

УДК 621.397.642.9

Канд. техн. наук В. Б. Иванов

НЕКОТОРЫЕ СРЕДСТВА КОНСЕРВАЦИИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И СИГНАЛОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Рассмотрены схемы и основные принципы работы отечественных фоторегистрирующих устройств и устройств магнитной записи телевизионных сигналов, их основные характеристики, а также принципы действия и параметры новых перспективных устройств.

В большинстве современных телевизионных систем необходимо использование средств консервации телевизионных изображений или сигналов, так как во многих случаях конечным результатом работы системы должно быть документальное изображение или должна быть сохранена телевизионная информация для ее повторного или многократного воспроизведения с переносом во времени. Для консервации телевизионных изображений наибольшее развитие в последнее время получили фоторегистрирующие устройства (ФРУ), в которых в качестве носителя информации используется светочувствительная пленка или бумага с последующей химической обработкой. Результат работы ФРУ — получение документа. Такие устройства обычно являются оконечными звеньями во многих сложных телевизионных системах. Для консервации телевизионных сигналов наибольшее распространение получили устройства магнитной записи (УМЗ) или видеоманитофоны, если помимо видеоинформации они записывают также и звуковую информацию. Важнейшее преимущество средств консервации, основанных на принципах магнитной записи, — возможность воспроизведения записанной информации без какой-либо дополнительной обработки носителя и многократного его использования в режиме «запись — воспроизведение».

Фоторегистрирующие устройства

До последнего времени разрабатывались, выпускались и использовались в телевизионных системах ФРУ в основном трех разновидностей:

— с электронной разверткой в двух направлениях (по строкам и по кадрам) с использованием электроннолучевой трубки, обеспечива-

ющей как модуляцию светового пятна, так и сканирование его по поверхности светочувствительного материала (рис. 1 а);

— с электронной разверткой в одном направлении (по строкам) и электромеханической в другом (по кадрам) с использованием трубки, обеспечивающей получение сканирующего вдоль строки модулированного светового пятна (рис. 1 б);

— с электромеханической разверткой в двух направлениях с использованием в качестве модулируемого источника света газоразрядной лампы (рис. 1 в).

К первой группе относятся ФРУ, предназначенные для покадрового фотографирования телевизионных изображений и представляющие собой по существу сочетание видеопросмотрового устройства с фотокамерой, действие затвора которой синхронизировано и сфазировано с импульсами полей. Экспозиция в момент съемки обычно определяется отпиранием луча трубки на время одного или двух полей при определенной яркости свечения. В эту же группу ФРУ входят и установки для съемки кинофильмов с экрана кинескопа, в которых вместо камеры применяется кинокамера с синхронным приводом и специальные средства коррекции экспозиции из-за влияния послесвечения люминофора трубки и ограниченной скорости продергивания киноплетки в камере.

Для покадровой съемки перспективно ФРУ с контактным фотографированием с экрана трубки, имеющей стекловолоконную планшайбу. Главная особенность устройства — отсутствие объектива в оптической схеме — позволяет не только значительно уменьшить габарит и упростить конструкцию ФРУ в целом, но и получить более высокие основные выходные параметры, лучшую четкость и большую контрастность изображения телевизионных кадров на фотопленке. Возможность контактного фотографирования обеспечивается стекловолоконной планшайбой трубки, которая осуществляет перенос оптического изображения с минимальными потерями света из плоскости люминофора трубки в плоскость внешней поверхности планшайбы, находящейся в контакте с фотопленкой. Специфика построения устройств такого типа рассмотрена в литературе [1]. Исключение из оптической схемы репродукционного объектива дает примерно 100-кратный выигрыш в освещенности на фотослое пленки, что в свою очередь позволяет работать с малой яркостью экрана трубки и, соответственно, с малым током луча, а также применять пленку с невысокой светочувствительностью. Эти факторы служат основными предпосылками достижения высокой разрешающей способности устройства и уменьшения его габарита. Разработанные и изготовленные образцы ФРУ с контактным фотографированием (рис. 2), имеющие малогабаритную трубку 4ЛК1Л со стекловолоконной планшайбой, работают при токе луча около 1 мкА и обеспечивают получение фотонегативов с четкостью до 900 линий на фотопленке шириной 35 мм и чувствительностью 16 — 32 ед. ГОСТа.

В связи с дальнейшим развитием цветного телевидения в ближайшие годы необходимо будет решить проблемы покадрового фотографирования цветных изображений как в телевизионных системах с

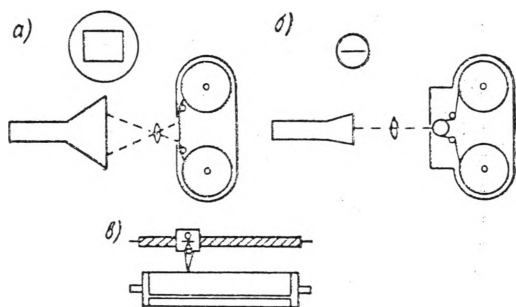


Рис. 1. Схемы ФРУ

а) с электронной разверткой в двух направлениях, б) с электронной разверткой по строкам и электромеханической по кадрам, в) с электромеханической разверткой в двух направлениях

последовательной передачей цветных полей, так и в одновременных системах. Выбор наиболее рационального способа фотографирования и средств получения цветного изображения в ФРУ представляет собой достаточно сложную задачу специалистов, работающих в этом направлении.

Не менее сложной и самостоятельной задачей является киносъемка цветных фильмов с экрана электроннолучевой трубки. Решение ее по-

требуется не только для создания и тиражирования цветных телевизионных фильмов в интересах телевизионного вещания, но и в целях совершенствования технологии кинопроизводства цветных фильмов для обычного кино.

Вторая группа устройств (рис. 1 б), нашедшая наиболее широкое применение в малокадровых телевизионных системах, характеризуется тем, что обычно эти устройства работают в режиме регистрации телевизионной информации, передаваемой с большой скоростью и в большом объеме.

Электроннолучевая трубка с однострочной разверткой и достаточно малым временем послесвечения экрана практически не ограничивает скорости строчной развертки и обладает большими возможностями

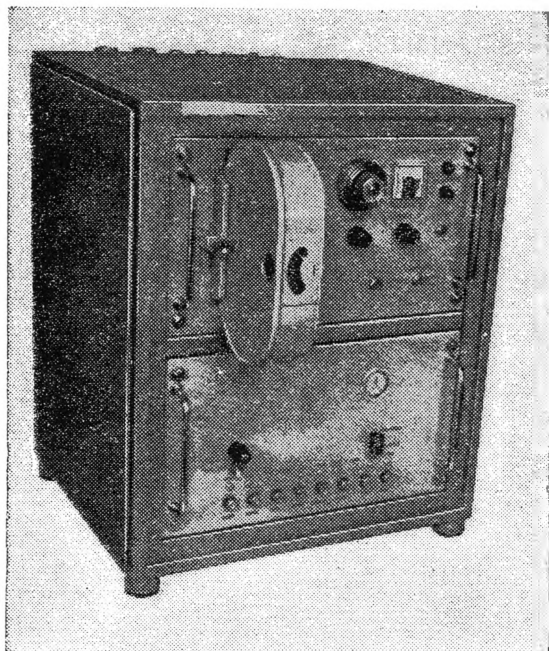


Рис. 2. Фоторегистрирующее устройство с контактным фотографированием

в части широкополосной модуляции луча, а значит, и светового пятна на экране. Поэтому трубка в совокупности с оптической системой в таких ФРУ представляет собой основной элемент, определяющий управление световым воздействием на фоточувствительный материал. Развертка изображения в направлении, перпендикулярном строкам, осуществляется за счет равномерного движения фотопленки с заданной скоростью. Объем записанной информации в этом случае может быть достаточно большим (длина фотопленки в рулоне, находящейся в кассете, обычно составляет несколько десятков метров).

Современные отечественные трубки обладают разрешающей способностью до 40 тел. лин./мм и с динамической фокусировкой луча позволяют воспроизводить до 4000 линий на строке длиной 100 — 105 мм при контрасте 80 — 85%. Однако даже наилучший репродукционный объектив, работающий в оптической схеме ФРУ, заметно ухудшает передачу контраста, особенно на краях строки, где он уменьшается в среднем на 50%.

По схеме рис. 1 б строятся высокоточные ФРУ с высокой разрешающей способностью. Примером может служить устройство для фоторегистрации метеорологической телевизионной информации (рис. 3), воспроизводящее до 2000 элементов в строке. Особенность этого ФРУ — введение в оптический тракт дополнительных оптико-механических устройств, осуществляющих автоматическое впечатывание в поле изображения координатной географической сетки, времени приема, долготы и

широты места. Использование в устройствах этой группы электронной развертки по строкам и модуляции тока луча трубки позволяет строить ФРУ в широком диапазоне выходных параметров, начиная от параметров, характерных для «медленных» телевизионных систем, работающих в режимах, близких к фототелеграфу, и кончая параметрами быстродействующих систем с частотами строчной развертки в несколько килогерц.

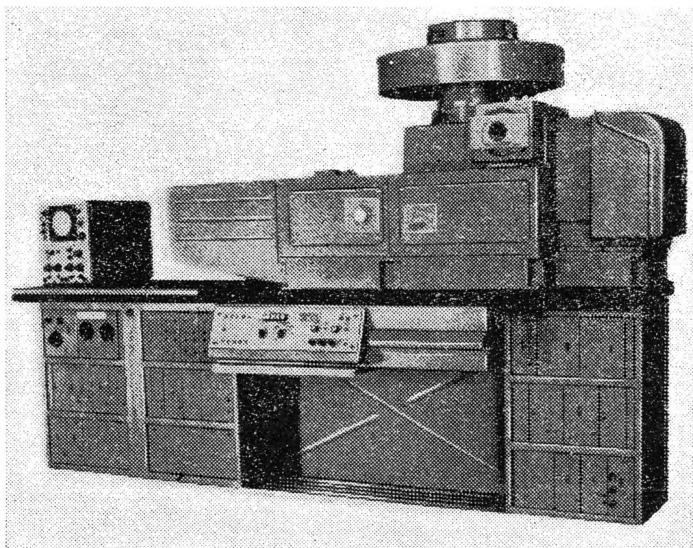


Рис. 3. Устройство для фоторегистрации метеорологической телевизионной информации с автоматической привязкой изображений к карте местности и впечатыванием дополнительных данных

В ближайшие пять лет вряд ли можно ожидать увеличения разрешающей способности трубок для ФРУ более 40 лин/мм при контрасте 80%. Поэтому в ближайшей перспективе основной задачей при построении ФРУ этой группы является сведение к минимуму потерь в разрешающей способности вдоль строки, возникающих при оптической передаче изображения из плоскости люминофора трубки в плоскость светочувствительного слоя фотопленки.

Решение может быть найдено путем применения специальных оптических систем переноса изображения, например при помощи репродукционного зеркально-линзового объектива [2], или путем исключения объектива из оптической схемы и применения контактного фотографирования с экрана трубки со стекловолоконной планшайбой. В первом случае создаются благоприятные условия для движения фотопленки, но из-за большого габарита зеркально-линзового объектива размеры ФРУ в целом оказываются значительными, а из-за потерь света в объективе нельзя ожидать сколько-нибудь существенного снижения тока луча трубки и уменьшения светочувствительности фотопленки, что приводит к трудностям в достижении максимальной разрешающей способности устройства. Во втором случае эти проблемы снимаются, но обеспечение хорошего оптического контакта пленки с поверхностью планшайбы при движении требует большой тщательности изготовления лентопротяжного механизма (ЛПМ), а сама планшайба должна иметь правильную структуру и очень малые размеры волокон, чтобы на поле изображения не возникали структурные помехи.

Группа устройств, схема построения которых показана на рис. 1 в, подобна фототелеграфным аппаратам: развертки в обоих направлениях механического типа — строчная осуществляется за счет вращения барабана, вокруг которого укреплен фотоэлемент или фотобумага, а развертка по кадру производится перемещением в направлении образующей барабана оптического узла с газоразрядной лампой, служащей источником модулируемого света. Движение этому узлу передается через вал с точной винтовой нарезкой.

Для телевизионных систем с ограниченной разрешающей способностью и небольшой скоростью передачи информации подходят устройства, базирующиеся на элементах фототелеграфной техники. В современной аппаратуре такого типа достигнута разрешающая способность, соответствующая 1000 — 2000 элементам в строке при частоте строк в несколько герц.

Однако в ряде перспективных телевизионных систем, в частности метеорологического назначения, необходимо значительное увеличение как разрешающей способности, так и скорости передачи информации. Такие же или даже более высокие требования в части разрешающей способности предъявляются и к ФРУ при использовании его в качестве выводного устройства ЭВМ, когда необходимо получение высокоточного изображения, например фотонегатива в процессе автоматизированного проектирования и изготовления печатных плат радиоэлектронной аппаратуры. Чтобы достигнуть этого, в устройстве по схеме рис. 1 в необходимо уменьшить диаметр и повысить яркость светового пятна на фотоэлементах, уменьшить инерционность модулируемого источника света, а также увеличить скорость вращения барабана. Выполнить это возможно, правда, в довольно ограниченных пределах, путем использования в качестве модулируемого источника света трубки со стекловолоконной планшайбой и люминофором с малым временем послесвечения. При этом на экране трубки исходное световое пятно формируется несколько больших размеров, чем в плоскости фотоэлемента. Перенос пятна на светочувствительный слой фотоэлемента может быть осуществлен гибким волоконным световодом в совокупности с объективом при бесконтактной записи или в комбинации с фокусом при контактной записи без объектива. В последнем случае будет наибольший выигрыш в светопередаче. Очевидно, что при такой схеме построения сам достаточно громоздкий источник светового пятна — трубка с фокусирующей системой — неподвижен, а движение вдоль кадра имеет лишь объектив или фокус, сопряженный с одним концом гибкого световода.

Такая модификация формирования светового пятна может обеспечить, например, получение на бланке-фотоэлементе размером 230×230 мм порядка 10 000 элементов в строке с хорошим контрастом. Скорость развертки ограничена возможной скоростью вращения барабана с бланком; практически вряд ли эксплуатационно надежно устройство при скорости вращения достаточно большого барабана более 900 — 1000 об/мин. Поэтому частота строк и в таком варианте ФРУ ограничивается величиной 10 — 15 Гц. Поскольку для передачи всего бланка, содержащего 10 000 строк, потребуется 11 — 17 мин, скорость перемещения светового пятна в направлении кадровой развертки останется низкой, но некоторой проблемой будет обеспечение равномерности движения пятна, для чего потребуется высокая точность изготовления вала с винтовой нарезкой и привода его вращения.

Большие перспективы развития имеют лазерные ФРУ, которые благодаря исключительно большому запасу энергии в источнике света и когерентности светового излучения позволяют строить устройства как

с большой разрешающей способностью, так и с высокой скоростью передачи информации. В качестве примера рассмотрим схему построения ФРУ с газовым лазером и механическими развертками в обоих направлениях (рис. 4).

Когерентный луч света от газового лазера 6 проходит через электрооптический модулятор света 5, работающий от широкополосного видеоусилителя с устройством коррекции линейности 8. Модулятор представляет собой светоклапанную систему, коэффициент пропускания света которой под воздействием приложенного к управляющим электродам напряжения видеосигнала размахом 350 — 500 В изменяется примерно в 50 раз. Действие модулятора основано на вращении плоскости поляризации кристалла под воздействием приложенного напряжения. (Можно ожидать, что более эффективные системы модуляции света будут в дальнейшем созданы на базе акустооптических устройств. Такие модуляторы позволят изменять коэффициент пропускания света до 1000 раз при мощности управления менее 1 Вт.)

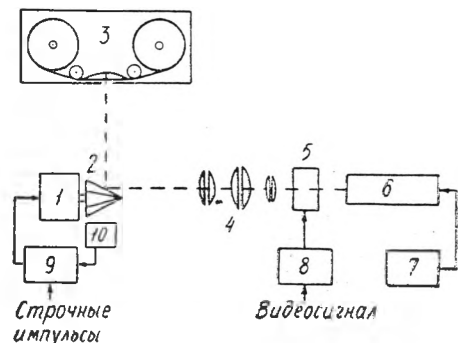


Рис. 4. Схема лазерного ФРУ

1—электродвигатель, 2—зеркальная пирамида строчной развертки, 3—лентопротяжной механизм с фотопленкой, 4—оптическая система формирования пятна малых размеров, 5—электрооптический модулятор света, 6—газовый лазер, 7—блок питания лазера, 8—видеоусилитель с устройством коррекции, 9—система автоматического регулирования привода пирамиды, 10—датчик

Модулированный световой луч затем проходит через оптическую систему 4, формирующую световое пятно малых размеров, и попадает на зеркальную пирамиду 2 с несколькими гранями. Пирамида установлена на оси синхронного электродвигателя 1, вращающего ее с большой скоростью, благодаря чему луч, отбрасываемый на фотопленку, отклоняется с частотой, определяемой скоростью вращения и числом граней пирамиды. Таким образом осуществляется строчная развертка, частота которой в реальных условиях может достигать нескольких килогерц.

Устройство строчного отклонения луча является, пожалуй, одним из наиболее сложных элементов лазерного ФРУ. Так, для обеспечения незаметности искажений на поле изображения требуется чистота обработки поверхности граней пирамиды не ниже 13 класса, угловая точность расположения граней — не хуже $\pm 5''$, а разброс углов наклона граней к оси пирамиды не должен превышать $\pm 4''$. Сложность заключается не только в изготовлении столь высокоточного узла, но и в сохранении указанных допусков в процессе эксплуатации. На наш взгляд, в решении проблемы отклонения светового луча будущее принадлежит ультразвуковым оптическим дефлекторам, которые свободны от названных недостатков механической развертки.

В рассматриваемой схеме световой луч прочерчивает строки на фотопленке, которая равномерно движется в лентопротяжном механизме 3, сматываясь из рулона подающей катушки в приемную. В зоне сканирования луча фотопленка проходит по направляющей поверхности, имеющей форму части цилиндра, так что она в поперечном направлении приобретает форму дуги с радиусом, равным расстоянию от центра вращения пирамиды до поверхности фотопленки. Этим достигается строгая линейность перемещения светового луча вдоль строк на пленке.

Кадровая развертка осуществляется за счет движения фотопленки так же, как и в ФРУ по схеме рис. 1 б.

Лазерные ФРУ, построенные по такому принципу действия, обладают очень широкими возможностями в достижении высоких основных параметров регистрации. На пленке шириной 190 мм можно ожидать регистрации 14 — 15 тысяч элементов в строке при модуляции светового пятна 80 — 90%. Лазерные ФРУ с высокой разрешающей способностью могут быть построены для различных стандартов разложения — от медленных, с частотой строчной развертки 10 — 15 Гц, до быстрых, с частотой строчной развертки в несколько тысяч герц. Благодаря большой интенсивности светового пятна на рабочем слое носителя такие ФРУ открывают широкие возможности использования не только серебросодержащих обычных фотослоев, но и разрабатываемых бессеребряных светочувствительных материалов типа фототермопластических пленок, которые обладают низкой чувствительностью.

Устройства магнитной записи

В современных телевизионных системах различного назначения в качестве средств консервации сигналов используются устройства магнитной записи (УМЗ) в довольно большом диапазоне их выходных параметров, эксплуатационных и конструктивных характеристик.

подавляющее большинство УМЗ работает на ленточных магнитоносителях различного формата и лишь небольшая часть — на дисковых магнитоносителях. Последние характеризуются очень ограниченным объемом памяти и применяются главным образом для решения различных специфических задач обработки сигналов, например для преобразования масштаба времени, временной задержки, многократного считывания одной и той же информации ограниченного объема. Так как эти устройства не являются основным средством консервации телевизионных сигналов, рассмотрим УМЗ, работающие на ленточных магнитоносителях.

Отечественные устройства этой группы получили в последние годы значительное развитие и распространение. В малокадровых узкополосных телевизионных системах (с полосой до 100 кГц) используются УМЗ с продольной записью, в которых скорость записи и воспроизведения определяется линейной скоростью движения магнитной ленты относительно неподвижной магнитной головки (рис. 5 а). Изменяя скорость движения ленты при воспроизведении относительно скорости записи, можно получить трансформацию спектра записанного сигнала пропорционально отношению этих скоростей.

Несмотря на кажущуюся простоту схемы лентопротяжного механизма (ЛПМ), похожего на схему обычного звукового магнитофона, изготовление и настройка такого ЛПМ, пригодного для записи телевизионных сигналов, представляет довольно сложную задачу из-за требуемой очень высокой точности движения магнитоносителя во избежание заметности координатных искажений.

Отечественные УМЗ с продольной записью в последнее время достигли высокой степени совершенства. Например, малогабаритное устройство МР-2030 обеспечивает многократную запись и воспроизведение телевизионных сигналов с 2000 элементов в строке без визуально заметных координатных искажений. Это достигнуто благодаря тщательно разработанной кинематической схеме ЛПМ, предусматривающей, в частности, связь ведущего узла с лентой без прижимных роликов, си-

стему равномерного натяжения ленты по всей длине посредством механизма с желобчатыми пружинами, прецизионный электрический привод и специально рассчитанные геометрические размеры основных вращающихся узлов, дающих движение ленте, с тем чтобы период их вращения был кратным периоду строк телевизионного сигнала. В последнем случае вследствие создаваемой сильной корреляции искажений в соседних строках на изображении эти искажения не будут заметны. Иначе

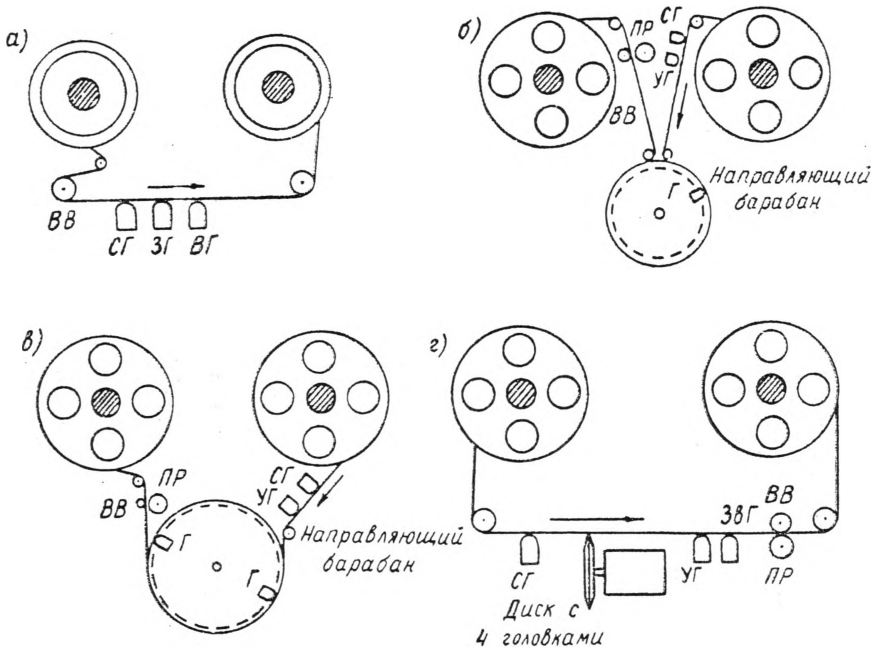


Рис. 5. Схемы магнитной записи телевизионных сигналов на ленточный носитель при продольной записи (а) и наклонно-строчной записи с одной (б), двумя (в) и тремя (г) головками

СГ—стирающая головка, ЗГ—записывающая головка, ВГ—воспроизводящая головка, УГ—управляющая головка, Г—универсальная видеоголовка, ВВ—ведущий вал, ПР—прижимной ролик, ЗвГ—звуковая головка

говоря, одинаковое временное смещение строк при воспроизведении в растре дает точное расположение их одной под другой, в результате чего на изображении такие искажения визуально не проявятся. Высокая точность изготовления всех элементов ЛПМ наряду с перечисленными выше факторами позволила получить малогабаритное УМЗ с очень высокими точностными параметрами: например, коэффициент неравномерности движения ленты не превышает 0,02%.

Вряд ли можно ожидать в ближайшем будущем возможности дальнейшего повышения абсолютной точности ЛПМ для данной группы устройств и тем более удерживать ее в процессе длительной эксплуатации. Основным средством достижения необходимой временной точности таких УМЗ должны стать устройства коррекции временных ошибок, пока еще недостаточно разработанные для телевизионных сигналов узкополосных систем с большими периодами строк и большими абсолютными значениями временных ошибок, возникающих при повышении плотности записи. Применение управляемых линий задержек с соответствующими параметрами позволит решить эту проблему. Наиболее полно и изящно она может быть решена при использовании приборов с зарядовой связью (ПЗС) в качестве управляемой линии задержки.

Устройства с неподвижными головками найдут применение главным

образом в относительно узкополосных системах с полосой до 200 кГц, а также в некоторых цифровых телевизионных системах с медленной передачей информации и распределением кодированной информации на несколько каналов.

Для консервации широкополосных телевизионных сигналов в полосе до 5 — 6 МГц УМЗ строятся по схемам записи с одной, двумя или четырьмя вращающимися магнитными головками (рис. 5 б — г). Во всех этих схемах скорость записи определяется не линейной скоростью движения ленты, а окружной линейной скоростью движения магнитной головки относительно ленты, которая в зависимости от выходных параметров устройства может быть установлена от нескольких метров до нескольких десятков метров в секунду.

В литературе [3] рассмотрены основные принципы работы УМЗ с вращающимися головками. Остановимся здесь лишь на некоторых особенностях и свойствах указанных выше схем записи. Схема рис. 5 г предусматривает запись и воспроизведение видеосигналов четырьмя головками, расположенными на вращающемся с большой скоростью (15000 об/мин) диске. Головки оставляют на ленте магнитные дорожки, расположенные под углом около 90° к направлению движения ленты, т. е. почти поперек ленты. Так как в этой схеме непрерывная магнитная дорожка, прочерчиваемая одной головкой поперек ленты, довольно коротка (по существующему стандарту она равна 46,2 мм), то на ней размещается лишь ограниченное число строк телевизионного изображения (16 строк). Поэтому при воспроизведении поле изображения состоит из многих участков, записанных различными головками. Чтобы сделать незаметными стыки этих участков, приходится вводить в видеомагнитофон многочисленные достаточно сложные специальные схемы и устройства, корректирующие возникающие в системе ошибки [3]. Несмотря на этот недостаток, данная схема является основной для вещательных студийных видеомагнитофонов, а параметры соответствующей магнитограммы стандартизированы в международном масштабе и служат основой для обмена телевизионными программами.

Большая часть отечественных телестудий оснащена четырехголовочным видеомагнитофоном «Кадр-3». В последующие годы будет разработана и подготовлена к выпуску новая усовершенствованная модель видеомагнитофона этого класса, которая обеспечит запись и воспроизведение цветных телевизионных изображений и электронный монтаж программ с лучшими качественными и временными параметрами, а также надежностью и эксплуатационными данными.

Схемы с одной и двумя головками (рис. 5 б и в), в которых магнитная лента движется винтообразно по направляющему барабану, охватывая его соответственно почти на 360° и на 180° , обладают способностью за один ход головки записывать довольно большой объем непрерывной информации, например одно полное поле телевизионного изображения, чего нельзя получить от схемы с четырьмя головками (рис. 5 г). Это значительно упрощает задачу построения УМЗ, так как отпадают вопросы борьбы с зубчиковыми, квадратными и другими искажениями, возникающими в системах, где поле изображения записывается несколькими головками и при малейшем рассогласовании становятся заметными стыки участков изображения, записанных разными головками.

Другое важное преимущество схем с одной и двумя головками заключается в возможности воспроизведения отдельных кадров (стоп-кадров) при остановленной ленте или изменения масштаба времени при изменении скорости движения ленты во время воспроизведения. Благо-

даря своим преимуществам системы наклонно-строчной записи с одной и двумя головками широко используются как в профессиональных видеомагнитофонах для промышленности и других отраслей народного хозяйства, так и в наиболее простых и дешевых видеомагнитофонах для бытового применения. В последние годы разработано несколько отечественных моделей видеомагнитофонов этих классов.

Первая отечественная малогабаритная переносная модель с одноголовочной системой записи — видеомагнитофон «Малахит» (рис. 6), пока единственный выпускаемый промышленностью серийно. Этот аппарат, многократно проверенный в практической работе, обеспечивает высококачественную запись и воспроизведение цветных телевизионных программ, получаемых от любых источников, работающих со стандартными сигналами SECAM. Благодаря простоте и удобству в эксплуатации, широкой полосе воспроизводимых частот (5 МГц), а также относительно невысокой стоимости «Малахит» находит применение во многих телевизионных системах замкнутого типа.

Более сложная отечественная модель одноголовочного видеомагнитофона — видеомагнитофон «Кадр-103» [4] — отличается от «Малахита» повышенной временной точностью и введением системы обработки воспроизводимых сигналов. Основное назначение «Кадра-103» — работа в передвижных установках телевизионного вещания.



Рис 6. Видеомагнитофон «Малахит»

Более сложная отечественная модель одноголовочного видеомагнитофона — видеомагнитофон «Кадр-103» [4] — отличается от «Малахита» повышенной временной точностью и введением системы обработки воспроизводимых сигналов. Основное назначение «Кадра-103» — работа в передвижных установках телевизионного вещания.

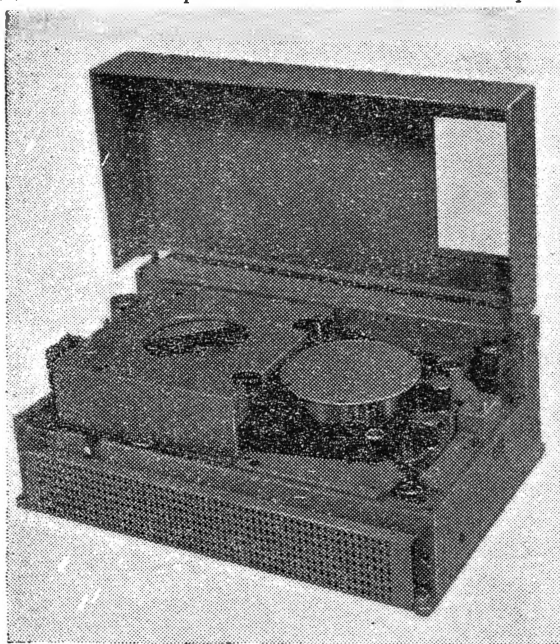


Рис. 7. Видеомагнитофон с кассетным устройством

В последнее время созданы образцы малогабаритных видеомагнитофонов (рис. 7), также построенных по принципу одноголовочной записи, обладающих широкой полосой воспроизводимых частот (5 МГц), высокой временной точностью и снабженных легкоъемным кассетным устройством.

Малогабаритный видеомагнитофон, показанный на рис. 8, работает по схеме двухголовочной записи, имеет несъемное кассетное устройство с пружинной связью между катушками для создания равномерного натяжения ленты. Полоса воспроизводимых частот 3 МГц. Этот видеомагнитофон предназначен для многократной оперативной записи и воспроизведения телевизионной информации.

Малогабаритный видеомагнитофон, показанный на рис. 8, работает по схеме двухголовочной записи, имеет несъемное кассетное устройство с пружинной связью между катушками для создания равномерного натяжения ленты. Полоса воспроизводимых частот 3 МГц. Этот видеомагнитофон предназначен для многократной оперативной записи и воспроизведения телевизионной информации.

Основные преимущества УМЗ, выполненных по двухголовочной схеме, — это практически отсутствие прерывания сигнала при переходе с одной магнитной дорожки на другую, более легкие условия движения магнитной ленты при охвате барабана на 180° и возможность относительно простой автоматизированной заправки ленты. Однако такие УМЗ имеют и существенный недостаток — большой габарит ЛПМ при одной и той же полосе частот, что и одноголовочные аппараты. Это

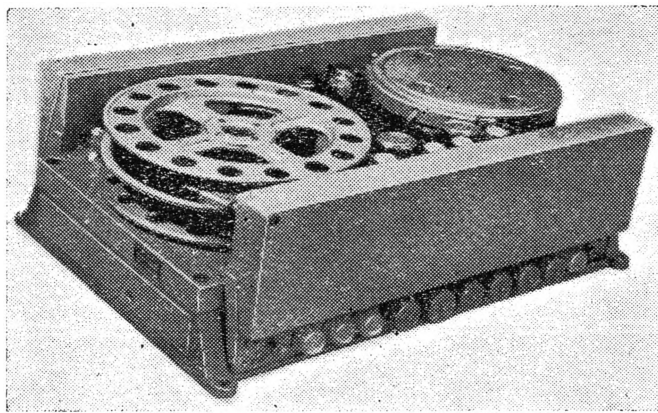


Рис. 8. Видеомагнитофон с несъемной кассетой

связано с тем, что при прочих равных условиях длина магнитной дорожки, на которой записано одно поле, одинакова для любой из этих схем и, следовательно, при охвате лентой направляющего барабана на 180° диаметр последнего должен быть вдвое больше по сравнению с барабаном в одноголовочной схеме с охватом лентой на 360° .

Схемы с одной и двумя

головками благодаря

своим широким возможностями позволяют строить УМЗ различных классов, начиная от простых бытовых видеомагнитофонов и кончая сложными прецизионными профессиональными УМЗ для использования во многих телевизионных системах вещательного и не вещательного назначения. Не касаясь вопросов дальнейшего развития бытовых видеомагнитофонов, где главной проблемой ближайших лет является значительное снижение стоимости как самих аппаратов, так и магнитной ленты, рассмотрим перспективы развития профессиональных устройств.

Важнейшие общие задачи в этом направлении — повышение эффективности, определяемой в основном поверхностной плотностью записи, и уменьшение временных ошибок воспроизводимого сигнала. Пока наибольшим показателем эффективности, равным 9500 ед/мм^2 [5], обладает цветной видеомагнитофон ВМ-72 («Малахит»). Можно ожидать, что применение новой магнитной ленты с рабочим слоем на основе двуокиси хрома и более совершенных цельноферритовых магнитных головок позволит увеличить показатель эффективности на 25 — 30%. Это даст возможность уменьшить общие размеры ЛПМ из-за уменьшения диаметра направляющего барабана и одновременно увеличить продолжительность непрерывной записи с 1 ч до 1 ч 20 мин при длине магнитной ленты в бобине 750 м.

Разработка новых прецизионных систем авторегулирования привода вращающихся магнитных головок в сочетании с автоматическим регулированием ведущего двигателя и системой регулирования натяжения ленты обеспечат достижение величины временных ошибок, не превышающих 1 — 2 мкс, т. е. в 50 раз лучше по сравнению с «Малахитом». Введение в УМЗ перечисленных высокоточных систем авторегулирования не только снизит временные ошибки, но и значительно улучшит режим считывания магнитограммы: воспроизводящая головка с большой точностью будет следовать по записанной магнитной дорожке, в результате чего можно будет допустить меньший зазор между соседними дорожками, уменьшить ширину самих дорожек и, следовательно,

повысить поверхностную плотность записи. Наряду с высокоточным исполнением основных механических элементов ЛПМ это будет способствовать осуществлению неременного требования, предъявляемого к будущим устройствам, — гарантированной взаимозаменяемости записей. Электронные компенсаторы временных искажений, основанные на управляемых линиях задержки, через которые пропускается воспроизводимый с ленты телевизионный сигнал, снизят остаточную временную ошибку с 1 — 2 до 0,04 — 0,05 мкс, т. е. до величины, допускаемой в телевизионном вещании. Есть ряд проблем в создании компенсаторов временных искажений с указанными параметрами, среди которых, пожалуй, наиболее сложно достижение малогабаритности, надежности и бесподстрочности в эксплуатации. Использование в будущем ПЗС в качестве управляемых линий задержки и схем с высокой степенью интеграции позволит преодолеть и эти проблемы.

От ширины магнитной ленты существенно зависят многие конструктивные и эксплуатационные характеристики УМЗ. В перспективе для профессиональных устройств высокого качества найдет применение магнитная лента шириной 25,4 и 12,7 мм при толщине 27 и 37 мкм. Выбор одного из этих размеров для той или иной модели УМЗ зависит от решения компромисса между габаритно-весовыми параметрами и продолжительностью непрерывной записи.

В видеомагнитофонах, в основном для целей студийного телевизионного вещания, работающих по схеме рис. 5 г, как и сейчас, будет использоваться магнитная лента шириной 50,8 мм. Эта же лента найдет применение и в других особо высококачественных УМЗ, развития которых можно ожидать в связи с новыми тенденциями производства кинофильмов и разработкой так называемого электронного кино.

Остановимся на некоторых особенностях перспективных УМЗ, базирующихся на схемах записи с одной и двумя головками и предназначенных для использования в различных телевизионных комплексах, работающих с вещательным телевизионным стандартом или аналогичным ему по параметрам разложения. По схеме с одной головкой будут построены малогабаритные устройства для записи и воспроизведения цветных и черно-белых телевизионных сигналов в полосе не менее 5 МГц при отношении сигнал/шум не хуже 40 дБ и временных ошибках не более ± 1 мкс. Длительность непрерывной записи и воспроизведения — более 90 мин. В режиме воспроизведения предусматривается регенерация синхронизирующих сигналов, а также изменение масштаба времени — замедленное воспроизведение, включая стоп-кадр. Будет гарантирована взаимозаменяемость записей. Два звуковых канала позволят помимо звукового сопровождения записывать режиссерские или иные командные указания, а также другую вспомогательную информацию. Аппарат должен быть рассчитан на эксплуатацию как в подвижных объектах, так и в стационарных условиях, поэтому к его конструкции предъявляются определенные требования, ограничивающие размеры и вес.

По сравнению с видеомагнитофоном «Кадр-103» объем будет меньше примерно на 30%, а вес снижен в 1,5 раза. Перечисленные основные параметры и требования обусловили использование в этой модели магнитной ленты шириной 25,4 мм и схемы с одной головкой.

Но это не означает, что высококачественные широкополосные УМЗ будут выполняться лишь по схеме с одной головкой. По мере увеличения разрешающей способности магнитной ленты и магнитных головок открываются большие возможности для конструирования устройств по схеме с двумя головками, обеспечивающих такие же высокие

характеристики, как и в только что описанном перспективном УМЗ. Более того, двухголовочная система записи существенно улучшит режим движения ленты, уменьшит ее механическую нагрузку и облегчит заправку ленты. Кассетный вариант с автоматической заправкой, несомненно, будет основным при создании устройств этого типа.

Важнейшая задача ближайшего будущего — создание особо малогабаритных и облегченных УМЗ для записи и воспроизведения телевизионных сигналов в полосе до 5—6 МГц в условиях значительных ограничений по весу и размерам аппаратуры.

Если отказаться от требования замедленного воспроизведения и воспроизведения стоп-кадра, то двухголовочная схема записи в этом направлении открывает новые возможности. Тогда необходимую скорость записи, минимальное значение которой определяется разрешающей способностью магнитной ленты, можно получить не только за счет определенных размеров направляющего барабана, но и за счет увеличения скорости вращения диска с магнитными головками. Так, если в двухголовочной системе скорость вращения, равную 1500 об/мин, при которой головка за один проход по ленте записывает целое поле изображения, увеличить вдвое, то при одной и той же относительной скорости «лента — головки» диаметр барабана можно будет уменьшить также вдвое. Правда, при этом головка за один проход по ленте запишет только половину поля. Вторую половину запишет вторая головка и, таким образом, поле изображения окажется составленным из двух частей. При современных средствах скоростной электронной коммутации головок стыковка этих частей будет незаметной, но очевидно, что при остановленной ленте можно будет воспроизвести только половину поля изображения, т. е. режим стоп-кадра здесь принципиально исключен.

Такая система является некоторым промежуточным вариантом между способом записи с дорожками, расположенными под малым углом к направлению движения ленты, и способом с почти поперечным расположением дорожек.

На базе рассмотренного принципа и применения ленты шириной 12,7 мм можно ожидать в будущем создания легких (до 8—10 кг) и малогабаритных УМЗ, обеспечивающих запись и воспроизведение сигналов в полосе до 6 МГц.

В заключение необходимо сказать о возможностях создания видеомagneтофонов для цифровых вещательных телевизионных систем. Такие системы при двоичном кодировании требуют полосы пропускаемых частот порядка 60 МГц. Пока нет надежд на возможность магнитной записи и воспроизведения в одном канале сигналов в столь широкой полосе частот. Выход из положения нужно искать, во-первых, в выборе кода, требующего меньшей полосы частот, например за счет использования не двух, а трех или четырех уровней, т. е. кода с основанием больше двух. Во-вторых, нужно максимально использовать возможности сжатия передаваемой информации за счет исключения избыточности или ухудшения передачи второстепенных параметров изображения. В-третьих, необходимо преобразовать код в параллельный для записи его в нескольких каналах с сокращением полосы частот в каждом из каналов в число раз, равное числу каналов.

Видеомagneтофон, построенный по схеме с неподвижным барабаном и двумя вращающимися головками (рис. 5 в), работающий с высококачественной магнитной лентой при скорости записи порядка 30 м/с, ширине магнитной дорожки 150 мкм и длине волны 3 мкм, способен уверенно записывать и воспроизводить гармонические сигналы в полосе

до 10 МГц при отношении сигнал/шум не хуже 36 дБ (отношение размаха полезного сигнала к эффективному значению шума). В лабораторных условиях при указанных данных за счет уменьшения длины волны записи полосу частот можно было бы увеличить примерно в 1,5 раза, т. е. довести до 15 МГц, но из-за необходимости иметь производственный и эксплуатационный запас все же будем ориентироваться на величину 10 МГц.

Таким образом, для записи вещательного цифрового телевизионного сигнала одним каналом даже прямой магнитной записи с полосой 10 МГц не обойтись. Поэтому одним из основных перспективных направлений в разработке видеомагнитофонов для вещательных цифровых телевизионных систем следует считать развитие многоканальных (в первую очередь 2- и 3-канальных) видеомагнитофонов с вращающимися головками. Кстати, схема рис. 5 в в принципе позволяет получить двухканальное устройство магнитной записи при установке на вращающемся диске четырех магнитных головок или трехканальное при установке шести головок. Очевидно, что шаг записи в каждом из каналов должен быть соответственно увеличен в 2 и 3 раза, чтобы в промежутках разместились дорожки смежных каналов и соответственно увеличена скорость движения магнитной ленты. Последнее обстоятельство имеет немаловажное значение, так как нужно учитывать обязательное требование, предъявляемое к видеомагнитофонам для телевизионного вещания, — время непрерывной записи должно быть не менее 90 мин. Следовательно, скорость движения ленты должна быть ограничена величиной 35 — 37 см/с, с тем чтобы возможно было использовать стандартные катушки, вмещающие до 2 км магнитной ленты. По этой же причине наиболее приемлема ширина ленты 50,8 мм. При создании подобного многоканального видеомагнитофона придется решать много сложных инженерно-технических вопросов, в частности таких, как сведение к минимуму ошибок при воспроизведении цифрового сигнала в условиях достаточно высокой плотности записи, исключение взаимного влияния каналов, обеспечение взаимозаменяемости записей, разработка системы электронного монтажа.

Заключение

Средства консервации телевизионных изображений и сигналов, основанные на фотопроцессах и на принципах магнитной записи, получившие в последнее время значительное развитие в отечественной телевизионной технике, используются во многих телевизионных системах различного назначения.

В ближайшие годы потребность в средствах консервации телевизионной информации будет возрастать, к ним будут предъявляться новые, более сложные технические требования, для реализации которых потребуются решение многих научно-технических проблем, направленных на повышение эффективности работы устройств консервации, повышение их разрешающей способности и плотности записи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов П. Ф., Семенов Е. Ф. Фотографирование ТВ-изображения с ЭЛТ со стекловолоконной планшайбой. «Техника кино и телевидения», 1973, № 12, стр. 48.
2. Русинов М. М. и Сомова Н. М. Репродукционный зеркально-линзовый

объектив. «Вопросы радиоэлектроники». Сер. «Техника телевидения», 1976, вып. 2, стр. 47.

3. Гончаров А. В. [и др.]. Техника магнитной видеозаписи. М., «Энергия», 1970.

4. Пархоменко В. И. [и др.]. Видеомагнитофон «Кадр-103». «Техника кино и телевидения», 1975, № 1, стр. 45.

5. Иванов В. Б. Об оценке эффективности устройств магнитной записи аналоговых телевизионных сигналов. «Вопросы радиоэлектроники». Сер. «Техника телевидения», 1973, вып. 1, стр. 25.

Статья поступила 8 апреля 1976 г.
