

УДК 621.397.642

*Канд. техн. наук В. Б. Иванюв*

## О ПОСТРОЕНИИ ПРОСТЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ

Рассмотрены методы и характеристики магнитной записи телевизионных сигналов, позволяющие упростить построение видеоманитофонов. Дан расчет основных параметров электрических и механических элементов видеоманитофонов. Приведена функциональная блок-схема простого видеоманитофона и дан анализ вопросов взаимозаменяемости записей.

В системе телевизионного вещания все шире используются видеоманитофоны как средства консервации телевизионных программ. К таким аппаратам предъявляются очень высокие технические требования, поскольку они предназначены для работы в составе профессионального оборудования современных телецентров. Поэтому видеоманитофон для телевизионного вещания представляет собой очень сложное и дорогое устройство, довольно громоздкое по габаритам, обладающее большим весом и требующее высококвалифицированного обслуживающего персонала при его эксплуатации.

Вместе с тем возникает необходимость консервации телевизионных сигналов и во многих других случаях, когда телевизионные системы используются для промышленных целей, в медицине, для образования и научных исследований, для рекламы и обслуживания пассажиров на транспорте, а также для ряда других применений. Основными требованиями, предъявляемыми к видеоманитофонам для таких целей, являются: низкая их стоимость, простота в эксплуатации, экономичность, малые габариты и вес. При этом в большинстве случаев допустимо некоторое ухудшение их электрических характеристик по сравнению с профессиональными аппаратами.

### Метод записи, позволяющий упростить устройство

Как известно, электромеханическая часть видеоманитофона сама по себе является наиболее сложным и дорогостоящим его элементом. Более того, она в большой мере определяет состав и сложность

электронных устройств, обеспечивающих работу аппарата. Это связано главным образом с необходимостью получения высокой скорости и точности движения магнитной головки относительно ленты.

Существенных упрощений в схеме, конструкции и составе видеомэагнитофона можно достигнуть, если каждое поле телевизионного изображения записывать одной головкой без разрыва магнитной дорожки. Это условне выполняется при использовании так называемого метода наклонной записи, который и целесообразно принять при создании простых аппаратов. Следует заметить, что впервые этот метод был предложен и практически реализован в Японии примерно 15 лет тому назад. В настоящее время ряд фирм Японии, США и некоторых западноевропейских стран начал промышленный выпуск видеомэагнитофонов, основанных на этом принципе [1—3].

Существо метода наклонной записи состоит в том, что магнитная лента, двигаясь с небольшой скоростью, охватывает неподвижный направляющий барабан по винтовой линии на  $360^\circ$  или немногим менее, либо охватывает его немногим более чем на  $180^\circ$  (рис. 1). Внутри барабана расположен быстро вращающийся диск с головкой, слегка выступающей над цилиндрической поверхностью барабана и находящейся в контакте с рабочим слоем ленты.

Во всех показанных на рисунке вариантах движения ленты и магнитных головок обеспечивается запись одного полного поля изображения на одной магнитной дорожке, располагаемой наклонно относительно краев ленты. Но в вариантах рис. 1а, б запись осуществляется одной головкой, а в варианте рис. 1в необходимы две поочередно работающие головки. Очевидно, что в первых двух случаях неизбежен кратковременный разрыв воспроизводимого сигнала в момент прохождения головки между краями ленты, когда нарушается контакт с рабочим слоем ленты. В варианте с двумя головками представляется возможным получить непрерывный сигнал благодаря частичному перекрытию во времени сигналов, считываемых обеими головками вблизи краев ленты.

Последнее обстоятельство является важным преимуществом системы с двумя головками, но не решающим, чтобы рекомендовать ее для применения в упрощенных видеомэагнитофонах. Этого не позволяют сделать два основных недостатка такой системы: во-первых, наличие двух головок приводит к необходимости точной взаимной их юстировки, усложнению смены головок при износе, затруднению получения взаимозаменяемости записей и, во-вторых, охват барабана только на  $180^\circ$  ведет к неизбежному увеличению его диаметра примерно вдвое по сравнению с одоголовочной системой при прочих равных условиях. Поэтому для рассматриваемого в данной статье класса видеомэагнитофонов следует признать наиболее целесообразной систему наклонной записи с одной головкой по схемам рис. 1а и б.

## Об основных электрических характеристиках простых видеомэагнитофонов и геометрических параметрах магнитограммы

Основными характеристиками видеомэагнитофона, определяющими его сложность и технические требования к большинству узлов, являются полоса воспроизводимых частот и отношение сигнал/помеха в видеоканале.

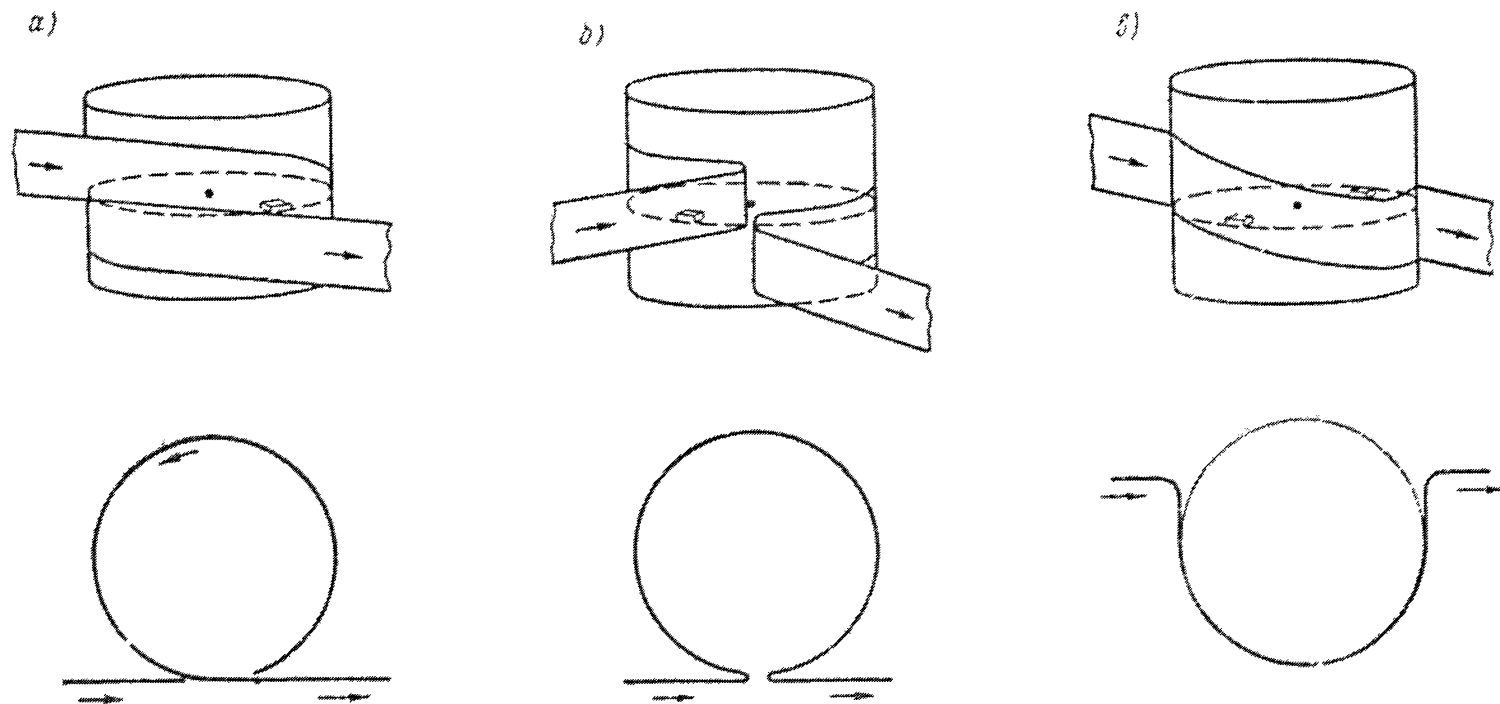


Рис. 1. Схемы движения ленты и магнитных головок в системах наклонной записи с охватом барабана на  $360^\circ$  — диск с одной головкой (а), на  $355-358^\circ$  — диск с одной головкой (б) и на  $185-188^\circ$  — диск с двумя головками (в)

Практика работы с телевизионными изображениями, рассчитанными для визуального наблюдения зрителем при использовании телевизионных систем в промышленности, медицине, для учебных целей, рекламы и ряда научных исследований, показала, что требования к этим характеристикам могут быть снижены. При стандарте разложения 625 строк, 25 кадров в секунду вполне удовлетворительные результаты в большинстве случаев получаются при разрешающей способности в горизонтальном направлении, определяемой 250—300 строками испытательной таблицы, если изображение обладает хорошими градационными характеристиками.

Это дает возможность ограничить требования по полосе частот воспроизводимого сигнала до 2,5—3,0 МГц при отношении сигнал/шум около 34 дБ.

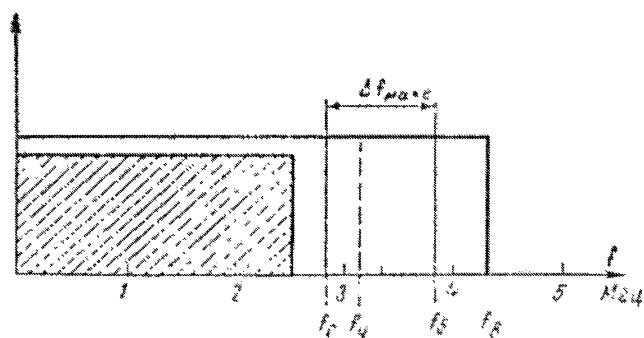


Рис. 2. Диаграммы частотных спектров видеосигнала (заштрихованная область) и ЧМ-сигнала, записываемого на ленту

Приняв такие данные за исходные, можно определить главные электрические и геометрические параметры основных элементов устройства: характеристики системы преобразования видеосигнала, скорость записи, геометрические параметры магнитограммы и размеры основного узла лентопротяжного механизма -- направляющего барабана.

Поскольку для магнитной записи и воспроизведения широкополосного видеосигнала неизбежно приходится преобразовывать его с помощью частотной модуляции, то непосредственно на ленту будет записываться ЧМ-сигнал с полосой, превышающей полосу видеосигнала примерно в полтора раза.

На рис. 2 показаны диаграммы спектров видеосигнала (заштрихованная область) и соответствующего ЧМ-сигнала. Здесь же указана расстановка частот, соответствующих уровню вершины синхронимпульсов  $f_c$ , уровню «черного»  $f_0$  и уровню «белого»  $f_6$ . При этом максимальная девиация по размаху  $\Delta f_{\max} = 1$  МГц, а высшая частота записи  $f_6 = 4,3$  МГц. Получающаяся асимметрия боковых полос относительно средней частоты в области девиации соответствует в данном случае коэффициенту асимметрии  $K_a = 2,5$ , что вполне допустимо с точки зрения возможных искажений модулирующего сигнала. Таким образом, на основании полученных данных следует ориентироваться на высшую частоту записи 4,3 МГц.

Как известно, минимально необходимая скорость записи определяется следующим соотношением:

$$v = \lambda_{\min} f_6, \quad (1)$$

где  $\lambda_{\min}$  — минимальная длина волны записи на ленте,  
 $f_6$  — высшая частота записываемого сигнала.

Ниже мы увидим, что скорость записи является наиболее существенным показателем, от которого зависят основные параметры лентопротяжного механизма. Поэтому особенно важно правильно выбрать эту скорость.

На основании опыта эксплуатации нескольких типов видеомагнитофонов у нас и за рубежом можно считать, что в настоящее время достаточно уверенно получаются запись и воспроизведение синусоидальных сигналов с минимальной длиной волны на ленте  $\lambda_{\min} = 5 \text{ мк}$  при ширине магнитной дорожки  $0,2 \text{ мм}$ . При этом, правда, сигнал будет подвержен значительной паразитной амплитудной модуляции, но по

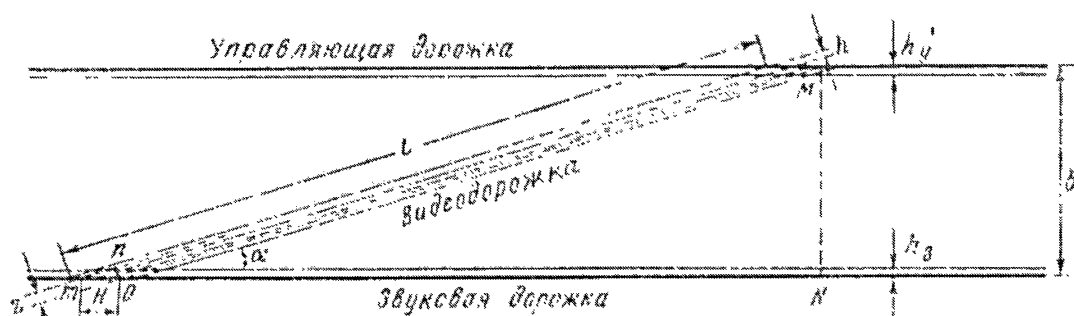


Рис. 3. Расположение магнитных дорожек на ленте

величине еще не опасной для системы записи с ч.м. Следует сказать, что в некоторых зарубежных образцах видеомагнитофонов, например в *EL-3400* фирмы Philips, достигнуты удовлетворительные результаты при меньшей ширине магнитной дорожки, составляющей  $0,15 \text{ мм}$ , однако ориентироваться на такую ширину дорожки преждевременно, так как не будет необходимого производственного запаса по параметрам системы «лента — головка» и усложняется условия взаимозаменяемости записей.

Учитывая приведенные данные, по формуле (1) найдем минимально необходимую скорость записи:

$$v = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 4,3 \cdot 10^6 = 21,5 \text{ м.сек.}$$

В дальнейшем будем пользоваться округленной величиной  $v = 22,0 \text{ м/сек.}$  Для последующих расчетов параметров лентопротяжного механизма и геометрии магнитограммы выведем формулы, устанавливающие связь между интересующими нас параметрами. Прежде всего рассмотрим магнитограмму, получающуюся в системе наклонной записи (рис. 3). Здесь изображены видеодорожки, расположенные наклонно по отношению к краям ленты: управляющая продольная дорожка сверху и звуковая продольная внизу. Видеодорожки доходят до краев ленты в системе с полным охватом барабана и могут не доходить до краев в системе, работающей по схемам рис. 1б и в. Кстати, для получения хорошего динамического диапазона звукового канала необходимо, чтобы видеодорожки не пересекали звуковую дорожку.

Основными геометрическими параметрами магнитограммы являются длина одной наклонной видеодорожки  $L$ , ее ширина  $h$ , расстояние между осевыми линиями видеодорожек  $z$ , продольный шаг записи  $H$ , ширина управляющей  $h_u$  и звуковой  $h_a$  дорожек, а также ширина ленты  $b$ .

Очевидно, что длина видеодорожки, на которой записано одно полное поле изображения или один полукадр,

$$L = vT_{\text{пк}}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{пк}}$  — время передачи одного полукадра.

Величина продольного шага

$$H = v_d T_{\text{пк}}, \quad (3)$$

где  $v_d$  — скорость движения ленты.

Из подобия треугольников  $mno$  и  $oMN$  (рис. 3) следует:

$$\frac{oM}{mo} = \frac{MN}{on} \quad \text{или} \quad \frac{L}{H} = \frac{b}{z}.$$

Подставив в последнее соотношение  $L$  и  $H$  из формул (2) и (3), получим

$$v_d = v \frac{z}{b}. \quad (4)$$

Если лента движется по барабану, как показано на схеме рис. 1б, когда видеодорожки могут не доходить до краев ленты, последняя формула приобретает такой вид:

$$v_d = v \frac{z}{b - h_x - h_y}. \quad (4a)$$

Теперь найдем выражение, определяющее диаметр направляющего барабана. Это нетрудно сделать, если обратиться к рис. 4, где пока-

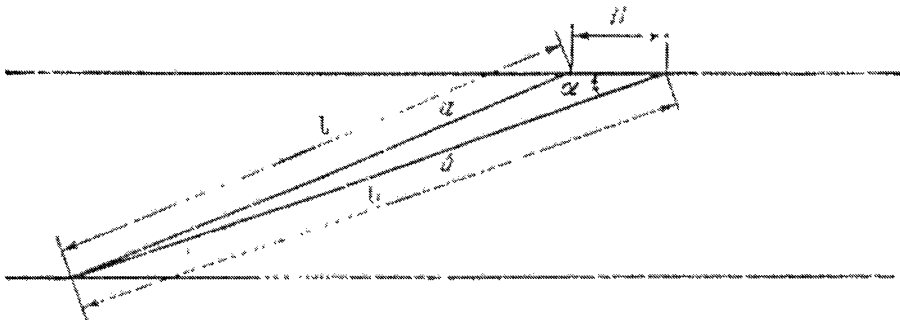


Рис. 4. Осевые линии магнитных дорожек при неподвижной ленте ( $a$ ) и ленте, движущейся по барабану в направлении, противоположном движению головки ( $b$ )

заны осевые линии магнитных дорожек при неподвижной и движущейся ленте. Длина магнитной дорожки при неподвижной ленте  $l$  равна длине окружности вращения головки или с достаточной для практики точностью равна длине окружности направляющего барабана. Длина дорожки при движущейся ленте  $L$  может быть больше, чем  $l$ , если лента движется навстречу движению головки, или меньше, если направления движений головки и ленты совпадают.

Решая треугольник со сторонами  $l$ ,  $L$  и  $H$ , найдем:

$$l^2 = L^2 + H^2 - 2LH \cos \alpha.$$

Учитывая, что угол  $\alpha$  обычно очень мал и не превышает 3—4°, последнее выражение можно представить в следующем виде:

$$l = L \sqrt{1 + \frac{H^2}{L^2} - 2 \frac{H}{L}}.$$

Принимая во внимание формулы (2) и (3), а также то, что  $l = \pi D$ , где  $D$  — диаметр направляющего барабана, получим:

$$D = \frac{v T_{\text{пк}}}{\pi} \sqrt{1 + \frac{v_x^2}{v^2} - 2 \frac{v_x}{v}}. \quad (5)$$

Формулы (4), (4а) и (5) позволяют рассчитать интересующие нас параметры устройства.

Согласно формуле (4), скорость движения ленты непосредственно зависит от таких важнейших геометрических параметров, как ширина ленты  $b$  и расстояние  $z$ , складывающееся из ширины дорожки  $h$  и расстояния между краями соседних дорожек.

Для обеспечения нормального воспроизведения сигнала с магнитотолграммы обычно расстояние между краями видеодорожек должно составлять 20—25% ширины одной видеодорожки, т. е. в нашем случае

$$z = 1,25h = 1,25 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Как уже указывалось, для записи звуковой информации необходимо оставить вдоль нижнего края ленты свободную полосу для звуковой дорожки, ширина которой должна составлять  $h_z = 0,8 \div 1$  мм. Импульсный сигнал управления может записываться с пересечением видеодорожек, благодаря чему последние могут доходить до края ленты ( $h_y = 0$ ).

Учитывая приведенные выше данные, найдем по формуле (4а) скорость движения ленты при ширине  $b = 25,4$  мм:

$$v'_z = 22,0 \frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{(25,4 - 1) \cdot 10^{-3}} = 0,225 \text{ м/сек.}$$

Такая скорость позволяет записать часовую программу на ленте длиной 810 м.

Как следует из формул (4) и (4а), уменьшение ширины ленты вызывает необходимость пропорционального или почти пропорционального увеличения скорости ее движения, т. е. приводит к сокращению времени непрерывной записи. По этой причине уже ближайшая по стандарту меньшая ширина ленты 12,7 мм оказывается неприемлемой.

Диаметр направляющего барабана, согласно формуле (5),

$$D = \frac{22,0 \cdot 0,02}{3,14} \sqrt{1 + \left(\frac{0,225}{22,0}\right)^2 - 2 \frac{0,225}{22,0}} = 0,139 \text{ м.}$$

Таким образом, мы нашли все основные параметры лентопротяжного механизма. Остается только указать, что при построении его по схеме рис. 1б необходимо обеспечить минимально возможную область разрыва контакта между лентой и головкой. Но поскольку такой разрыв неизбежен, то для предотвращения его визуального восприятия на поле изображения двигатель, вращающий диск с головкой, фазирован так, чтобы при записи видеосигнала разрыв происходил во время обратного хода по кадрам, точнее, во время части гасящего импульса, следующей после кадрового синхронимпульса.

Так как время обратного хода по кадрам составляет 7,5% полного периода кадровой развертки, то желательно, чтобы время разрыва сигнала не превышало 2,5% времени воспроизведения одного полукадра. Это позволит удерживать разрыв сигнала в пределах половины гасящего импульса. Практическая реализация такого условия

требует, чтобы по окружности направляющего барабана длина дуги, соответствующая прекращению контакта головки с лентой, не превышала  $\psi = 0,025\pi D = 0,025 \cdot 3,14 \cdot 0,139 = 0,0109$  м.

Очевидно, что для этого при конструировании направляющих колонок, определяющих вход и выход ленты с барабана, необходимо стремиться устанавливать их так, чтобы, во-первых, расстояние между осями колонок было минимальным и, во-вторых, они должны быть расположены как можно ближе к поверхности барабана.

### Состав и блок-схема простого видеомагнитофона

Укрупненная блок-схема электронной аппаратуры видеомагнитофона (рис. 5) включает в себя необходимый минимум функциональных блоков.

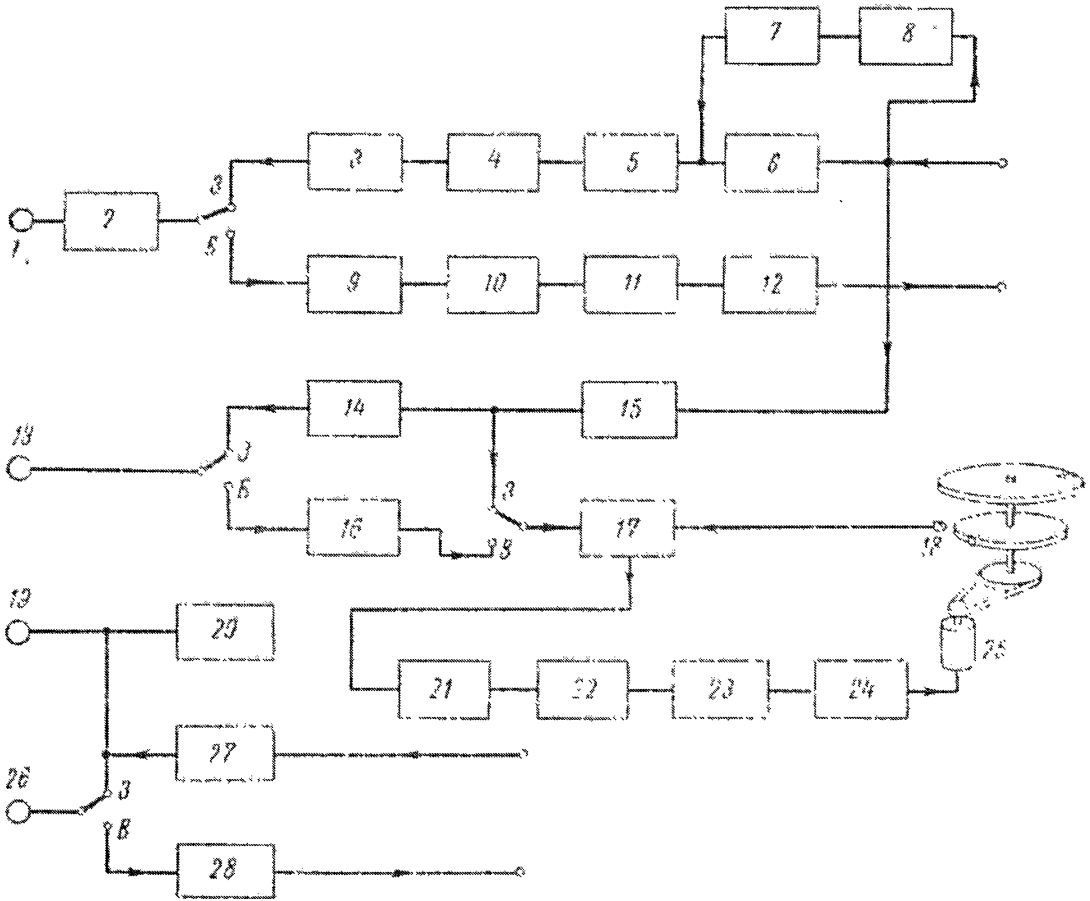


Рис. 5. Блок-схема простого видеомагнитофона

1 — вращающаяся видеоголовка; 2 — коллектор или вращающийся трансформатор; 3 — усилитель записи; 4 — ЧМ-генератор; 5 — модулятор; 6 — видеоусилитель записи; 7 — схема фиксации уровня; 8 — селектор и формирователь управляющих импульсов для схемы фиксации уровня; 9 — усилитель воспроизведения ЧМ-сигнала; 10 — усилитель-ограничитель; 11 — демодулятор; 12 — видеоусилитель воспроизведения; 13 — управляющая головка; 14 — усилитель; 15 — селектор; 16 — усилитель воспроизведения управляющего сигнала; 17 — фазовый детектор; 18 — датчик импульсов положения головки; 19 — стирающая головка; 20 — генератор стирания; 21 — фильтр; 22 — усилитель постоянного тока; 23 — управляемый генератор; 24 — усилитель мощности; 25 — электродвигатель; 26 — универсальная звуковая головка; 27 — усилитель записи звука; 28 — усилитель воспроизведения звука

В канале записи видеосигнала работают видеоусилитель 6, система фиксации уровня синхронизирующих импульсов 7 и 8, модулятор 5, ЧМ-генератор 4 и усилитель записи 3, согласованный с вращаю-



шейся магнитной головкой 1. Сигнал с усилителя записи поступает на обмотку видеоголовки через кольцевой коллектор или вращающийся трансформатор 2. В режиме записи из полного телевизионного сигнала при помощи амплитудного селектора 15 выделяются импульсы кадровой синхронизации. Из них формируются управляющие импульсы, подводимые к входу отдельного усилителя записи 14, питающего универсальную магнитную головку 13. Эта головка, установленная неподвижно, осуществляет запись управляющего сигнала на краю ленты.

Канал записи звукового сопровождения содержит элементы, свойственные обычному звуковому магнитофону. Универсальная звуковая головка 26 в режиме записи работает с током высокочастотного подмагничивания, получаемым от генератора стирания 20. Основной нагрузкой этого генератора является общая стирающая головка 19, высота рабочей щели которой равна ширине магнитной ленты. Стирающая головка устанавливается по ходу ленты до того, как лента поступает на направляющий барабан и проходит мимо рабочих щелей управляющей и звуковой головок.

Как уже указывалось выше, для обеспечения записи каждого поля изображения таким образом, чтобы переход видеоголовки с одного края ленты на другой происходил бы во время обратного хода кадровой развертки, необходима соответствующая фазировка электродвигателя, вращающего диск с головкой. Это осуществляется системой управления двигателем. Рассмотрим один из вариантов такой системы, показанный на блок-схеме рис. 5. В состав ее входят датчик импульсов положения головки 18, фазовый детектор 17, фильтр 21, усилитель постоянного тока 22 и управляемый по частоте генератор П-образных импульсов 23 с усилителем мощности 24. Последний питает синхронно-гистерезисный двигатель 25, вращающий головку.

На фазовый детектор подаются импульсы частоты полей, выделяемые селектором 15 из полного телевизионного сигнала, а также импульсы от датчика положения головки. В зависимости от соотношения фаз этих импульсов фазовый детектор вырабатывает напряжение ошибки, которое используется для управления по частоте генератором, работающим на усилитель мощности, питающий двигатель. В результате этого скорость вращения двигателя изменяется до тех пор, пока напряжение ошибки не достигнет некоторой минимальной величины, соответствующей минимальному расхождению фаз между импульсами полей и импульсами положения головки.

В такой системе автоматического регулирования остаточная фазовая ошибка может быть достигнута достаточно малой, чтобы разрыв сигнала находился в пределах периода времени между кадровым импульсом синхронизации и задним краем гасящего импульса.

Нужно сказать, что управляемый привод вращающейся видеоголовки может быть осуществлен не только при помощи синхронно-гистерезисного электродвигателя, но и при помощи асинхронного двигателя с электродинамическим тормозом. Последний вариант хотя и уступает по точности работы рассмотренной системе, но все же может обеспечить требуемые результаты. Его использование в наиболее дешевых моделях аппаратов будет вполне оправданным благодаря значительному упрощению системы привода. В этом случае отпадает необходимость в дорогостоящем усилителе мощности для питания двигателя и значительно уменьшается требуемая мощность общего источника питания видеомэгнитофона, так как асинхронный двигатель включается непосредственно в сеть переменного тока.

В режиме воспроизведения вращающаяся видеоголовка переключается на согласованный вход усилителя воспроизведения 9. ЧМ-сигнал после предварительного усиления подвергается многоступенному ограничению и усилению в блоке 10, а затем поступает на демодулятор 11, работающий на выходной видеоусилитель 12. Следует иметь в виду, что при переходе видеоголовки с одного края ленты на другой, когда происходит разрыв сигнала, на выходе канала воспроизведения в течение этого времени возникает шум, по величине существенно превосходящий нормальный уровень видеосигнала. В полном видеосигнале это будет выглядеть как паразитный импульс большой амплитуды, расположенный на кадровом гасящем импульсе. Наличие такого паразитного импульса обычно приводит к нарушению работы схем фиксации уровня, а главное, нарушает действие системы синхронизации в телевизионном приемнике или другом просмотрном устройстве, работающем от видеомагнитофона. Поэтому обязательно должны быть приняты меры, устраняющие паразитный импульс в канале воспроизведения или по крайней мере ограничивающие его амплитуду до значений меньше нормального уровня видеосигнала.

В режиме воспроизведения управляющая головка переключается на считывание сигнала, записанного на управляющей дорожке. После прохождения через усилитель воспроизведения 16 полученный сигнал в виде импульсов кадровой частоты подводится к фазовому детектору системы управления двигателем видеоголовки. В остальной система управления работает так же, как и в режиме записи. Поскольку управляющие импульсы при записи были сформированы из кадровых импульсов синхронизации видеосигнала, их пространственное положение на ленте строго определено по отношению к видеодорожкам основной магнитограммы. Таким образом, при воспроизведении система управления двигателем позволяет обеспечить точное пространственное положение видеоголовки относительно управляющих импульсов, а следовательно, и точное ее положение относительно видеодорожек.

Описанная здесь вкратце система управления движением головки относительно ленты является, пожалуй, наиболее простой, так как она представляет собой единую систему, которая при регулировании охватывает все возможные источники нарушения правильного пространственного положения видеоголовки на магнитограмме, возникающего как в системе привода видеоголовки, так и в системе, создающей движение ленты.

### Взаимозаменяемость записей

Обеспечение взаимозаменяемости записей видеосигнала, сделанных на различных экземплярах видеомагнитофона, является значительно более сложной задачей, чем взаимозаменяемость в технике звукозаписи. Это вызвано относительной сложностью магнитограммы, получаемой при видеозаписи, и довольно большим числом электрических и электромеханических элементов, участвующих в ее образовании. Очевидно, что в этом случае приходится регламентировать достаточно большое число параметров видеомагнитофона с установленным допуском на них.

Что касается электрических параметров каналов записи и воспроизведения, то здесь необходимо установить главным образом допуски на значения несущей, соответствующие уровням вершин синхро-

импульсов, «черного» и «белого». Практика работы с экспериментальными образцами простых видеоманитофонов показывает, что допустимое отклонение несущей частоты от ее номинальных значений не должно превышать  $\pm 4\%$  установленной максимальной девиации. Для выбранной нами девиации это составит  $\pm 40$  кГц. Кстати, в профессиональных видеоманитофонах для телевизионного вещания обычно допуски на значения несущей устанавливаются в пределах  $2\%$  максимальной девиации.

Более сложным вопросом является установление допусков на геометрические и механические параметры элементов, определяющих геометрию магнитограммы. Здесь наиболее существенным параметром является диаметр направляющего барабана, а также скорость и траектория движения ленты по барабану.

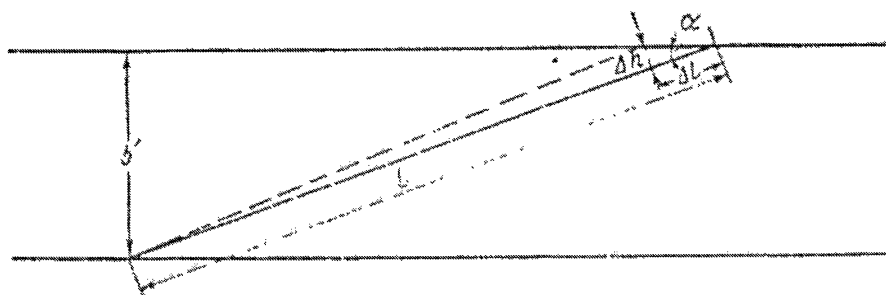


Рис. 6. Осевые линии записанной видеодорожки (сплошная) и следа головки воспроизведения (пунктир) при меньшем диаметре направляющего барабана

Если диаметр барабана воспроизводящего видеоманитофона отличается от диаметра барабана, на котором осуществлялась запись, то след воспроизводящей головки будет расположен по отношению к краям ленты под углом, отличным от угла записанных видеодорожек. Иначе говоря, считывающая головка при каждом обороте будет сходиться с видеодорожкой и прочерчивать на ленте более короткий след при меньшем диаметре барабана или более длинный при большем диаметре.

Такое положение иллюстрируется рис. 6, где показаны осевые линии видеодорожки и следа головки при воспроизведении, когда направляющий барабан имеет меньший диаметр. Здесь величина  $\Delta l$  определяет сход головки с записанной дорожкой, а  $\Delta L$  — укорочение следа. Очевидно, что частичный сход головки с дорожкой может привести к ослаблению полезного сигнала и значительному ухудшению отношения сигнал/шум, а укорочение следа приведет к пропаданию части записанной на дорожке информации и изменению относительного положения импульса разрыва видеосигнала.

С точки зрения пропадания части сигнала, приходящегося на время между импульсом кадровой синхронизации и задним фронтом гасящего импульса, вполне возможно допустить изменение длины следа на  $\pm 0,5\%$  длины одной полной видеодорожки, так как при таком допуске разрыв видеосигнала еще не выйдет за пределы указанной части гасящего импульса. Поэтому можно было бы установить допуск по точности изготовления направляющего барабана  $\Delta D = \pm 0,005D$ , где  $D$  — диаметр барабана. В рассмотренном выше варианте этот допуск составит  $\Delta D = \pm 0,005 \cdot 139 = 0,695$  мм. Однако с точки зрения частичного схода головки воспроизведения с видеодорожки можно ожидать более жесткой величины допуска. Действи-

тельно, если обратиться к рис. 6, то отклонение следа воспроизводящей головки от осевой линии видеодорожки составляет  $\Delta h$ . Величину этого отклонения можно считать допустимой, если  $\Delta h \leq 0,1h$ , поскольку получающееся в этом случае уменьшение эффективной ширины считываемой видеодорожки на 10% еще не сказывается заметно на качестве получаемого видеосигнала.

Из рис. 6 также следует, что  $\Delta h = \Delta L \operatorname{tg} \alpha$ . Вследствие малости угла  $\alpha$   $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha = \frac{b'}{L}$ , а  $\Delta h = \Delta L \frac{b'}{L}$ , где  $b' = b - h_y - h_z$  — ширина полосы, в пределах которой записаны видеодорожки.

Учитывая, что  $\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta D}{D}$ , получим

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta h}{b'}, \quad (6)$$

откуда

$$\Delta D = D \frac{\Delta h}{b'}. \quad (7)$$

Подставив в формулу (7) значения  $\Delta h = 0,1 \cdot 0,20 = 0,020$  мм, а также полученные ранее значения  $D = 139$  мм и  $b' = 25,4 - 1 = 24,4$  мм, найдем

$$\Delta D = 139 \frac{0,020}{24,4} = 0,114 \text{ мм.}$$

Согласно существующим стандартам такой допуск обеспечивается при изготовлении барабана даже по IV классу точности, т. е. практически легко осуществим в условиях производства.

Необходимая траектория движения ленты по барабану обычно обеспечивается соответствующей установкой направляющих колонок и ограничительных штифтов или буртиков на поверхности барабана. Определяющим фактором здесь является точность установки ленты по высоте относительно плоскости движения головки.

Эта точность диктуется соображениями минимально допустимого схода воспроизводящей головки с видеодорожки и должна обеспечиваться в пределах  $(0,1 \div 0,15)h$ , т. е. 0,02—0,03 мм. Выполнение этого требования является, пожалуй, наиболее трудной конструктивной и технологической задачей.

Большое значение имеет правильное пространственное положение головки, считывающей управляющий сигнал. Эта головка должна быть установлена с высокой точностью, обеспечивающей необходимую фазу импульса разрыва видеосигнала. Данное требование можно выполнить относительно легко при введении в конструкцию основания головки управления юстировочного устройства и применении для настройки специальной испытательной ленты.

Наконец, следует сказать о требованиях, предъявляемых к постоянству скорости движения ленты. Отклонение величины скорости от номинального ее значения приводит главным образом к сходу следа воспроизводящей головки с видеодорожки, так как изменяется шаг записи. Если допустить, как и раньше, отклонение следа на  $0,1h$ , то, пользуясь формулой (4а), можно определить допустимое относительное отклонение скорости движения ленты  $\frac{\Delta v_n}{v_n}$ . Согласно этой формуле напишем следующее выражение:

$$(v_n \pm \Delta v_n) (b - h_z - h_y) = v (z \pm 0,1h).$$

Сделав несложные преобразования, получим:

$$\pm \frac{\Delta v_x}{v_x} = \frac{v}{v_x} \frac{z \pm 0,1h}{b - h_x - h_y} - 1. \quad (8)$$

Подставив в эту формулу все известные величины, найдем

$$\pm \frac{\Delta v_x}{v_x} = \frac{22,0}{0,225} \frac{(0,25 \pm 0,02) \cdot 10^{-3}}{(25,4 - 1,0) \cdot 10^{-3}} - 1 = \frac{+0,080}{-0,078}.$$

Следует заметить, что если соблюдается условие постоянства отношения линейных скоростей головки и ленты при записи и воспроизведении, то считывающая головка будет идти точно по видеодорожке при любых изменениях скорости ленты.

С точки зрения возможного нарушения фазировки импульса разрыва видеосигнала допуск на относительное изменение скорости ленты нетрудно определить, исходя из допустимости изменения длины одного следа воспроизводящей головки относительно длины видеодорожки на 0,5%.

Тогда  $\frac{\Delta v_x}{v + v_x \cos \alpha} = 0,005$ , или, учитывая, что  $\cos \alpha \approx 1$ ,

$$\frac{\Delta v_x}{v_x} = 0,005 \frac{v + v_x}{v_x}. \quad (9)$$

Подставив числовые значения в формулу (9), получим

$$\frac{\Delta v_x}{v_x} = 0,005 \frac{22,0 + 0,225}{0,225} = 0,495.$$

Таким образом, с точки зрения взаимозаменяемости видеозаписей можно было бы допустить очень значительные отклонения скорости движения ленты от номинала. Практически определяющим фактором при выборе допусков на изменение скорости ленты является требование качественного воспроизведения звука, для чего, как известно из опыта звукозаписи, нужно обеспечить допустимую величину отклонения скорости, по крайней мере, не более  $\pm 0,5\%$ .

## Выводы

1. Ограничение требований по ширине полосы частот записываемого видеосигнала до 2,5 Мгц при отношении сигнал/шум до 34 дБ позволяет значительно упростить схему, конструкцию и состав видеомагнитофона.

2. Наиболее рациональным методом магнитной записи для использования в простых видеомагнитофонах является метод наклонной записи, особенно при использовании варианта с одной видеоголовкой.

3. Рассчитанные и предлагаемые для реализации указанных выше требований параметры основных электрических и механических элементов видеомагнитофона позволяют построить его по простой блок-схеме, содержащей минимальное число функциональных узлов, и дают возможность создать необходимый производственный запас по основным параметрам при серийном выпуске аппаратов.

4. Анализ допусков на параметры основных элементов видеомагнитофона показал, что выполнение требования взаимозаменяемости видеозаписей не создает принципиальных трудностей и оно может быть осуществлено в условиях производства при обычном, по

тщательно разработанном технологическом процессе с необходимым числом контрольно-измерительных операций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tetzner K. Ein relativ billiges Video-Aufzeichnungsgerät. „Funkschau“, 1964, Nr 18, S. 483.
2. Fields C. H., Oniki S. Sony home video recorder. „Electronics World“, 1966, No 5, p. 42.
3. Rolzen J. Ampex home video recorder. „Electronics World“, 1966, No 5, p. 52.

Статья поступила 1 декабря 1966 г.