импульсов; 3 — фазовый дискриминатор; 4; 13 — корректирующие фильтры; 5 — формователь трапецеидальных импульсов; 6 — управляемый мультипликатор задержки; 8 — частотный дискриминатор; 9 — усилитель постоянного тока; 10 — ДИО; 12 — формователь импульсов датчика БВГ

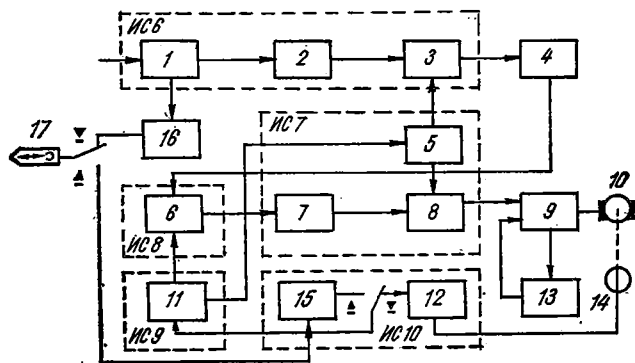


Рис. 8. Система САР ВД:

14 — датчик БВГ; 15 — ограничитель; 16 — генератор опорных импульсов; 17 — делитель частоты на 2

жение со вторичной обмотки силового трансформатора подается на ограничитель 15, формирующий прямоугольные импульсы. Эти импульсы в режиме воспроизведения или импульсы частоты полей в режиме записи синхронизируют генератор опорных импульсов 16, частота выходного напряжения которого делится на два триггером 17. Введение генератора 16 исключает срывы синхронизации ВМ в режиме записи при выпадении кадровых синхроимпульсов во входном видеосигнале.

При записи САР СЛ работает в режиме стаби-

лизации скорости ленты, а при воспроизведении — в режиме регулирования. Функционирование САР СЛ в основном аналогично САР ВГ, но имеются отличия. В режиме записи задержанные опорные импульсы после мультипликатора задержки 1 формируются в соответствии с требованиями МЭК и, пройдя усилитель записи 16, записываются на ленту в зоне кадровых гасящих импульсов универсальной синхрозвуковой головкой 17. В режиме воспроизведения эти импульсы считываются этой же головкой, усиливаются и ограничиваются в усилителе воспроизведения 15 и используются в качестве опорных вместо импульсов датчика вала. В этом режиме САР СЛ фазирует импульсы управления с ленты относительно опорных импульсов частоты.

Динамическая точность работы в режиме записи САР ВГ не хуже  $\pm 20$  мкс, САР СЛ — не хуже  $\pm 200$  мкс. Время захвата для обеих систем по частотной петле не более 3 с, по фазовой петле — не более 6 с.

## Звуковой канал

Звуковой канал ВМ имеет такое же схемотехническое решение, что и ВМ «Электроника Л1-08». В усилителях записи и воспроизведения применена ИСК522, показавшая надежную работу в ВМ «Электроника Л1-08». Для генератора подмагничивания и стирания применена вновь разработанная толстопленочная ИСК278 ГС1, в основу которой положена схема генератора базовой модели. Генератор работает совместно с новой унифицированной одноканальной головкой стирания ФГС-1. Новая универсальная синхрозвуковая головка 12Д33Д1 имеет три канала: два канала предназначены для записи-воспроизведения звука один канал — для записи-воспроизведения сигнала управления. Синхрозвуковая головка унифицирована для ВМ этого класса и обеспечивает запись фоно- и синхрограмм в соответствии с требованиями МЭК.

Полоса частот звукового канала 100—10000 Гц при отношении сигнал/шум 38 дБ.

## Схема питания и коммутации

В связи с использованием в ВМ двух ДИО электронная часть полностью переведена на постоянное напряжение +12 В и +9 В. Силовой трансформатор типа ТС60-4 имеет мощность 60 В·А.

Система коммутации обеспечивает работу ВМ в режимах записи и воспроизведения цветного и черно-белого ТВ сигнала, стоп-кадра, записи программ с телеприемника или телекамеры.

Потребляемая мощность ВМ — 65 Вт.

## Конструкция видеомагнитофона

При определении варианта конструктивного решения ВМ было выдвинуто требование — максимальная унификация конструкции с моделью «Электроника-Л1-08». Компоновкой внутренних объемов и конструкцией в целом предусмотрено деление ВМ на три основные части: ЛПМ, содержащий узлы управления, электронная часть, детали и узлы внешнего оформления. Основой ВМ и несущей конструкцией для всех узлов, как и в базовой модели, является плата ЛПМ. С двух сторон, по краям плата снабжена кронштейнами, соединяющими воедино практически все основные части корпуса и конструкции в целом. При компоновке электронной части принято сочетание плоского размещения блоков с их двухэтажным расположением. Такой прием позволил эффективнее заполнить внутреннее пространство ВМ и максимально сократить межблочные связи. Блоки, за исключением питания и трех печатных плат, закреплены на единой откидной раме, на которой сгруппированы преобразователи сигналов цветности и яркости, блок САР, селектор и блок звукового канала. Рама эластичной петлевой частью жгута соединена с платой ЛПМ. Для приближения систем к источникам сигналов генератор подмагничивания размещен рядом с головкой стирания, а корректоры придвинуты к БВГ. Блок питания, включающий силовой трансформатор ТС60-4, выпрямитель и стабилизатор, установлены снизу на плате ЛПМ.

Применение в электронных блоках новой серии ИС позволило разместить электронную часть в два раза большую, чем у базовой модели, практически в том же объеме.

Внутриблочные электрические соединения выполнены с помощью одностороннего печатного монтажа.

Элементы коммутации, не требующие оперативного доступа, сгруппированы в одном месте на отгибе рамы и расположены на правой стороне ВМ в нише боковой стенки днища. К этой группе элементов относятся переключатели «Цвет», «Телевизор — камера» и «Стоп - кадр», разъемы «Линия», «Телевизор», «Камера». Такое положение элементов коммутации позволило приблизить их к источникам коммутируемых сигналов с одной стороны и выполнить требование эргономики — с другой.

На задней стенке ВМ имеются ввод сетевого шнура и разъем для подключения источника постоянного напряжения  $+12$  В.

## Выводы

1. Выпуск опытной партии ВМ «Электроника-551 Видео» подтвердил правильность заложенных в ВМ технических решений.

2. Применение полукадрового способа записи цветного изображения при выполнении требований МЭК к качеству воспроизводимого цветного изображения позволило в два раза увеличить длительность программы.

3. Введение обработки ЧМ сигнала и дополнительных коррекций в канал записи - воспроизведения цвета позволило уменьшить перекрестные искажения между сигналами яркости и цветности и уровень «муара» в сигнале цветности за счет снижения тока записи сигнала цветности по сравнению с рекомендацией МЭК.

4. Применение специальных ИС с повышенной степенью интеграции резко сократило объем электронной части ВМ.

5. Применение дисковых двигателей постоянного тока улучшает компоновку ЛПМ и обеспечивает высокую точность работы САР ВГ и САР СЛ.

6. Широкое применение унифицированных заимствованных узлов и деталей сокращает сроки разработки ВМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И. М., Бессуднов Р. П., Дмитриев Н. Н., Ковцов В. П., Королев Ю. В., Слущкий И. А. Видеомагнитофон «Электроника Л1-08». — «Техника кино и телевидения», 1975, № 5, с. 45—50.
2. Helical-Scan Video-Tape Cassette System Using 12,7 mm Magnetic Tape (50 Hz, 625 lines), Publication 511, IEC, 1975.
3. Авт. свид. № 488250. — Бюл. «Изобретения», 1975, № 5.
4. Александров И. М. Оптимизация параметров узлов видеомагнитофонов. — «Техника кино и телевидения», 1976, № 8, с. 37—40.
5. Авт. свид. № 522517. — Бюл. «Изобретения», 1976, № 27.
6. Шульман М. Г., Баланин Л. Н., Алексеев А. В. Запись цветных ТВ сигналов на видеомагнитофоне ЛОМО типа ВК. — «Техника кино и телевидения», 1975, № 1, с. 51—55.