

Запись цветowych ТВ сигналов на видеомагнитофоне ЛОМО типа ВК

М. Г. Шульман, Л. Н. Баланин, А. В. Алексеев

В последние годы в СССР создан ряд новых малогабаритных видеомагнитофонов [1] и в настоящее время одной из основных задач является обеспечение возможности записи на них цветowych ТВ сигналов. Ниже рассмотрены работы, проведенные по модернизации разработанного в 1970 г. в Ленинградском оптико-механическом объединении малогабаритного видеомагнитофона типа ВК.

Особенности записи сигналов СЕКАМ ЗБ на видеомагнитофоне ВК

Для уменьшения стоимости эксплуатации, в видеомагнитофоне ВК использован оригинальный способ записи телевизионного сигнала [2]¹, заключающийся в том, что при записи регистрируется только одно поле телевизионного кадра, а при воспроизведении, с целью устранения мельканий изображения, это поле считывается дважды. Для получения чересстрочности развертки на экране телевизора воспроизведение смежных полей сдвигается на время длительности поля плюс или минус длительность половины телевизионной строки $\left(\frac{H}{2}\right)$. Это обеспечивается соответствующим смещением головок на диске.

В цветовой телевизионной передаче (ЦТС), кодированной по системе СЕКАМ ЗБ, цветоразностные сигналы передаются поочередно. Для правильного воспроизведения цветного изображения необходимо, чтобы в воспроизводимом сигнале видеомагнитофона с записью одного поля сохранялось чередование цветоразностных сигналов.

Ввиду ограниченного объема статьи авторы не приводят сравнительной таблицы чередования цветоразностных сигналов и изменения фазы цветовой поднесущей в системе СЕКАМ ЗБ и в сигнале, воспроизводимом с видеомагнитофона ВК.

Сравнительный анализ чередования сигналов D'_R и D'_B в телевизионном кадре, полученном в результате повторного воспроизведения нечетного поля второй видеоголовкой, геометрически смещенной относительно первой на длительность поля — $\frac{H}{2}$, с чередованием этих сигналов в системе СЕКАМ ЗБ показал, что чередование цветоразностных сигналов полностью сохраняется.

Сигнал цветовой синхронизации (СЦС) при первом воспроизведении поля надлежащим образом

управляет коммутатором канала цветности телевизора.

При повторном воспроизведении второй видеоголовкой, если переключение с головки на головку осуществляется до начала СЦС, условия работы коммутатора не меняются, так как фактически воспроизводится то же самое поле. Однако оно смещено по времени, и сигнал СЦС соответствует строкам с 320-й по 328-ю.

Для уменьшения видности цветовой поднесущей на экране черно-белого телевизора, особенно изображения с большими участками одинакового цвета, в системе СЕКАМ ЗБ фазу сигнала цветовой поднесущей периодически изменяют. Это изменение осуществляется для каждого поля и каждой третьей строки разложения [3]. В сигнале видеомагнитофона полный цикл изменения фазы поднесущей цветности осуществляется в течение шести телевизионных кадров. Изменение фазы поднесущей через две строки на третью внутри данного поля при этом сохраняется, но, ввиду того что каждое записанное поле воспроизводится дважды, длительность цикла изменения фазы поднесущей внутри кадра увеличивается приблизительно вдвое.

Экспериментальные исследования показали, что увеличение длительности цикла изменения фазы поднесущей не ухудшает визуального восприятия изображения, воспроизводимого на экране телевизора. Следует заметить, что последовательность чередования фазы поднесущей в системе СЕКАМ ЗБ в известной степени выбрана субъективно, так как степень видности поднесущей на экране является сложной функцией зрения и условий наблюдения. Поскольку в системе СЕКАМ ЗБ применяется частотная модуляция порядка 6% от номинального значения средней частоты, то структура поднесущей на экране определяется в значительной степени содержанием изображения и носит неупорядоченный хаотический характер [4]. Примененный способ записи одного поля с двойным его воспроизведением также приводит к хаотическому характеру структуры поднесущей на экране телевизора.

Из проведенных экспериментов следует, что запись ЦТС СЕКАМ ЗБ на видеомагнитофонах с записью одного телевизионного поля возможна и не приводит к существенным искажениям воспроизводимого сигнала. Использование такого способа записи позволяет экономить дорогостоящую магнитную ленту.

Преобразование сигнала цветности

Основная особенность ЦТС независимо от способа кодирования заключается в наличии цветовой информации, передаваемой в верхней части спектра монохроматического сигнала. Это исключает возможность прямой записи ЦТС на малогабаритных видеоманитофонах с полосой пропускания 2,5 — 3 МГц, так как спектр воспроизводимого сигнала не будет содержать поднесущей цветности, что приведет к потере цветовой информации. Кроме того, наличие цветовой информации вызывает повышенную чувствительность телевизионного сигнала к временным искажениям. В [5, 6] приведены различные способы преобразования сигнала цветности, позволяющие преодолеть указанные технические трудности.

Анализ этих способов, приведенный в [6], а также результаты ряда экспериментов по выбору способа преобразования ЦТС показали, что для малогабаритных видеоманитонов с относительной скоростью головка — лента порядка 11 м/с и полосой пропускания 2,5 ÷ 3 МГц, что соответствует техническим характеристикам аппарата типа ВК [1], наилучшие параметры воспроизводимого сигнала обеспечивает способ гетеродинирования сигнала цветности в ЧМ канале видеоманитофона. При этом основными факторами, определившими выбор способа преобразования ЦТС, были: относительная простота, высокая помехоустойчивость, малая чувствительность к изменению временного масштаба.

Размещение спектра сигнала цветности в ЧМ канале видеоманитофона потребовало некоторого изменения применявшейся расстановки частот. Из диаграммы, показанной на рис. 1, следует, что для неискаженной передачи сигнала цветовой синхронизации должна быть передана полоса частот $\Delta F'_{\text{цв.доп}}$, равная приблизительно 900 кГц.

Тогда допустимый коэффициент сужения сигнала цветности

$$K_{\text{цв.доп}} = \frac{\Delta F_{\text{цв}}}{\Delta F'_{\text{цв.доп}}}, \quad (1)$$

где $\Delta F_{\text{цв}}$ — полоса частот сигнала цветности — составляет 3 ÷ 3,3.

При выбранной с учетом предложений международной стандартизации [7] частоте гетеродина $f_{\text{гет}} = 5000$ кГц спектр сигнала цветности будет располагаться в диапазоне 0,2—1,1 МГц, откуда следует, что спектр ЧМ сигнала яркости должен находиться выше частоты $f_{\text{н}} = 1,1$ МГц. При сохранении полосы пропускания $\Delta F'_{\text{я}}$ видеоманитофона по каналу яркости в пределах 2,5 МГц коэффициент сужения спектра сигнала яркости

$$K_{\text{я}} = \frac{\Delta F_{\text{я}}}{\Delta F'_{\text{я}}}, \quad (2)$$

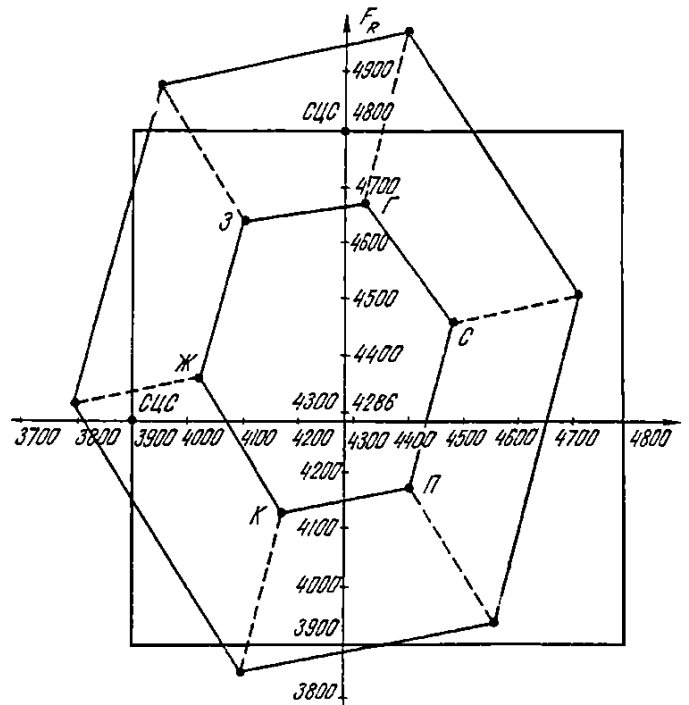


Рис. 1. Диаграмма сигнала цветности

где: $\Delta F_{\text{я}}$ — полоса частот, занимаемая спектром сигнала яркости; $\Delta F'_{\text{я}}$ — полоса пропускания видеоманитофона — составляет 2,4, что считается приемлимым для видеоманитонов широкого применения [6].

Тогда при девиации ΔF порядка 1,5 МГц частота соответствующая уровню черного

$$f_{\text{ч}} = f_{\text{н}} + \Delta F_{\text{я}}, \quad (3)$$

должна быть не ниже 3,6 МГц, а частоты, соответствующие уровням синхроимпульсов и белого, соответственно 3,1 МГц и 4,6 МГц. На рис. 2 показана расстановка частот в ЧМ канале аппарата ВК, рассчитанная для выбранного способа преобразования сигнала цветности.

В результате преобразования сигнала цветности неизбежно возникают комбинационные помехи, которые проявляются на цветном изображении в виде случайной перемежающейся структуры («муар»).

Известно, что «муар» в значительной мере обусловлен выбором схемы преобразователя и качеством ее выполнения. С целью уменьшения комбинационных помех была выбрана схема кольцевого балансного смесителя (КБС) [8]. При выборе типа полупроводниковых диодов, являющихся нелинейными элементами в схеме КБС, с помощью ЭВМ «Минск-22» аппроксимировались их вольтамперные характеристики. В результате этих расчетов предпочтение отдано германиевым диодам типа Д9К и Д311А. Однако даже при использовании схемы КБС невозможно полностью исключить ком-

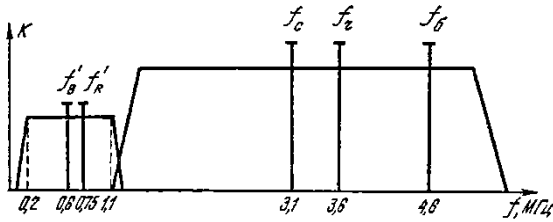


Рис. 2. Расстановка частот в ЧМ канале видеомагнитофона

бинационные помехи, так как они возникают в процессе записи — воспроизведения сигнала цветности. На рис. 3 показано возникновение помех, вызванных прониканием 3-й гармоники низшей частоты в спектр сигнала цветности, гетеродинированного вниз, при этом частота гетеродина равна 5 МГц.

Как видно из рис. 3, спектр сигнала цветности в ЧМ канале видеомагнитофона будет содержать гармонические составляющие третьего порядка сигналов, соответствующих голубому и зеленому цветам красной строки сигнала СЕКАМ ЗБ.

При выбранной частоте гетеродина они не устраняются и вызывают «муар» на указанных цветах.

Нетрудно определить частоту гетеродина, при Второй гармоники третьего порядка будут находиться вне полосы сигнала цветности $\Delta F'_{\text{цв. доп.}}$.

Из условия

$$3(f_{\text{гет}} - F_B) \geq f_{\text{гет}} - F_H, \tag{4}$$

получим, что $f_{\text{гет}} \geq 5,175$ МГц.

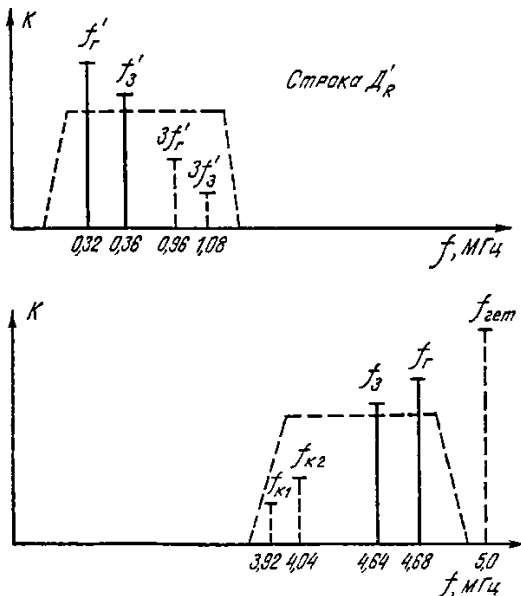


Рис. 3. Возникновение комбинационных помех в спектре сигнала цветности

Отметим, что в видеомагнитофоне EV-310, разработанном фирмой Сони, эта частота выбрана равной 5,4 МГц. Как следует из [4], выбор такой частоты предпочтителен, однако требует расширения полосы пропускания системы «головка — лента», что не всегда возможно. По нашему мнению, оптимальна частота, равная 5,1—5,2 МГц.

Как показал анализ выбранного способа преобразования, уменьшение «муара» может быть также получено при частоте гетеродина 3650 МГц. Однако при этом возможны другие помехи.

Преобразование сигнала цветности способом гетеродинирования в ЧМ канал видеомагнитофона значительно понижает чувствительность цветовой поднесущей сигнала СЕКАМ ЗБ к нестабильности движения ленты и неравномерности вращения диска с видеоголовками.

В [5] показано, что при одинаковой нестабильности изменение частоты гетеродинированной цветовой поднесущей уменьшается во столько раз, во сколько понижается поднесущая относительно номинального значения.

Как известно, изменение частоты цветовой поднесущей относительно ее номинального значения можно определить по формуле:

$$\Delta f_n = n f'_n, \tag{5}$$

где n — относительное изменение скорости звена «головка — лента»; f'_n — значение пониженной частоты цветовой поднесущей.

При относительном изменении скорости звена «головка — лента» в видеомагнитофоне типа ВК на $\pm 6 \cdot 10^{-4}$ и среднем значении $f'_n = 714$ кГц изменение частоты цветовой поднесущей не превышает $\pm 0,5$ кГц, что значительно ниже допустимого для системы СЕКАМ ЗБ [9].

Структурная схема видеомагнитофона

Преобразование сигнала цветности осуществляется в блоке преобразователя, конструктивно объединенном с видеомагнитофоном. В режиме записи (рис. 4) полный цветовой сигнал поступает на вход распределительного устройства, с одного выхода которого видеосигнал подается на модулятор видеомагнитофона, где с помощью фильтра нижних частот выделяется сигнал яркости в полосе 2,5 МГц. На выходе модулятора образуются ЧМ колебания, соответствующие сигналу яркости.

Со второго выхода распределительного устройства сигнал поступает на полосовой фильтр, который выделяет сигнал цветности в полосе частот от 3,9 до 4,8 МГц. Для записи сигнала цветности производится преобразование его спектра в область

частот от 0,2 до 1,1 МГц. Этот процесс осуществляется в кольцевом балансном смесителе, куда одновременно с сигналом цветности поступают колебания местного генератора, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором.

Выходной сигнал смесителя через фильтр нижних частот подается на сумматор, где происходит линейное сложение перенесенного сигнала цветности с ЧМ сигналом яркости. Здесь же осуществляется и регулировка уровней суммируемых сигналов. С выхода сумматора сложный ЧМ сигнал поступает на вход усилителя записи видеоманитфона. Экспериментально было найдено, что для неискаженной передачи полосы частот 0,1—1,2 МГц через звено «головка — лента» соотношение между уровнем несущей ЧМ сигнала яркости и цветовой поднесущей должно находиться в пределах 22÷24 дБ.

воспроизводимый ЧМ сигнал цветности поступает на смеситель, выполненный по той же схеме, что и в канале записи.

Одновременно в смеситель подается сигнал кварцевого генератора. При этом сигнал цветности переносится в полосу частот от 3,9 до 4,8 МГц, выделяемую полосовым фильтром. Далее сигналы усиливаются и поступают на сумматор. В связи с тем что время прохождения сигналов яркости и цветности через тракт видеоманитфона различно, необходимо произвести задержку демодулированного сигнала яркости на время, приблизительно равное 0,8–1 мкс. С выхода сумматора полный цветовой телевизионный сигнал подается на цветное ВКУ или телевизор.

При работе с цветным телевизором цветовидеосигнал снимается с выхода видеодетектора с помощью специально разработанной схемы согла-

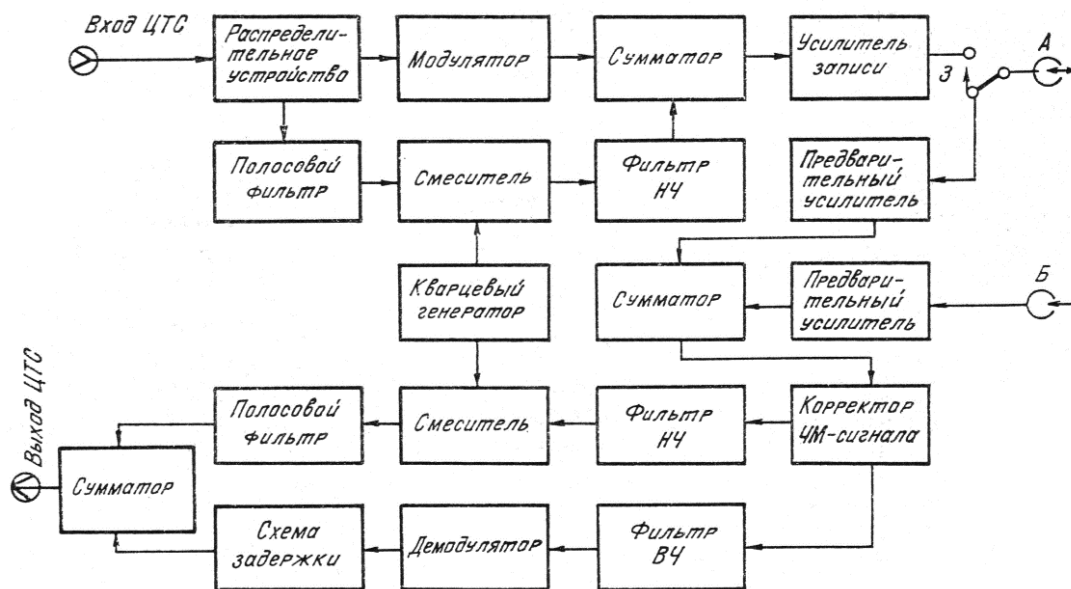


Рис. 4. Структурная схема видеоканала

Как следует из рис. 4, запись осуществляется головкой «А» в период ее нахождения на ленте, что в двухголовочных системах соответствует примерно $1/50$ с.

При воспроизведении суммарный сигнал через усилитель воспроизведения подается на ЧМ корректор, обеспечивающий коррекцию амплитудно-частотной характеристики в области девиации ЧМ сигнала яркости. С выхода ЧМ корректора воспроизводимый сложный сигнал поступает на фильтры ВЧ и НЧ, при помощи которых происходит разделение спектров сигналов яркости и цветности. ЧМ сигнал яркости поступает на ограничитель и демодулятор, на выходе которого образуется полный черно-белый видеосигнал. С выхода ФНЧ

сования¹, питание которой может осуществляться непосредственно от телевизора. Поскольку реальное соотношение сигнала цветности и полного размаха видеосигнала составляет минус 20—26 дБ, необходимо ввести обработку выходного сигнала с видеодетектора. С этой целью сигнал цветности выделенный фильтром с характеристикой, соответствующей стандартной амплитудно-частотной характеристике ВЧ после коррекции системы СЕКАМ, поступает на ограничитель, где происходит устранение паразитной амплитудной модуляции, вызванной помехами эфира и шумами телевизора. Уровень ограничения — порядка 30 дБ.

¹ Вопрос о включении данного устройства в состав телевизора подлежит дополнительному обсуждению (Прим. ред.)

С выхода ограничителя сигнал цветности поступает на стандартный фильтр с характеристикой, соответствующей ВЧ предискажениям системы СЕКАМ, усиливается и поступает на сумматор, где складывается с сигналом яркости. Для устранения шумов, неизбежно возникающих в интервалах сигнала цветности, соответствующих строчному и кадровому синхронизирующим импульсам, вводится стробирование сигнала замещаемым сигналом ССП, выделенным при помощи отдельного селектора. В результате на выходе схемы обработки образуется полный цветовой видеосигнал со стандартными соотношениями между сигналами яркости и цветности.

Схема преобразователя ЦТС полностью выполнена на полупроводниковых приборах. Для повышения уровня унификации аппарата в целом, а также уменьшения габаритов, массы и снижения потребляемой мощности в преобразователе использованы микросхемы широкого применения серии К118 и К122. С помощью специально разработанных коррекций достигнуто расширение полосы пропускания микросхем указанных серий до 10 МГц при коэффициенте усиления не менее 26 дБ.

При испытаниях экспериментального макета видеомagneтoфoна с цветным телевизором «Радуга-701» получены следующие параметры воспроизводимого цветного сигнала:

полоса частот по каналу яркости 50 Гц — 2,5 МГц с отношением сигнал/шум — 38 дБ;

полоса частот по каналу цветности более 900 кГц при отношении сигнал/шум — 32 дБ.

Визуально были отмечены хорошее качество воспроизводимого цветного изображения, правильная передача цветов и практически полное отсутствие «муара». Измерения параметров выполнялись на ленте с хромоксидным покрытием. Применение других типов магнитных лент снижает качество воспроизводимого изображения из-за более высокого уровня шумов.

Комплект экспериментального видеомagneтoфoна ВК для записи цветных телевизионных программ показан на рис. 5. Блок преобразователя ЦТС конструктивно объединен с аппаратом и располагается в нижней его части. Такое решение позволяет упростить схему электрических соединений и эксплуатацию комплекта.

Выводы

1. Запись сигналов цветного телевидения, кодированных по системе СЕКАМ ЗБ, на видеомagneтoфoнах с записью одного полукадра (например,



Рис. 5. Экспериментальный видеомagneтoфoн ВК-ЦТ

на видеомagneтoфoне ЛОМО типа ВК) обеспечивает хорошее качество воспроизводимого цветного изображения. Это подтвердили испытания экспериментального макета видеомagneтoфoна ВК от различных источников сигнала.

2. Наиболее целесообразно использование способа гетеродинамирования сигнала цветности в ЧМ канал видеомagneтoфoна. Этот способ требует не-некоторой переделки схем аппарата, но обеспечивает более высокую помехоустойчивость при сохранении высокого качества воспроизводимого ЦТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шульман М. Г. и др., Техника кино и телевидения, 1972, № 1.
2. Шульман М. Г. и др., Авт. свид. № 209530, кл. 21а от 11 октября 1965 г.
3. «Теория и практика цветного телевидения», Сборник под редакцией П. В. Шмакова, «Советское радио», 1962.
4. Дури Ж., Техника кино и телевидения, 1965, № 5.
5. Нагасаки, Преобразование цветности в малогабаритных видеомagneтoфoнах, Эракутороникусу, 1971, № 9.
6. Лишин Л. Г., Сравнительный анализ различных способов записи сигналов по системе СЕКАМ ЗБ на узкополосные видеомagneтoфoны, Труды ВНИИТР, вып. 3 (22), 1972.
7. Материалы Международной электротехнической комиссии. Подкомитет 60В: видеозапись. Нидерланды, июнь 1972 (вторая редакция).
8. Верзунов М. В. и др.; Однополосная модуляция, «Связь», 1962.
9. Певзнер Б. М., Системы цветного телевидения, «Энергия», 1969.