

ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

**559-2015**

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОДИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ВЕЩАТЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

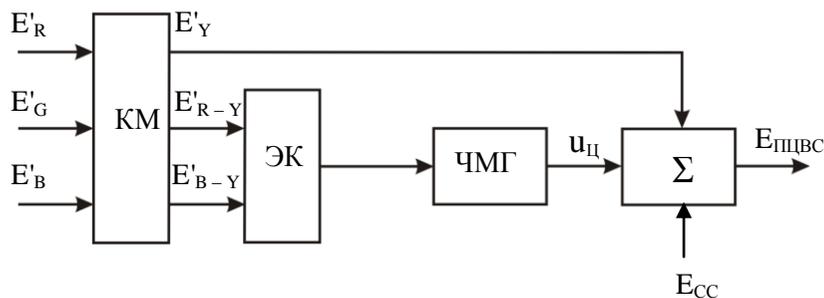
к лабораторной работе по дисциплинам  
«Основы телевидения»

«Основы телевидения и видеотехники»  
и «Телевизионная техника»

для студентов

направлений 11.03.01, 11.04.01 «Радиотехника»  
и специальности

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»  
всех форм обучения



Воронеж 2015

Составитель доцент И.А. Зеленин

УДК 621.397.132.127 (07)

Исследование кодирующего устройства системы вещательного телевидения: методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Основы телевидения», «Основы телевидения и видеотехники» и «Телевизионная техника» для студентов направлений 11.03.01, 11.04.01 «Радиотехника» и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. И.А. Зеленин. Воронеж, 2015. 67 с.

Методические указания содержат домашнее и лабораторное задания, рекомендации по их выполнению. Приведены основные теоретические сведения о принципе построения кодирующего устройства, а также справочный материал и математические выражения для расчета его специфических узлов.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2010 и содержатся в файле Зеленин\_ИА\_KY.pdf.

Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.С. Самодуров  
Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р физ.-мат. наук, проф. Ю. С. Балашов

Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет», 2015

## 1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

### 1.1. Цели работы:

изучение принципа построения кодирующего устройства (кодера) системы цветного телевидения SECAM;

экспериментальное исследование физических процессов, протекающих в основных узлах кодера;

определение взаимосвязи качества воспроизводимого на экране цветного телевизора изображения с параметрами формируемых сигналов и характеристиками узлов;

приобретение практических навыков по регулированию кодера.

1.2. При выполнении домашнего задания студенты должны *изучить*:

методы повышения помехозащищенности и улучшения совместимости системы SECAM, реализуемые в кодере;

принцип действия кодера по структурной или функциональной схемам.

1.3. На лабораторных занятиях студенты должны экспериментально убедиться в правильности основных положений теории кодирования сигналов SECAM.

1.4. Для выполнения лабораторного задания необходимо использовать следующие приборы и оборудование:

макет кодера системы SECAM;

формирователь сигналов основных цветов и синхрогенератор;

лабораторный стенд на базе цветного телевизора;

осциллограф с блоком выделения телевизионной (ТВ) строки CI-81;

измеритель частотных характеристик (ИЧХ) XI-7Б;

частотомер ЧЗ-34;

вольтметр В7-26.

## 2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ И УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

2.1. Изучить методы повышения помехозащищенности и улучшения совместимости системы SECAM.

2.2. Изучить принцип действия кодирующего устройства системы SECAM.

2.3. Рассчитать коэффициенты передачи цепей предскажений цветоразностных сигналов и сигналов цветности. Изобразить возможные варианты схем кодирующей матрицы и цепей предскажений.

2.4. Рассчитать амплитуды сигналов: яркостного ( $E'_Y$ ), цветоразностных ( $E'_{R-Y}$ ,  $E'_{B-Y}$ ,  $D'_R$ ,  $D'_B$ ) и цветности ( $u_{ЦР}$ ,  $u_{ЦВ}$ ); определить необходимые значения девиаций частот ( $\Delta f_R$ ,  $\Delta f_B$ ) и частот цветовых поднесущих ( $f_R$ ,  $f_B$ ). Изобразить форму сигналов основных цветов ( $E'_R$ ,  $E'_G$ ,  $E'_B$ ) и рассчитанных сигналов, а также полного цветового видеосигнала системы SECAM для двух соседних строк при передаче изображения вертикальных цветных полос согласно данным своего варианта (табл. 1).

Сначала изучите методы повышения помехозащищенности и улучшения совместимости системы SECAM, изложенные в [1, с. 265-277; 2, с. 241-246] и приложении 1 данного руководства. Обратите внимание на необходимость и физическую сущность принятых мер. Затем подробно ознакомьтесь с принципом действия кодирующего устройства SECAM (п. 2.2) по структурной схеме, приведенной в [1, с. 279; 2, с. 242; 3, с. 47] и приложении 2 руководства. Здесь следует обратить внимание на то, каким образом влияют выполняемые операции на соответствующие сигналы во временной и спектральной областях.

Расчет коэффициентов передачи цепей предскажений

цветоразностных сигналов и сигналов цветности (п. 2.3) произведите по формулам соответственно П1.6 и П1.9 руководства. В первом случае расчет выполняйте в диапазоне частот от 0 до 1000 кГц с шагом 50 кГц, а во втором – от 3750 до 4900 кГц с тем же шагом. Составить возможные схемы цепей предвыскажений и кодирующей матрицы можно на основе анализа материала одноименной темы в [3...5].

Номер варианта	Цвет полос		
	Б	Ж	Г
01	Б	Ж	Г
02	СС	З	П
03	Ср	К	С
04	ТС	Ж	З
05	Б	З	П
06	СС	К	С
07	Ср	Ж	П
08	ТС	Г	К
09	Ч	П	С
10	Б	К	С
11	СС	Г	К
12	Ср	З	П

В таблице приняты следующие обозначения цвета полос:

- Б – белый,
- Ж – желтый,
- Г – голубой,
- З – зеленый,
- П – пурпурный,
- К – красный,
- С – синий,
- СС – светло-серый,
- Ср – серый,
- ТС – темно-серый,
- Ч – черный.

Расчетные операции п. 2.4 следует выполнять при условии применения сигнала вертикальных цветных полос типа 100/0/75/0 по соответствующим формулам из приложений руководства. Считайте, что светло-серому в изображении соответствует уровень сигнала яркости, расположенный на (20...25) % ниже уровня белого, а темно-серому – на (20...25)

% выше уровня черного. При построении формы полного цветного видеосигнала (ПЦВС) укажите на рисунке сигналы яркости, цветности и цветовой синхронизации, строчный синхронизирующий и гасящий импульсы, отметьте числовые значения длительностей и периодов, а также значения уровней белого, черного, гашения и синхронизации в соответствии с действующим стандартом [6].

### 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ДОМАШНЕМУ ЗАДАНИЮ

3.1. Поясните назначение кодирующего устройства системы цветного телевидения.

3.2. Перечислите реализуемые в кодирующем устройстве основные меры, направленные на улучшение совместимости и повышение помехозащищенности системы SECAM. Почему в системах NTSC и PAL подобных мер не предусмотрено?

3.3. Почему в системе SECAM принято передавать цветоразностные сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$ , а не сигналы  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$ ?

3.4. Нарисуйте упрощенную структурную схему кодирующего устройства и по ней поясните принцип его действия.

3.5. Что представляют собой сигналы полевой цветовой синхронизации в системе SECAM? Нарисуйте их форму до частотной модуляции и после.

3.6. Что такое защитная цветовая вспышка и какие функции она выполняет?

3.7. Какой метод уплотнения телевизионного канала принят в системе SECAM для передачи сигналов цветовой синхронизации?

3.8. Поясните назначение и принцип действия цепей предвыскажений.

3.9. Чему равен размах сигнала цветности на частоте минимума цепи предискажений  $f_0 = 4286$  кГц? Из каких соображений выбран такой размах?

3.10. Каким образом ограничивают полосу частот цветоразностных сигналов? Нарисуйте требуемую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) фильтра нижних частот.

3.11. Перечислите и поясните особенности частотно-модулируемого генератора (ЧМГ) и предъявляемые к нему требования.

3.12. В какой части строчного гасящего импульса поднесущая должна быть подавлена и почему?

3.13. Перечислите логическую последовательность операций, которые необходимо выполнить в процессе формирования полного цветового видеосигнала кодирующим устройством.

3.14. Поясните сущность спектральных преобразований, реализуемых в кодирующем устройстве.

#### 4. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ И УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

4.1. Просмотреть, зарисовать, измерить размахи и временные параметры (периоды следования, длительности) сигналов на входе кодирующего устройства и выходах следующих узлов:

- а) кодирующей матрицы;
- б) фазоинвертора сигнала  $E'_{R-Y}$ ;
- в) уравнивающих усилителей;
- г) цепей предискажений цветоразностных сигналов;
- д) электронного коммутатора цветоразностных сигналов;
- е) формирователей коммутирующих и пьедестальных импульсов;

- ж) амплитудного ограничителя модулирующего сигнала;
- з) частотно-модулируемого генератора;
- и) цепи предискажений сигнала цветности;
- к) подавителя сигнала цветности;
- л) общего сумматора (на выходе кодирующего устройства).

4.2. Просмотреть и зарисовать амплитудно-частотные характеристики следующих узлов:

- а) цепей предискажений цветоразностных сигналов;
- б) фильтра нижних частот;
- в) полосового фильтра;
- г) цепи предискажений сигнала цветности.

4.3. Снять модуляционную характеристику (МХ) частотно-модулируемого генератора.

4.4. Исследовать влияние изменений амплитуд, временных и частотных параметров формируемых сигналов на качество воспроизводимого телевизионного изображения вертикальных цветных полос.

До начала экспериментальных исследований кодирующего устройства необходимо хорошо представлять себе сущность всех операций по формированию полного цветового видеосигнала.

Ознакомьтесь с принципиальной схемой исследуемого кодера, назначением регулировочных элементов и контрольных точек. Включите в сеть кодер, телевизор и измерительные приборы. Подключив выход кодера к видеовходу телевизора, установите нормальные яркость, контраст, цветовой тон и насыщенность изображения вертикальных цветных полос соответствующими регуляторами телевизора (кодер имеет встроенные формирователь сигналов основных цветов и синхроге-

нератор). Для детального исследования сигналов полевой цветовой синхронизации и защитной цветовой вспышки целесообразно использовать осциллограф в режиме выделения ТВ строки.

При выполнении п. 4.1 осциллограф следует последовательно подключать к соответствующим узлам, установив на его экране 2 или 3 строки исследуемого сигнала.

Для снятия амплитудно-частотных характеристик (п. 4.2) на входы соответствующих узлов необходимо подавать частотно-модулированный (ЧМ) сигнал от ИЧХ, а с их выходов через детекторную головку – на вход ИЧХ. При этом формирователи сигналов основных цветов и импульсных сигналов должны быть отключены.

При указанных в п. 4.2 условиях и отключенной импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАПЧ) снять модуляционную характеристику ЧМГ, т.е. зависимость частоты вырабатываемых колебаний от напряжения смещения (п. 4.3), которое следует изменять так, чтобы перекрыть диапазон от 3900 до 4900 кГц с шагом в 50 кГц. Результаты измерений отразить графически.

Для изменения параметров формируемых сигналов (п. 4.4) следует использовать регулировочные элементы, расположенные в кодирующей матрице, цепях предискажений, фильтре нижних частот, формирователе пьедестальных импульсов, частотно-модулируемом генераторе, подавителе поднесущих и выходном сумматоре. По окончании экспериментов регулирующие элементы установить в первоначальное положение.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОМУ ЗАДАНИЮ

5.1. Нарисуйте и поясните действие кодирующей мат-

рицы, используемой в кодирующем устройстве.

5.2. В течение каких промежутков времени передают сигналы цветовой синхронизации?

5.3. Каким образом формируют сигналы полевой и строчной цветовой синхронизации?

5.4. Какую задачу решают уравнивающие усилители и с какой целью?

5.5. Какую форму приобретают импульсы на выходе цепи предискажения цветоразностных сигналов, если на ее вход подаются прямоугольные импульсы?

5.6. Нарисуйте необходимые амплитудно-частотные характеристики цепей предискажений и их коррекции.

5.7. Для чего необходима коммутация сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$  через строку? Каким образом она реализуется в кодирующем устройстве?

5.8. Как ограничивают девиации частот поднесущих в кодирующем устройстве?

5.9. Поясните особенности амплитудного ограничителя цветоразностных сигналов.

5.10. Какую роль выполняют пьедестальные импульсы? Как их формируют?

5.11. Каким образом достигают необходимую стабильность частот покоя  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$  в кодирующем устройстве?

5.12. Какую роль выполняет полосовой фильтр, включаемый после частотного модулятора? Нарисуйте его амплитудно-частотную характеристику.

5.13. Каким образом обеспечивают коммутацию фаз поднесущих в кодирующем устройстве?

5.14. В какие интервалы времени и каким образом подаются колебания поднесущих в кодирующем устройстве?

5.15. Поясните принцип действия корректора перекрест-

ных искажений.

5.16. Изобразите осциллограммы сигналов в характерных точках кодирующего устройства в случае формирования сигнала вертикальных цветных полос.

5.17. Нарисуйте полосу частот, занимаемую сформированным кодирующим устройством полным цветовым видеосигналом.

5.18. Оцените влияние введенных в кодирующее устройство изменений параметров формируемых сигналов на качество воспроизводимого изображения вертикальных цветных полос.

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

6.1. Результаты выполнения домашнего задания (пп. 2.3, 2.4) и лабораторного (пп. 4.1-4.4) заданий.

Осциллограммы расположить одну под другой с соблюдением синфазности процессов при одном и том же временном масштабе. На графиках (осциллограммах и АЧХ) отметьте диапазоны изменений параметров, в пределах которых качество воспроизводимого ТВ изображения можно считать нормальным.

6.2. Краткие выводы по каждому пункту выполненного лабораторного задания и по работе в целом.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ СОВМЕСТИМОСТИ СИСТЕМЫ SECAM, РЕАЛИЗУЕМЫЕ В КОДИРУЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Ширина спектра сигнала цветности зависит от индекса частотной модуляции  $m$ , который определяют по выражению:

$$m = \frac{\Delta f}{F_{\max}}, \quad (\text{П1.1})$$

где  $\Delta f$  – отклонение поднесущей частоты от номинального значения (девиация частоты);

$F_{\max}$  – максимальное (верхнее) значение частоты модулирующего цветоразностного сигнала.

Как известно из теории частотной модуляции (ЧМ), помехозащищенность приема ЧМ колебаний тем выше, чем большее значение имеет индекс  $m$  (больше глубина ЧМ), т.е. влияние помех при использовании ЧМ тем меньше, чем выше индекс ЧМ.

В системе SECAM девиации частот составляют  $\Delta f_{OR} = 280$  кГц и  $\Delta f_{OB} = 230$  кГц, а максимальная частота передаваемых цветоразностных сигналов  $F_{\max} = 1,5$  МГц. При этом индекс ЧМ оказывается значительно меньше единицы:

$$m_R = \frac{\Delta f_{OR}}{F_{\max}} = \frac{0,28}{1,5} = 0,187; \quad m_B = \frac{\Delta f_{OB}}{F_{\max}} = \frac{0,23}{1,5} = 0,153. \quad (\text{П1.2})$$

С точки зрения повышения помехозащищенности приема сигнала цветности желательно увеличить индекс ЧМ. Однако увеличить  $m$  в системе SECAM за счет возрастания девиаций частот нельзя, так как это приведет к значительному расширению полосы частот, занимаемой сигналом цветности в полосе частот яркостного сигнала, к увеличению заметности помех от сигнала цветности на экранах черно-белых телевизоров и тем самым к ухудшению совместимости. Поэтому в системе SECAM и пришлось выбрать индекс ЧМ меньше единицы. При таких малых значениях индексов ЧМ ( $m_R = 0,187$ ;  $m_B = 0,153$ ) и малом уровне сигнала цветности (0,23 от размаха сигнала яркости) помехозащищенность системы SECAM оказывается значительно ниже, чем систем с квадратурной балансной модуляцией (NTSC, PAL).

Для повышения помехозащищенности и улучшения совместимости системы SECAM на передающей стороне специально вводят, например, частотные предискажения цветоразностных сигналов и сигнала цветности, а в цветных ТВ приемниках – коррекцию предискажений. Кроме того, для этих целей применяют и другие меры, такие, как применение компрессированных цветоразностных сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$ , изменение полярности красного цветоразностного сигнала, введение двух цветовых поднесущих частот, уменьшение перекрестных искажений, изменение фаз поднесущих и др.

### П1.1. Использование компрессированных цветоразностных сигналов $D'_R$ и $D'_B$

В системе SECAM цветоразностные сигналы  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$  заменены сигналами  $D'_R$  и  $D'_B$ , определяемыми соотношениями:

$$D'_R = -K_R E'_{R-Y} = -1,9E'_{R-Y}; \quad D'_B = K_B E'_{B-Y} = 1,5E'_{B-Y}, \quad (\text{П1.3})$$

где  $K_R$  и  $K_B$  – коэффициенты компрессии (масштабные коэффициенты);  $K_R=1,9$ ;  $K_B=1,5$ .

Введение разных коэффициентов компрессии (1,9 и 1,5) обусловлено необходимостью более полного использования динамической характеристики частотного модулятора.

В таблице приведены значения амплитуд для двух типов сигналов цветных полос: 100 %-ной амплитуды и 100 %-ной насыщенности (сигнала 100 %-ной яркости, обозначаемого как 100/0/100/0) и наиболее часто применяемого в практике сигнала 75 %-ной амплитуды и 100 %-ной насыщенности (сигнала 75 %-ной яркости типа 100/0/75/0).

### Относительные уровни сигналов при передаче различных цветов в системе SECAM

Цвет	Тип сигнала											
	100/0/100/0						100/0/75/0					
	$E'_R$	$E'_G$	$E'_B$	$E'_Y$	$E'_{R-Y}$	$E'_{B-Y}$	$E_R$	$E'_G$	$E'_B$	$E'_Y$	$E'_{R-Y}$	$E'_{B-Y}$
Красный	1	0	0	0,30	0,70	-0,30	0,75	0	0	0,22	0,53	-0,22
Желтый	1	1	0	0,89	0,11	-0,89	0,75	0,75	0	0,66	0,09	-0,66
Зеленый	0	1	0	0,59	-0,59	-0,59	0	0,75	0	0,44	-0,44	-0,44
Голубой	0	1	1	0,70	-0,70	0,30	0	0,75	0,75	0,53	-0,53	0,22
Синий	0	0	1	0,11	-0,11	0,89	0	0	0,75	0,09	-0,09	0,66
Пурпурный	1	0	1	0,41	0,59	0,59	0,75	0	0,75	0,31	0,44	0,44

Из таблицы следует, что экстремальные значения для сигнала  $E'_{R-Y}$  в первом случае находятся в пределах от  $+0,7$  (при передаче красного) до  $-0,7$  (при передаче голубого), а для сигнала  $E'_{B-Y}$  – от  $+0,89$  (при передаче желтого) до  $-0,89$  (при передаче синего). Если сигналы  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$  подать на частотный модулятор, то девиация частоты при передаче сигнала  $E'_{B-Y}$  будет больше, чем при передаче  $E'_{R-Y}$ , что означает недоиспользование динамического диапазона модулятора. Введение масштабных коэффициентов позволяет устранить этот недостаток. Действительно, с учетом  $K_R$  и  $K_B$  экстремальные значения модулирующих сигналов оказываются равными:

$$\begin{aligned} D'_R &= K_R E'_{R-Y} = 1,9 \cdot 0,7 = 1,33; \\ D'_B &= K_B E'_{B-Y} = 1,5 \cdot 0,89 = 1,33. \end{aligned} \quad (\text{П1.4})$$

Следовательно, девиация частоты при передаче обоих сигналов будет одинаковой.

Коэффициенты  $K_R$  и  $K_B$  выбраны так, чтобы при передаче цветов с 75 %-ной яркостью максимальные абсолютные значения сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$  были равны единице и создавали номинальные значения девиаций частот при последующей частотной модуляции. Как видно из табл. П1.1 максимальные и минимальные значения сигнала  $E'_{R-Y}$  составляют  $+0,53$  и  $-0,53$ , а сигнала  $E'_{B-Y}$  –  $+0,66$  и  $-0,66$  соответственно. Тогда  $I = 0,53 \cdot K_R$  и  $I = 0,66 \cdot K_B$ ; откуда  $K_R = 1,9$ ;  $K_B = 1,5$ .

Таким образом, коэффициенты компрессии обеспечивают равные максимальные значения цветоразностных сигналов, следовательно одинаковые максимальные (номинальные) значения девиаций частот.

## П1.2. Изменение полярности красного цветоразностного сигнала

В системе SECAM передают синий цветоразностный сигнал в положительной полярности, а красный – в отрицательной, т.е. знак сигнала  $E'_{R-Y}$  заменен на обратный (см. ф-лу П1.3). Это объясняется следующими соображениями.

Статистические исследования показали, что при передаче различных сюжетов в сигнале  $E'_{R-Y}$  преобладают положительные значения, а в сигнале  $E'_{B-Y}$  – отрицательные. При использовании частотной модуляции это приводит к тому, что отклонение поднесущей по частоте от номинального значения будет при передаче сигнала  $E'_{R-Y}$  в основном в сторону увеличения, а при передаче сигнала  $E'_{B-Y}$  – в сторону уменьшения. При изменении полярности  $E'_{R-Y}$  в обоих сигналах преобладает отрицательная девиация частоты. Это несколько повышает помехозащищенность системы SECAM, когда в каналах связи происходит срез верхней частоты спектра ТВ сигнала (что часто случается на практике) и, следовательно, ограничение верхней боковой полосы частот сигнала цветности. Кроме того, заметно улучшается совместимость системы, так как уменьшается разность мгновенных значений частот в сигналах соседних строк.

Итак, в системе SECAM используют инвертированный красный сигнал  $-E'_{R-Y}$ , или  $E'_{Y-R}$ . В этом случае полярность и размах обоих цветоразностных сигналов, а также девиации частот для наиболее часто встречающихся цветов будут одинаковыми.

### П1.3. Предыскажения цветоразностных сигналов (низкочастотные предыскажения)

С целью повышения помехозащищенности приема цветоразностных сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  подвергают низкочастотным (НЧ) предыскажениям (аналогично стандартному предыскажению ЧМ сигнала в радиовещании), заключающимися в подъеме верхних частот спектра этих сигналов, т.е. в увеличении амплитуды высокочастотных компонентов цветоразностных сигналов. Для этого сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  пропускают через цепь, комплексный относительный коэффициент передачи напряжения  $\dot{K}_{НЧ.К}(f)$  которой описывается выражением

$$\dot{K}_{НЧ.К}(f) = \frac{1 + jf / f_1}{1 + jf / (kf_1)}, \quad (\text{П1.5})$$

а модуль коэффициента передачи такой цепи в децибелах будет равен

$$|\dot{K}_{НЧ.К}(f)| = 101g \frac{1 + (f / f_1)^2}{1 + [f / (kf_1)]^2}, \quad (\text{П1.6})$$

где  $f$  – текущая частота (частота модулирующего сигнала), кГц;

$f_1$  – постоянная частота, для которой  $|\dot{K}_{НЧ.К}(f)| = 0$  дБ,

$f_1 = 85$  кГц (установлено экспериментально);

$k = 3$ .

Эти предыскажения называют низкочастотными потому, что их производят в первичном спектре цветоразностных сигналов, т.е. до частотной модуляции.

Поскольку уровень высокочастотных составляющих значительно меньше, чем низкочастотных, то такие предыскажения не вызывают увеличения индекса модуляции, а лишь выравнивают значение девиации частоты цветовой поднесущей по спектру. Это означает, что за счет увеличения глубины модуляции на верхних частотах повышают отношение сигнал-помеха.

На приемной стороне для коррекции внесенных частотных предыскажений в тракт цветоразностных сигналов включают корректирующий фильтр с частотной характеристикой, имеющей спад в области верхних частот. Полная коррекция будет иметь место в том случае, если частотная характеристика корректирующего звена в приемнике (декодере SECAM) будет обратной характеристике предыскажающего звена в передающей части (кодере) системы:

$$|\dot{K}_{НЧ.Д}(f)| = \frac{1}{|\dot{K}_{НЧ.К}(f)|}. \quad (\text{П1.7})$$

Корректирующая цепь приемника, ослабляя верхние частоты протектированных сигналов, восстанавливает их исходный спектр и одновременно подавляет наиболее заметные на выходе ЧМ канала высокочастотные компоненты шумов. Таким образом, шумовые помехи, поступающие в приемник вместе с ТВ сигналом, после прохождения корректора (фильтра) цветоразностных сигналов окажутся значительно ослабленными.

Общий выигрыш в значении отношения сигнал-помеха за счет введения низкочастотных предыскажений и последующей их коррекции составляет приблизительно 9 дБ.

На рис. П1.1,а приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) предискажающего  $|\dot{K}_{НЧ.К}(f)|$  и корректирующего  $|\dot{K}_{НЧ.Д}(f)|$  фильтров, а рис. П1.1,б иллюстрирует влияние предискажений и их коррекции во временной области, т.е. на форму цветоразностных сигналов. Наибольший подъем АЧХ цепи предискажений имеет место на частоте 800 кГц (9,2 дБ). Правый склон АЧХ (на частотах выше 800 кГц) создают фильтром нижних частот (ФНЧ), ограничивающим спектр цветоразностных сигналов.

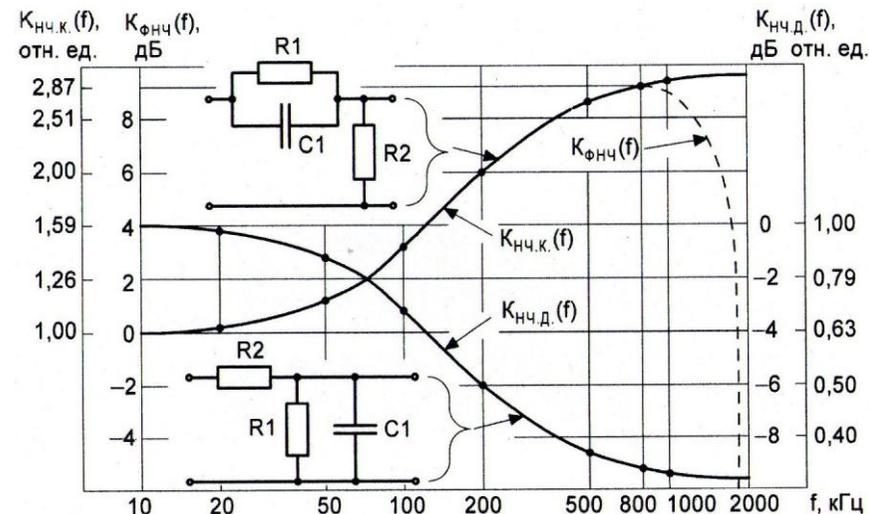
#### П1.4. Предискажение сигнала цветности (высокочастотное предискажение)

Сигнал цветности (ЧМ сигнал) подвергают высокочастотному (ВЧ) предискажению, суть которого заключается в увеличении амплитуды поднесущей по мере отклонения ее частоты от центрального (номинального) значения. Высокочастотным предискажением его называют потому, что его вводят после частотной модуляции. Такое предискажение создают фильтром с относительным комплексным коэффициентом передачи напряжения  $\dot{K}_{ВЧ.К}(f)$

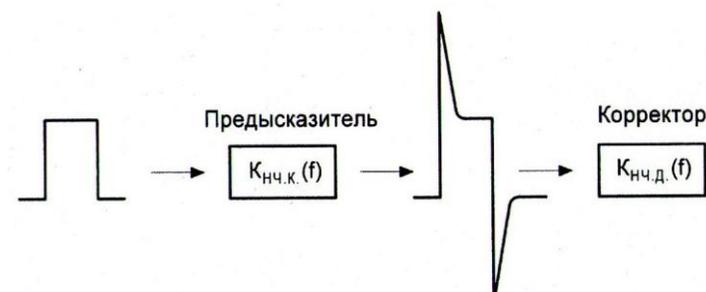
$$\dot{K}_{ВЧ.К}(f) = \frac{1 + jk_1 f^*}{1 + jk_2 f^*}, \quad (\text{П1.8})$$

и модулем коэффициента передачи в децибелах

$$|\dot{K}_{ВЧ.К}(f)| = 101g \frac{1 + (k_1 f^*)^2}{1 + (k_2 f^*)^2}, \quad (\text{П1.9})$$



а)



б)

**Рис. П1.1. Предискажение и коррекция цветоразностных сигналов:**

а – амплитудно-частотные характеристики цепей предискажений на передающей стороне – в кодере –  $K_{НЧ.К}(f)$ , коррекции на приемной стороне – в декодере –  $K_{НЧ.Д}(f)$  и амплитудно-частотная характеристика фильтра нижних частот  $K_{ФНЧ}(f)$ ; б – влияние предискажений и последующей их коррекции на форму цветоразностных сигналов

где  $k_1$  и  $k_2$  – постоянные коэффициенты;  $k_1 = 16$ ,  $k_2 = 1,26$ ;  
 $f^*$  – обобщенная расстройка,  $f^* = f/f_0 - f_0/f$ ;  
 $f$  – текущая частота, кГц;  
 $f_0 = (4286 \pm 20)$  кГц.

Как и в случае низкочастотного предвыскажения, в приемном устройстве (декодере SECAM) необходимо иметь корректирующий фильтр с АЧХ, обратной частотной характеристике цепи ВЧ предвыскажения.

Как известно, спектр шумов (помех) на выходе частотного детектора (ЧД) имеет треугольную форму, т.е. уровень сигнала от помехи  $U_{II}$  на выходе ЧД прямо пропорционален разности между средней частотой настройки  $f_{настр.}$  и частотой помехи  $f_{II}$  (рис. П1.2), что ухудшает качество цветного изображения. Поэтому подъем частотной характеристики в области больших значений девиации частоты цветовой поднесущей (рис. П1.3) приводит к повышению помехозащищенности. В частности, это улучшает отношение сигнал-помеха на цветовых переходах, а также для пурпурного, красного и синего цветов, имеющих относительно небольшую яркость и наиболее заметные шумы.

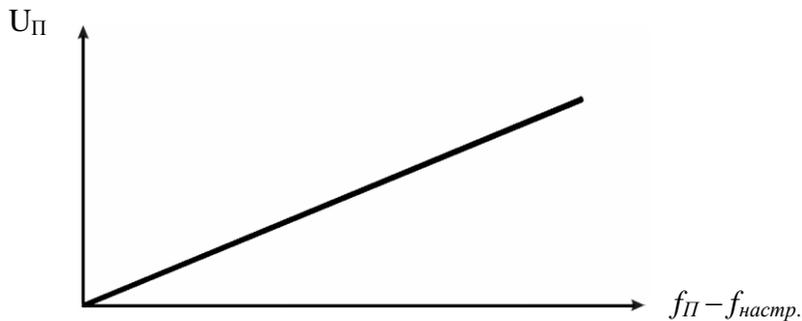
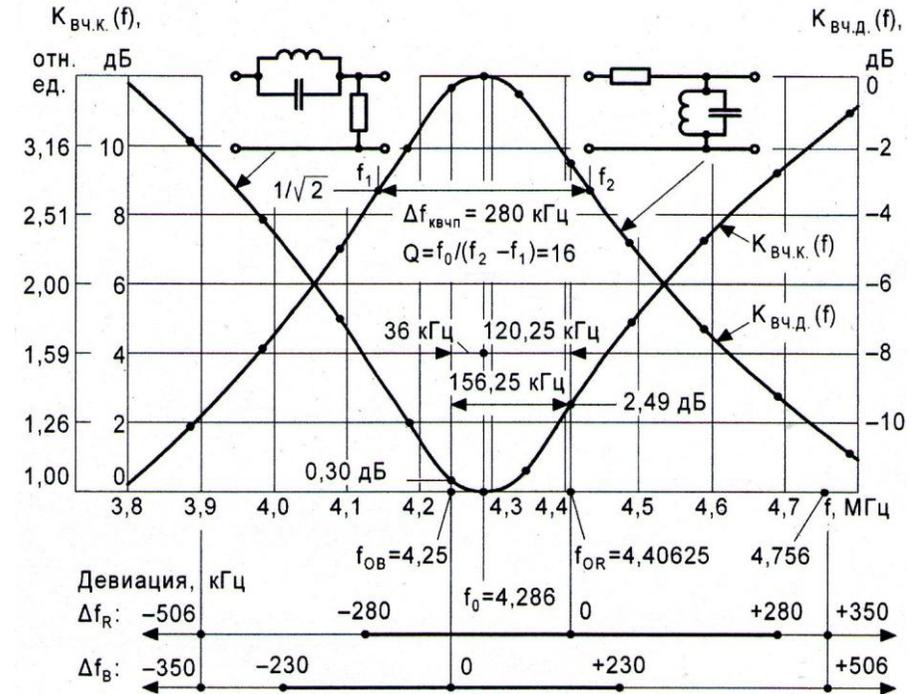
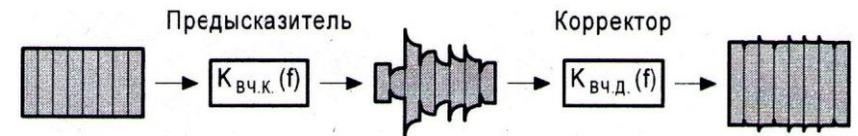


Рис. П1.2. Спектр шумов на выходе частотного детектора при отсутствии предвыскажения сигнала цветности



а)



б)

Рис. П1.3. Предвыскажение и коррекция сигнала цветности:

а – амплитудно-частотные характеристики предвыскажающего фильтра на передающей стороне – в кодере –  $K_{ВЧ.К}(f)$  и корректирующего фильтра на приемной стороне – в декодере –  $K_{ВЧ.Д}(f)$  с девиациями частот; б – влияние предвыскажения и коррекции на форму сигнала цветности

Предыскажение сигнала цветности также улучшает совместимость системы, так как поднесущая при передаче малонасыщенных деталей изображения становится менее заметной. Это объясняется тем, что уровень сигнала цветности мал, девиация частоты незначительна и вся энергия ЧМ сигнала приходится на минимум кривой предыскажения. В то же время и на крупных однородно окрашенных участках изображения со средней насыщенностью цветов девиация частоты и размах сигнала остаются небольшими и не ухудшают совместимости системы.

Форму АЧХ амплитудного высокочастотного предыскажителя практически реализуют режекторным контуром с резонансной частотой  $f_0 = 4286$  кГц и добротностью  $Q \approx 16$ .

### П1.5. Применение двух цветовых поднесущих частот

В системе SECAM для передачи информации о цветности применяют две поднесущие частоты:  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$ . Номинальные значения частот цветовых поднесущих (частот покоя) при отсутствии модуляции составляют:

$$f_{OR} = 282 f_{cmp} = (4406,25 \pm 2) \text{ кГц для строк с сигналом } D'_R, \quad (\text{П1.10})$$

$$f_{OB} = 272 f_{cmp} = (4250,00 \pm 2) \text{ кГц для строк с сигналом } D'_B.$$

Частоты  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$  кратны частоте строчной развертки  $f_{cmp}$  и отличаются друг от друга на 10 ее гармоник.

Опыт эксплуатации ТВ системы SECAM показал, что при передаче большинства сюжетов шумы преобладают на красном цвете. Поэтому цветовые поднесущие были выбраны так, чтобы частоты, при помощи которых передают красный

цвет как в сигнале  $D'_R$ , так и в сигнале  $D'_B$ , попали в область минимума кривой предыскажающего фильтра (см. рис. П1.3). Таким образом, выбор различных поднесущих частот обеспечивает минимальный уровень помех на красном цвете, где их заметность наибольшая.

### П1.6. Уменьшение перекрестных искажений

Полный размах цветовой поднесущей на частоте минимума  $f_0$  коэффициента передачи фильтра высокочастотного предыскажения должен составлять  $(23 \pm 2,5)$  % от размаха яркостного сигнала между уровнями гашения и белого. Это значение выбрано компромиссно, чтобы одновременно удовлетворить требованиям совместимости и помехозащищенности системы SECAM, а также уменьшить перекрестные искажения сигналов яркости и цветности.

При передаче стандартного белого цвета  $D_{6500}$  цветоразностные сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  равны нулю, но при этом амплитуды немодулированных поднесущих для красной и синей строк составляют

$$\begin{aligned} U_{OR} &= (0,23/2) \cdot |\dot{K}_{BЧ,К}(f = f_{OR})|; \\ U_{OB} &= (0,23/2) \cdot |\dot{K}_{BЧ,К}(f = f_{OB})|. \end{aligned} \quad (\text{П1.11})$$

Используя график на рис. П1.3, нетрудно определить

$$\begin{aligned} U_{OR} &= 0,115 \cdot 1,33 = 0,153; \\ U_{OB} &= 0,115 \cdot 1,035 = 0,119. \end{aligned}$$

Частоты передачи сигналов цветности для цветов с малой относительной яркостью (пурпурного, красного) располагаются в области, близкой к средней частоте  $f_0$ . Это уменьшает

размах сигналов, а следовательно, и перекрестные искажения *цветность-яркость*, обусловленные влиянием помех в яркостном канале со стороны сигнала цветности (т.е. возникающих из-за биений между сигналами цветности и высокочастотными составляющими яркостного сигнала), на цветах с малой относительной яркостью. В то же время некоторое увеличение размаха сигнала цветности, следовательно, и перекрестных искажений *цветность-яркость* на цветах с большей относительной яркостью оказывается менее заметным.

Перекрестное искажение *яркость-цветность* – это искажение сигнала цветности, вызываемое составляющими спектра сигнала яркости, лежащими в полосе частот сигнала цветности. Такое искажение имеет пороговый эффект, проявляющийся в резком увеличении паразитной девиации частоты и импульсной помехи на выходе частотного детектора в случае сближения амплитуд высокочастотных составляющих спектра яркостного сигнала и сигнала цветовой поднесущей. Из-за интегрирующего действия низкочастотной коррекции в декодере SECAM импульсные помехи от мелких деталей растягиваются на изображении в виде резко очерченных тянущихся продолжений.

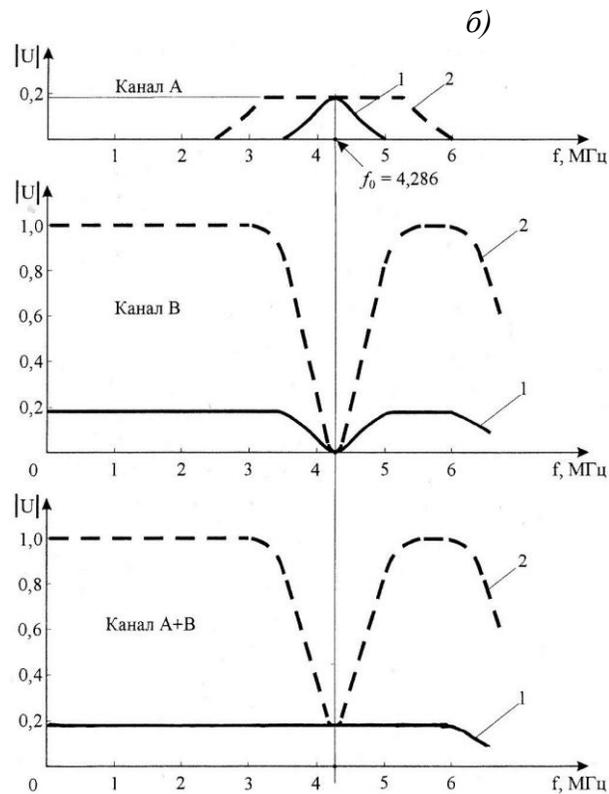
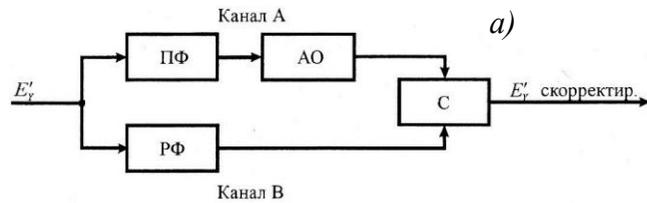
Корректор перекрестных искажений (КПИ) обеспечивает необходимые соотношения между уровнями сигнала и помехи. Следовательно, в зависимости от относительного уровня высокочастотных компонентов можно регулировать как ослабление сигнала яркости, так и усиление сигнала цветности.

Рассмотрим принцип коррекции, основанный на частичном подавлении спектральных компонентов сигнала яркости в полосе частот сигнала цветности, когда амплитуды этих компонентов превышают определенный допустимый уровень и возникает опасность образования перекрестных помех. На

рис. П1.4 представлен двухканальный корректор перекрестных искажений, содержащий: полосовой фильтр (ПФ) в канале *A* и режекторный фильтр (РФ) в канале *B* с взаимно дополняющими АЧХ, настроенные на среднюю частоту  $f_0 = 4,286$  МГц; амплитудный ограничитель (АО) с регулируемым порогом ограничения и сумматор (С). Такой корректор позволяет сохранять допустимый уровень яркостного сигнала на частоте режекции.

Составляющие яркостного сигнала, режектируемые в канале *B*, полностью компенсируются составляющими, пропускаемыми каналом *A*, до тех пор, пока сигнал в канале *A* не превышает порога ограничения (кривые 1 на рис. П1.4, б). При этом сквозная АЧХ корректора оказывается равномерной. Если сигнал в канале *A* превышает уровень ограничения (кривые 2), то в амплитудно-частотной характеристике корректора вблизи частоты  $f_0$  появляется провал, глубина которого зависит от размаха высокочастотных компонентов, а остаточное значение определяется порогом ограничения. Соотношение между уровнями высокочастотных компонентов яркостного сигнала и сигналом цветности устанавливается экспериментально по изображению на экране кинескопа.

Коррекция может быть основана и на дополнительном усилении сигнала цветности в зависимости от уровня высокочастотных компонентов яркостного сигнала на полосе частот, отведенной для передачи сигнала цветности. Это означает, что вредное влияние яркостного сигнала на сигнал цветности, для которого он является помехой, уменьшается за счет дополнительной амплитудной модуляции цветовой поднесущей: уровень ее временно повышается, если уровень яркостного сигнала в полосе сигнала цветности превысит 70 % номинальной амплитуды поднесущей. Порог срабатывания устройства, по превышении которого происходит усиление сигнала цветно-



**Рис. П1.4. Структурная схема (а) и амплитудно-частотные характеристики (б) корректора перекрестных искажений:**

ПФ – полосовой фильтр; РФ – режекторный фильтр;  
 АО – амплитудный ограничитель; С – сумматор.

сти, определяют также экспериментально по заметности перекрестных искажений.

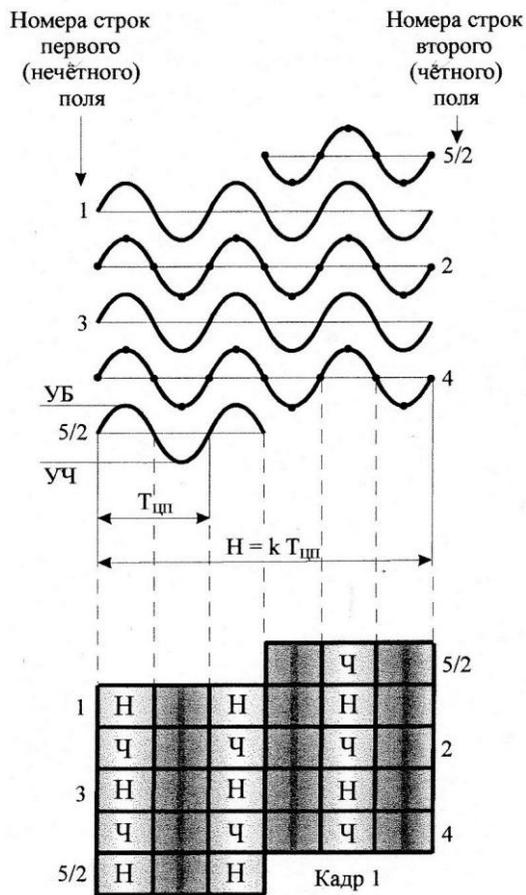
### П1.7. Изменение (коммутация) фазы поднесущей частоты

Колебания немодулированных поднесущих с частотами  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$ , кратными частоте строчной развертки  $f_{cmp} = f_H$ , при условии неизменной фазы этих колебаний в начале каждой строки создают заметные на экране черно-белого телевизора вертикальные черно-белые полосы, что ухудшает совместимость (рис. П1.5). Число таких полос, укладывающихся на интервале одной строки ( $H = 64$  мкс), при передаче сигнала  $D'_R$  составляет 282, а при передаче сигнала  $D'_B$  – 272.

Снижения заметности поднесущей на изображении достигают принудительным периодическим изменением (коммутацией) ее фазы на противоположную ( $180^\circ$ ). Это приводит к изменению положения темных и светлых элементов помехи от сигнала цветности и их усреднению по полю изображения.

Стандартом ГОСТ 7845-92 предусмотрены два равноценных варианта последовательности изменения фазы поднесущей. В первом варианте фаза поднесущей изменяется на  $180^\circ$  от поля к полю (на период каждого следующего поля), а также в начале и в конце каждой третьей строки (на период каждой третьей строки). Во втором варианте фазу поднесущей коммутируют на  $180^\circ$  также от поля к полю и, кроме того, в каждых трех последовательных строках одновременно, т.е. через каждые три строки. В обоих вариантах помеха от поднесущей имеет псевдохаотичный характер; при этом штриховая структура рисунка цветовой поднесущей преобразуется на изображении в менее заметную для глаза точечную.

С учетом чересстрочности разложения, длительности пе-



периодов коммутации фазы и чередования цветоразностных сигналов полный период повторения сигналов немодулированных цветных поднесущих составляет во времени  $2 \cdot 3 \cdot 2 = 12$  полей, а в пространстве – 12 строк изображения.

**Рис. П1.5. Мешающее влияние цветовой поднесущей (или гармонической помехи) на черно-белое изображение при  $f_{цп} = kf_H$ :**

УБ (УЧ) – уровень белого (черного), Н (Ч) – светлые участки в строках нечетного (четного) поля

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### КОДИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ SECAM

Кодирующее устройство (кодер) предназначено для формирования из сигналов основных цветов ( $E'_R$  – красного,  $E'_G$  – зеленого и  $E'_B$  – синего), поступающих с преобразователей свет-сигнал или генератора цветных полос, полного цветового видеосигнала SECAM ( $E_{ПЦВС}$ ), соответствующего ГОСТ 7845-92. Согласно этому стандарту полный видеосигнал  $E_{ПЦВС}$  должен состоять из сигналов яркости ( $E'_Y$ ), цветности ( $u_{Ц}$ ), цветовой синхронизации (опознавания строк) ( $u_{ЦС}$ ), защитной цветовой вспышки ( $u_{ЗЦВ}$ ), а также сигналов синхронизации разверток ( $E_{ССР}$ ) и гашения лучей в кинескопе ( $E_{ГС}$ ). В свою очередь, сигнал цветности  $u_{Ц}$  должен представлять собой две цветные поднесущие (с частотами  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$ ), промодулированные по частоте двумя чередующимися от строки к строке цветоразностными сигналами ( $D'_R$  – красным и  $D'_B$  – синим). Спектр частот сигнала цветности должен размещаться в верхней части спектра частот сигнала яркости.

Процесс кодирования (формирования) полного цветового видеосигнала  $E_{ПЦВС}$  в соответствии с изложенными здесь и в приложении 1 требованиями рассмотрим по структурной схеме кодера (рис. П2.1), используемого в стандартной системе цветного телевидения (ЦТ) SECAM. Процесс отличается особой наглядностью при иллюстрации принципа действия кодирующего устройства осциллограммами сигналов, соответствующих испытательному изображению вертикальных цветных полос. Цвет таких полос соответствует основным цветам приемника – красному  $K$  ( $R$ ), зеленому  $Z$  ( $G$ ), синему  $C$  ( $B$ ) и до-

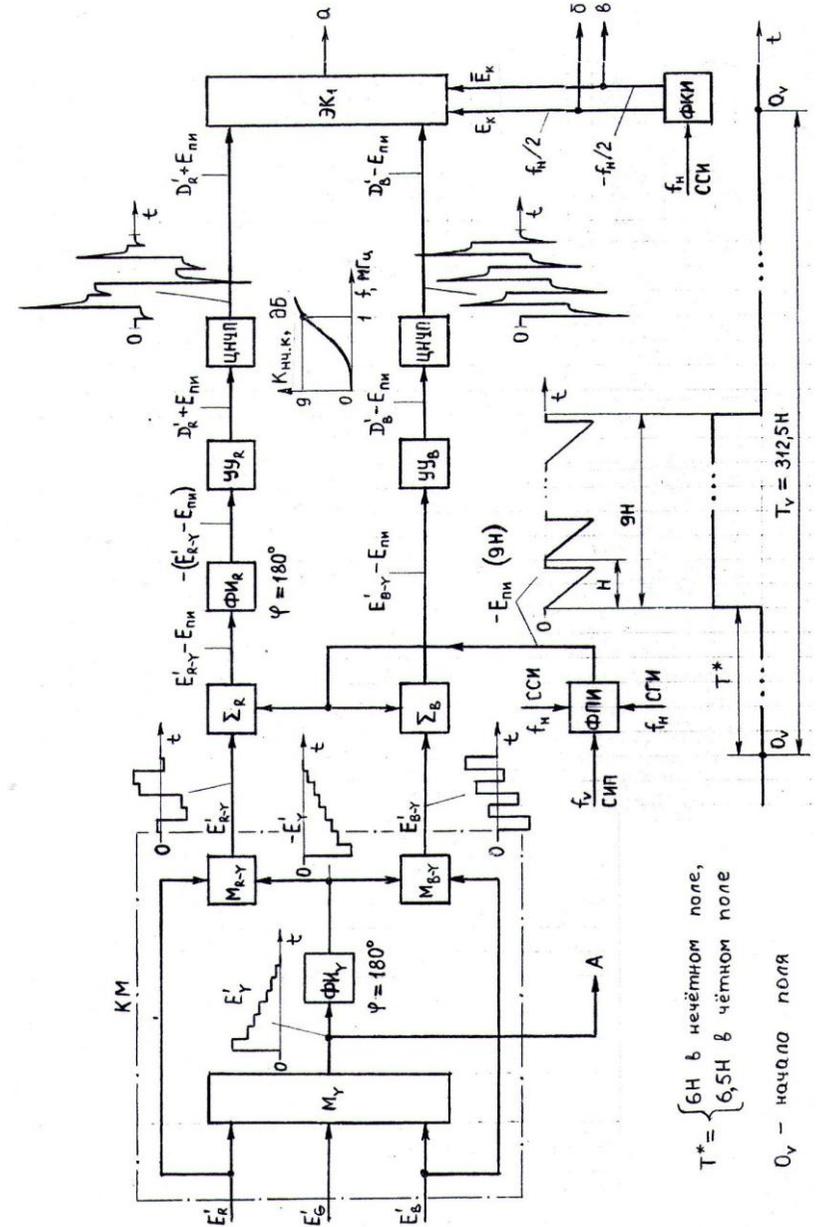


Рис. П2.1. Лист 1

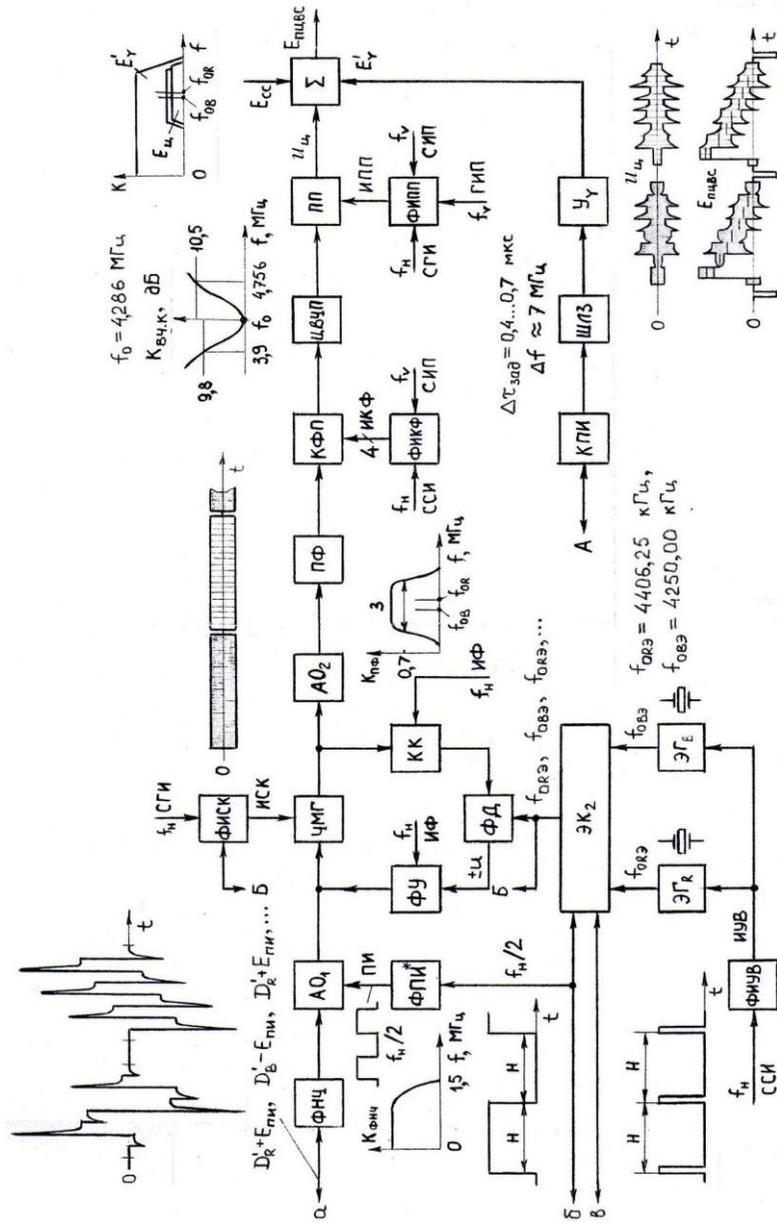


Рис. П2.1. Лист 2. Структурная схема кодирующего устройства системы SECAM (продолжение)

полнительным к ним цветам – желтому Ж, голубому Г и пурпурному П. Белая и черная полосы позволяют иметь опорные уровни в полном видеосигнале. С помощью испытательного сигнала вертикальных цветных полос рассчитывают, нормируют и контролируют важнейшие параметры тракта цветного телевидения, а также настраивают телевизионную и видеоаппаратуру. Формы составляющих наиболее часто применяемого на практике сигнала типа 100/0/75/0 в характерных точках кодера приведены на рис. П2.2.

На вход кодирующего устройства, конкретно, кодирующей матрицы (КМ), сигналы основных цветов  $E'_R$ ,  $E'_G$  и  $E'_B$  поступают либо с камерного канала, в котором они должны быть подвергнуты первичной обработке (усилению, коррекции частотных искажений,  $\gamma$ -коррекции), либо с генератора цветных полос. В матрице КМ из сигналов  $E'_R$ ,  $E'_G$  и  $E'_B$  (рис. П2.2, б...г) формируются (как и в других вещательных системах цветного телевидения) сигнал яркости  $E'_Y$  (рис. П2.2, д) и цветоразностные сигналы  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$  (рис. П2.2, е) в соответствии с уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} E'_Y &= \alpha E'_R + \beta E'_G + \delta E'_B, \\ E'_{R-Y} &= (1 - \alpha) E'_R - \beta E'_G - \delta E'_B, \\ E'_{B-Y} &= -\alpha E'_R - \beta E'_G + (1 - \delta) E'_B, \end{aligned} \right\} \quad (\text{П2.1})$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  – относительные яркости основных цветов приемника, смесь которых образует равносигнальный (эталонный) белый цвет С;  $\alpha = 0,30$ ,  $\beta = 0,59$ ,  $\delta = 0,11$  (значения округлены с точностью до второго знака).

В кодирующем устройстве можно условно выделить каналы яркости и цветности, служащие для формирования од-

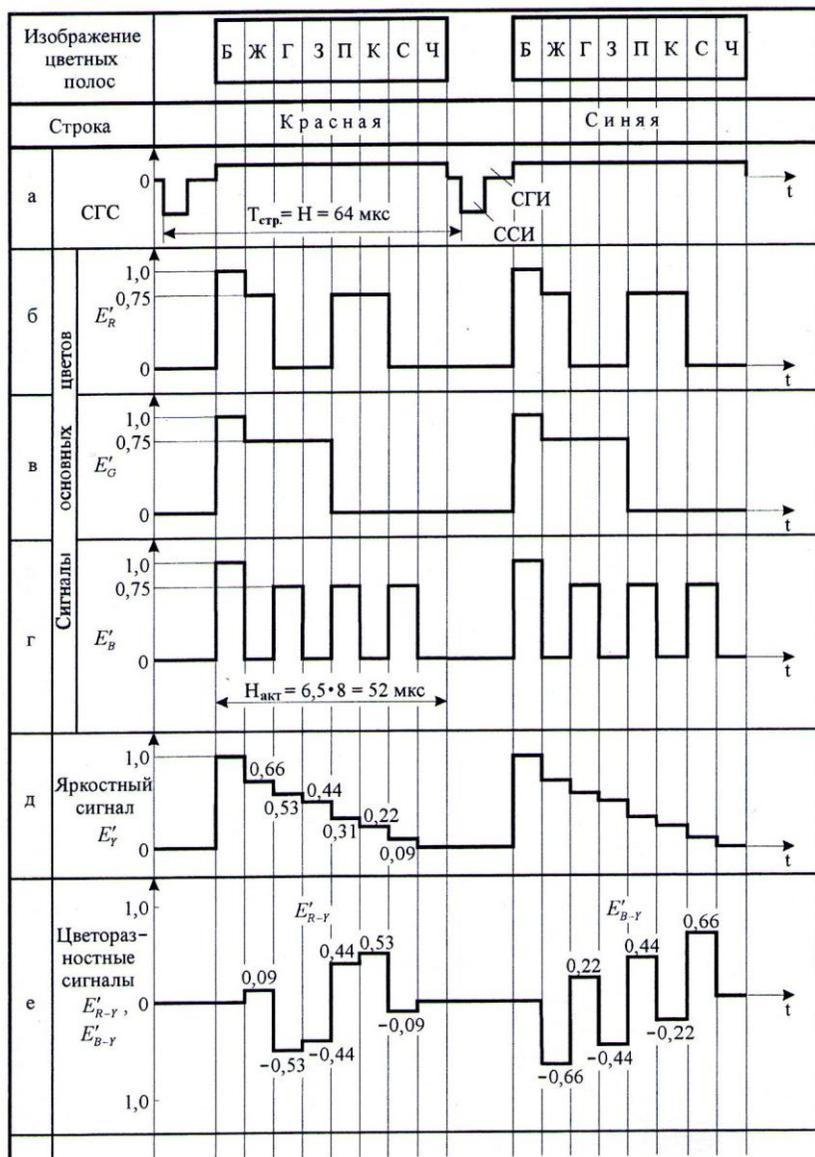


Рис. П2.2. Лист 1

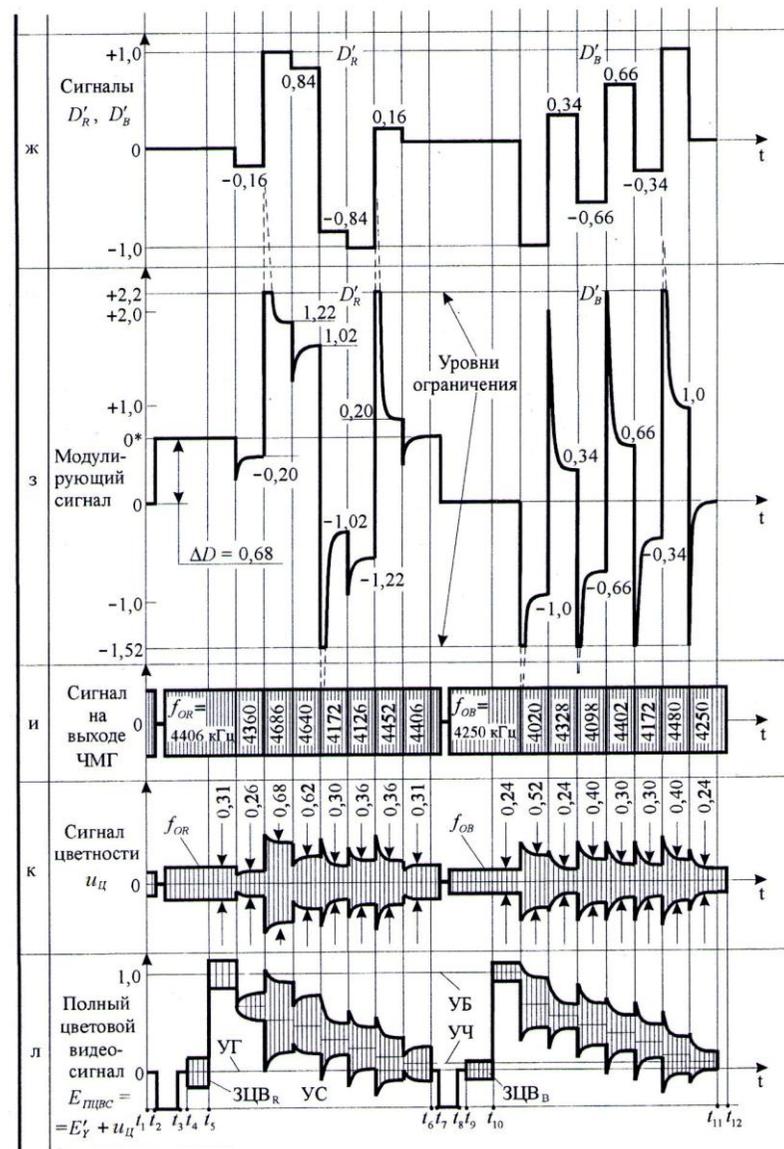


Рис. П2.2. Лист 2. Процесс формирования полного цветного видеосигнала цветных полос в системе SECAM (продолжение)

ноименных сигналов, а также *импульсный канал*, в котором формируются управляющие и синхронизирующие импульсы.

Из рис. П2.1 видно, что канал яркости является относительно простым. Он включает в свой состав корректор перекрестных искажений (КПИ), широкополосную линию задержки (ШЛЗ) и усилитель яркостного сигнала ( $U_Y$ ).

Корректор перекрестных искажений предназначен для уменьшения искажений, или помех (типа «кроссколор»), которые возникают в телевизоре из-за биений между сигналом цветности и высокочастотными составляющими сигнала яркости, попадающими в полосу частот, где передают сигнал цветности (подробнее см. п. П1.6 приложения 1).

Широкополосная линия задержки ШЛЗ с полосой пропускания  $\Delta f \approx 7$  МГц и временем задержки  $\Delta \tau = 0,3 \dots 0,7$  мкс служит для согласования времени распространения сигналов яркости  $E'_Y$  и цветности  $u_{Ц}$ , приходящих на выходной сумматор  $\Sigma$ . Требуемая точность временного согласования указанных сигналов должна быть не хуже  $\pm 40$  нс. При отсутствии такого согласования яркость и цветность одних и тех же элементов изображения на экране телевизора не совпадают. Паразитная задержка сигнала цветности относительно сигнала яркости образуется за счет узкополосности узлов канала цветности (например, фильтра нижних частот ФНЧ) и заметно большего их числа.

Следует заметить, что в канал яркости кодера (любой системы цветного телевидения) вводят также ряд не показанных на рис. П2.1 узлов: корректоры четкости и резкости (апертурные корректоры), каскады повышения отношения сигнал-шум и др.

Структура канала цветности SECAM принципиально отличается от структуры аналогичных каналов систем NTSC и

PAL.

В сумматорах  $\Sigma_R$  и  $\Sigma_B$  осуществляется сложение цветоразностных сигналов  $E'_{R-Y}$  и  $E'_{B-Y}$ , формируемых кодирующей матрицей, с девятью пилообразными импульсами цветовой синхронизации (отрицательной полярности)  $E_{ПИ}$ , поступающими с формирователя пилообразных импульсов (ФПИ). Импульсы  $E_{ПИ}$  добавляются в сумматорах к цветоразностным сигналам на интервале времени, соответствующем задней площадке гасящего импульса поля, а именно: с 7-й по 15-ю строку в первом (нечетном) поле и с 320-й по 328-ю – во втором (четном) поле (отсчет строк ведется от начала первого полевого синхроимпульса, фронт которого совпадает с фронтом строчного синхроимпульса).

Поскольку сигнал  $E'_{R-Y}$  инвертируется, то и импульсы  $E_{ПИ}$  в красной строке будут иметь положительную полярность, а в синей – отрицательную. Эти импульсы проходят через те же узлы, что и цветоразностные сигналы во время прямого хода по полю. После амплитудного ограничения в АО<sub>1</sub> пилообразные импульсы  $E_{ПИ}$  преобразуются в модулирующие импульсы цветовой синхронизации трапецеидальной формы, которые вместе с добавленными пьедестальными импульсами приобретают вид, показанный на рис. П2.3,а. Начало и конец каждого импульса совпадают соответственно с началом и концом активной части строки. В начале активной части строки на интервале некоторого времени сигналы  $E_{ЦCR}$  и  $E_{ЦCB}$  изменяются линейно от нулевого уровня до соответствующего уровня ограничения и далее остаются постоянными. Следовательно, амплитуды трапецеидальных импульсов будут равны уровням ограничения соответствующих цветоразностных сигналов, т.е. +1,25 для сигнала  $E_{ЦCR}$  и -1,52 – для  $E_{ЦCB}$ .

При поступлении трапецеидальных импульсов  $E_{ЦCR}$  и



синхронизации  $E_{ПН}$  поступают на цепи низкочастотных предсказаний (ЦНЧП), в которых осуществляется подъем верхних частот этих сигналов, что повышает помехоустойчивость их приема (см. также п. П1.3 приложения 1).

Пусть  $u_{вх}$  и  $u_{вых}$  – синусоидальные сигналы (в абсолютных единицах) на входе и выходе цепи ЦНЧП соответственно. Тогда

$$u_{вых} = \frac{1}{k} \cdot \dot{K}_{НЧ.К}(f) \cdot u_{вх}. \quad (\text{П2.2})$$

Здесь  $\dot{K}_{НЧ.К}(f)$  – как и ранее, комплексный относительный коэффициент передачи напряжения цепи ЦНЧП,  $k = 3$ .

Модуль, или абсолютная величина,  $\dot{K}_{НЧ.К}(f)$  равен

$$|\dot{K}_{НЧ.К}(f)| = K_{НЧ.К}(f) = \sqrt{\frac{1+(f/f_1)^2}{1+[f/(kf_1)]^2}} = k \cdot \sqrt{\frac{1+(f/f_1)^2}{k^2+(f/f_1)^2}} = k \cdot \sqrt{\frac{1+(\omega\tau)^2}{k^2+(\omega\tau)^2}}, \quad (\text{П2.3})$$

$$\left. \begin{aligned} \text{где } \tau &= 1/(2\pi f_1) = 1,87 \cdot 10^{-6} \text{ с,} \\ \omega &= 2\pi f, \\ f_1 &= 85 \text{ кГц,} \\ f & - \text{текущая частота цветоразностного сигнала.} \end{aligned} \right\} \quad (\text{П2.4})$$

Практически предсказания цветоразностных сигналов в кодере и их коррекцию (компенсацию) в декодере телевизора реализуют с помощью цепей, показанных на рис. П2.4, а...в. Параметры цепи предсказаний (рис. П2.4,а) должны быть подобраны такими, чтобы  $\tau = R1 \cdot C1 = 1,87$  мкс (соответствовать выражению П2.4),  $R1 = 2 \cdot R2$ . Отсюда коэффициент передачи напряжения на нижних частотах составит:  $R2/(R1+R2) = 1/3 = 1/k$ . Сопротивление резистора  $R2$  должно

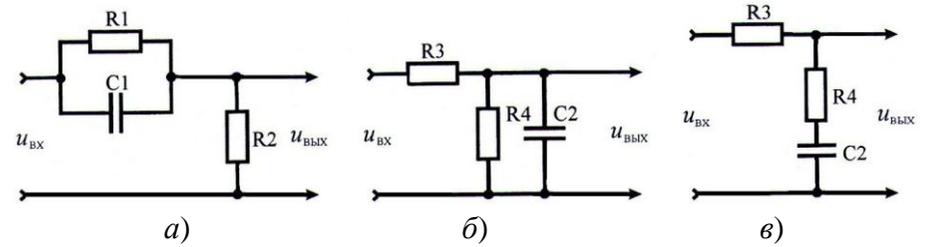


Рис. П2.4. Цепи создания предсказания цветоразностных сигналов в кодере (а), приближённой (б) и точной (в) коррекции предсказания в декодере телевизора

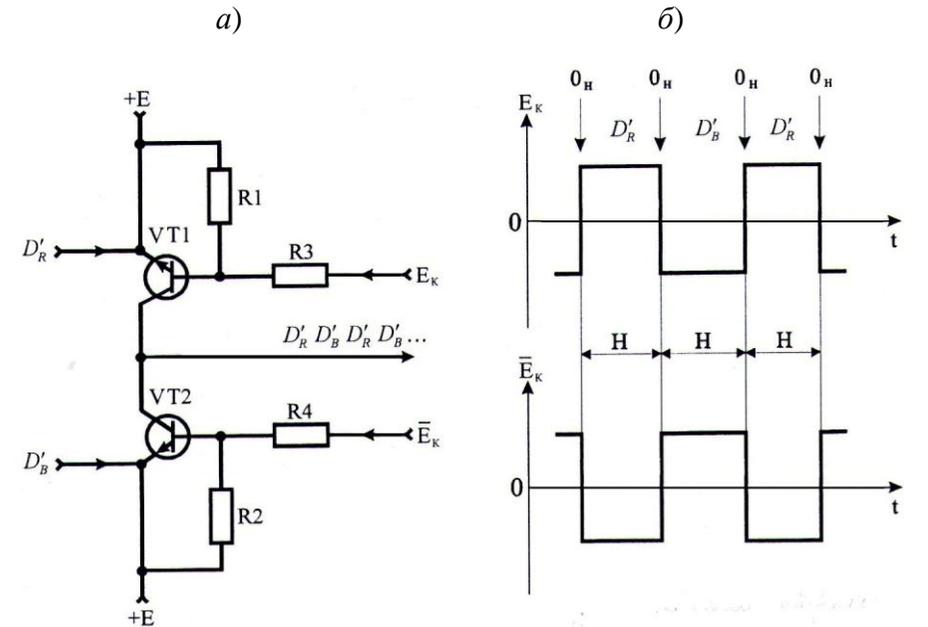


Рис. П2.5. Электронный коммутатор цветоразностных сигналов

быть достаточно малым, чтобы входное сопротивление последующего каскада (например, эмиттерного повторителя с входным сопротивлением  $R_{вх} \gg R2$ ) не влияло на работу цепи предыскажений.

Целесообразно использовать  $R2 = 500 \text{ Ом}$ ,  $R1 = 2 \cdot R2 = 1000 \text{ Ом}$ ,  $C1 = 1900 \text{ пФ}$ .

В цепи приближенной коррекции предыскажений, применяемой в декодере (рис. П2.4, б),  $\tau = R4 \cdot C2$ ,  $1/k = R3/(R3+R4)$  – для верхних частот. Для цепи точной коррекции (рис. П2.4, в)  $\tau = (R3 + R4) \cdot C2 = 1,87 \text{ мкс}$ ,  $R3 = 2 \cdot R4$  и коэффициент передачи на верхних частотах равен:  $R3/(R3+R4) = 1/3 = 1/k$ .

Подвергнутые предыскажениям цветоразностные сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  поступают на электронный коммутатор ( $ЭК_1$ ), обеспечивающий их последовательное (от строки к строке) переключение. На выходе  $ЭК_1$  в любой момент будет присутствовать только один из двух цветоразностных сигналов: в течение одной строки  $D'_R$ , в течение другой –  $D'_B$ . Заметим, что и полярность пилообразных импульсов цветовой синхронизации  $E_{III}$  на выходе  $ЭК_1$  будет меняться построчно: положительная полярность в красной строке и отрицательная – в синей.

Электронный коммутатор  $ЭК_1$  переключается противофазными (инверсными) коммутирующими импульсами ( $E_K$  и  $\bar{E}_K$ ), имеющими симметричную прямоугольную форму (мандра). Эти импульсы вырабатывает формирователь коммутирующих импульсов (ФКИ), представляющий собой бистабильный симметричный триггер, из строчных синхроимпульсов (ССИ) частотой  $f_H$ . Поэтому частота следования коммутирующих импульсов равна полустрочной частоте, т.е.  $f_H/2$ .

Принцип действия  $ЭК_1$  поясняется рис. П2.5. Здесь тран-

зистор  $VT1$  открыт положительным импульсом  $E_K$  в течение длительности одной строки  $H$  и пропускает на выход сигнал  $D'_R$ ; транзистор  $VT2$  в это время заперт отрицательным импульсом  $\bar{E}_K$ . Во время следующей строки открывается транзистор  $VT2$  положительным импульсом  $\bar{E}_K$  и запирается транзистор  $VT1$  отрицательным импульсом  $E_K$ . Тогда на выход  $ЭК_1$  проходит сигнал  $D'_B$  и т.д. Вертикальными стрелками на рис. П2.5, б обозначены фронты строчных синхроимпульсов, которыми управляется (запускается) ФКИ.

Ограничение спектра частот чередующихся от строки к строке цветоразностных сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$  и устранение нежелательных коммутационных помех, возникающих при работе электронного коммутатора, осуществляется фильтром нижних частот (ФНЧ) с граничной частотой примерно 1,5 МГц. Затухание на частоте 1,3 МГц должно быть не более 3 дБ, на частоте 3 МГц и выше – не менее 30 дБ, а на частоте 3,8 МГц и выше – не менее 40 дБ.

Сквозная (результатирующая) АЧХ цепи предыскажения цветоразностных сигналов и ФНЧ приведена на рис. П1.1, а в приложении 1. Наибольший подъем АЧХ имеет место на частоте 800 кГц (9,2 дБ). Правый склон АЧХ (на частотах выше 800 кГц) создан фильтром нижних частот.

Амплитудный ограничитель  $АО_1$  необходим для ограничения размаха пилообразных импульсов цветовой синхронизации  $E_{III}$  и выбросов, возникающих на фронтах и спадах цветоразностных сигналов вследствие их предыскажений, и, следовательно, для ограничения частотного диапазона сигнала после модуляции, т.е. сигнала цветности. Дело в том, что предыскажение цветоразностных сигналов преобразует их форму (рис. П1.1, б). Резкие же перепады сигнала, соответствующие переходам от одного цвета к другому, после прохождения цепи

предыскажения приобретают значительные по амплитуде выбросы (пунктирные линии на рис. П2.2,з), сильно расширяющие динамический диапазон (примерно в 3 раза). Однако сигналы, поступающие на частотный модулятор, должны укладываться во вполне определенном диапазоне уровней.

Согласно ГОСТ 7845-92 максимальная (экстремальная) девиация частоты цветовой поднесущей не должна превышать плюс  $(350 \pm 18)$  и минус  $(506 \pm 25)$  кГц в красных строках и плюс  $(506 \pm 25)$  и минус  $(350 \pm 18)$  кГц – в синих строках. Номинальные значения девиаций частот должны быть  $(280 \pm 9)$  и  $(230 \pm 7)$  кГц в красных и синих строках соответственно. Поэтому относительные уровни ограничения определяются отношениями максимальных значений девиаций частот к номинальным значениям:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta f_{R \max}}{\Delta f_{OR}} &= \left\{ \begin{array}{l} +350/280 = +1,25 \pm 0,06, \\ -506/280 = -1,81 \pm 0,08; \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \text{в красной} \\ \text{строке,} \end{array} \right\} \\ \frac{\Delta f_{B \max}}{\Delta f_{OB}} &= \left\{ \begin{array}{l} +506/230 = +2,20 \pm 0,09, \\ -350/230 = -1,52 \pm 0,07. \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \text{в синей} \\ \text{строке.} \end{array} \right\} \end{aligned} \right\} \text{(П2.5)}$$

Как следует из (П2.5), уровни ограничения для сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$  различны, что усложняет процесс ограничения. Однако необходимость периодического изменения уровней ограничения (асимметричности ограничения выбросов) и крутизны модуляционной характеристики частотного модулятора отпадает, если поступить следующим образом.

Формально принимаем, что оба сигнала имеют одинаковые значения номинальных девиаций частот, например  $\Delta f_{OR} = \Delta f_{OB} = \Delta f_0 = 230$  кГц. Их реальное различие, определяемое

отношением  $\Delta f_{OR} / \Delta f_{OB} = 280/230 = 1,21739 \approx 1,22$ , можно компенсировать соответствующим изменением соотношения между номинальными амплитудами цветоразностных сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$ , например увеличением коэффициента компрессии  $K_R = -1,9$  в 1,22 раза, т. е. выбрать новый  $K_R^* = 1,22 K_R = -2,3$  при сохранении  $K_B = 1,5$ . При этом для получения разных номинальных значений частот ( $f_{OR} = 4406,25$  и  $f_{OB} = 4250,00$  кГц) цветových поднесущих при использовании одного частотного модулятора в модулирующий сигнал необходимо ввести прямоугольный импульс (называемый *пьедестальным*) с относительным размахом  $\Delta D = (f_{OR} - f_{OB}) / \Delta f_0 = 156,25/230 = 0,6793 \approx 0,68$ . В этом случае относительные уровни ограничения сигнала  $D'_R$

$$\frac{\Delta f_{R \max}}{\Delta f_0} = \left\{ \begin{array}{l} +1,25 \cdot 1,22 + 0,68 = +2,20, \\ -1,81 \cdot 1,22 + 0,68 = -1,52 \end{array} \right\} \text{(П2.6)}$$

совпадут с соответствующими уровнями сигнала  $D'_B$ , где  $\Delta f_{R \max}$  – максимальные значения девиации частоты ( $-350$  и  $-506$  кГц) в красном сигнале.

Пьедестальные импульсы  $ПИ_I$ , поступающие на амплитудный ограничитель  $АО_I$  с формирователя  $ФПИ^*$ , имеют симметричную прямоугольную форму и частоту повторения, равную половине строчной частоты ( $f_H/2$ ). Они смещают цветоразностные сигналы (также и трапецеидальные импульсы цветовой синхронизации, полученные в  $АО_I$  из пилообразных) относительно постоянных уровней на  $\Delta D = 0,68$ . Форма модулирующих цветоразностных сигналов с введенными пьедестальными импульсами (отмечены штриховой линией) показана на рис. П2.2,з.

С выхода амплитудного ограничителя АО<sub>1</sub> цветоразностные сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  вместе с трапецеидальными импульсами цветовой синхронизации  $E_{ЦCR}$  и  $E_{ЦCB}$  (полярность которых изменяется от строки к строке) последовательно (через строку) поступают на частотно-модулируемый генератор ЧМГ. В ЧМГ цветовая поднесущая  $f_{OR}$  модулируется по частоте сигналами  $D'_R$  и  $E_{ЦCR}$ , а цветовая поднесущая  $f_{OB}$  – сигналами  $D'_B$  и  $E_{ЦCB}$ .

В соответствии со стандартом на систему SECAM номинальные (центральные) значения частот цветовых поднесущих, или значения частот покоя  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$  при отсутствии модуляции, равны:

$$\left. \begin{aligned} f_{OR} &= (282f_H \pm 2) \text{ кГц} = (4406,25 \pm 2) \text{ кГц} \\ &\text{в красных строках,} \\ f_{OB} &= (272f_H \pm 2) \text{ кГц} = (4250,00 \pm 2) \text{ кГц} \\ &\text{в синих строках.} \end{aligned} \right\} \text{(П2.7)}$$

Частоты покоя от строки к строке изменяются автоматически за счет введения в сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  пьедестальных импульсов, создающих в этих сигналах разные постоянные составляющие.

Номинальные значения девиаций (отклонений) частот цветовых поднесущих должны быть равными:

$$\left. \begin{aligned} \Delta f_{OR} &= (\pm 280 \pm 9) \text{ кГц в красных строках,} \\ \Delta f_{OB} &= (\pm 230 \pm 7) \text{ кГц в синих строках.} \end{aligned} \right\} \text{(П2.8)}$$

Большая девиация частоты при модуляции сигналом  $D'_R$  способствует снижению шумов, более заметных на красном цвете.

Так как значения девиаций для сигналов  $D'_R$  и  $D'_B$  различны, то и значения единичных уровней сигналов на входе ЧМГ также должны отличаться и находиться в соотношении  $280:230 = 1,21739:1 \approx 1,22:1$ . Иными словами, если сигнал  $D'_R$  на входе электронного коммутатора ЭК<sub>1</sub> имеет максимальные уровни +1 и -1 относительно размаха яркостного сигнала  $E'_Y$  от уровня черного до уровня белого, то сигнал  $D'_B$  должен быть в 1,22 раза бóльшим. В таком масштабе они и показаны на рис. П2.2, з. (П2.7)

Таким образом, номинальное значение девиации  $\Delta f_{OR} = \pm 280$  кГц соответствует цветоразностному сигналу  $D'_R = \pm 1$  и сигналам основных цветов  $E'_R = 0,75$ ,  $E'_G = E'_B = 0$ ; а номинальное значение девиации  $\Delta f_{OB} = \pm 230$  кГц соответствует  $D'_B = \pm 1$  и сигналам  $E'_R = E'_G = 0$ ,  $E'_B = 0,75$ .

С учетом (П1.3) при любых  $D'_R$  и  $D'_B$  текущие значения девиаций частот (в кГц) будут равны:

$$\left. \begin{aligned} \Delta f_R &= \Delta f_{OR} \cdot D'_R = 280 \cdot D'_R = -280 \cdot K_R \cdot E'_{R-Y} = -532 E'_{R-Y}, \\ \Delta f_B &= \Delta f_{OB} \cdot D'_B = 230 \cdot D'_B = 230 \cdot K_B \cdot E'_{B-Y} = 345 E'_{B-Y}. \end{aligned} \right\} \text{(П2.9)}$$

Мгновенное изменение частоты связано с фазой сигнала соотношением  $\omega(t) = d\varphi / dt$ . Отсюда следует, что изменение частоты во времени по закону  $\omega(t)$  эквивалентно изменению фазы  $\varphi$  по закону интеграла от  $\omega(t)$ :

$$\varphi = \int_0^t \omega(t) dt = \int_0^t [\omega_0 + \Delta\omega \cdot D'(t)] dt = \omega_0 t + \int_0^t D'(t) dt. \text{ (П2.10)}$$

Принимая амплитуду цветовой поднесущей, равной постоянному значению  $U_{Ц}$  (например, единице), и учитывая (П2.10), можно получить закон изменения частотно-модулированной поднесущей, т.е. сигнала цветности на выходе ЧМГ:

$$\left. \begin{aligned} u_{ЦR} &= U_{ЦR} \cos \varphi_R = \cos(\omega_{OR}t + \Delta\omega_{OR} \int_0^t D'_R dt) && \text{в красной} \\ & && \text{строке,} \\ u_{ЦB} &= U_{ЦB} \cos \varphi_B = \cos(\omega_{OB}t + \Delta\omega_{OB} \int_0^t D'_B dt) && \text{в синей} \\ & && \text{строке,} \end{aligned} \right\} \text{(П2.11)}$$

где  $\Delta\omega_{OR}=2\pi\Delta f_{OR}$ ,  $\Delta\omega_{OB}=2\pi\Delta f_{OB}$  – номинальные девиации круговых частот цветных поднесущих при модуляции сигналами  $D'_R$  и  $D'_B$  соответственно.

При использовании в системе SECAM для передачи информации о цветности частотной модуляции нестабильности поднесущих частот, обусловленные различными дестабилизирующими факторами, будут приводить к появлению на выходах частотных детекторов (в канале цветности телевизора) нежелательных дополнительных постоянных составляющих в цветоразностных сигналах, что вызовет нарушение баланса белого, т.е. окрашивание черно-белых участков изображения. Искажения незаметны, если паразитные изменения поднесущих частот не превышают  $\pm 2$  кГц ( $2/4406 = 4,5 \cdot 10^{-4}$  и  $2/4250 = 4,7 \cdot 10^{-4}$  в красных и синих строках соответственно).

На основе приведенных выше рассуждений можно сделать вывод, что частотно-модулируемый генератор является одним из наиболее сложных и ответственных узлов кодирующего устройства SECAM. Поэтому необходимо рассмотреть

его принцип действия более подробно. Особенности ЧМГ и предъявляемые к нему требования сформулируем следующим образом:

- модуляция цветоразностными сигналами  $D'_R$  и  $D'_B$ , а также сигналами цветовой синхронизации  $E_{ЦCR}$  и  $E_{ЦCB}$  двух отличающихся по частоте цветных поднесущих  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$ ;
- необходимость поддержания с высокой степенью точности ( $\pm 2$  кГц) номинальных значений поднесущих частот;
- кратность значений номинальных частот поднесущих частоте строчной развертки;
- постоянство фазы колебаний цветных поднесущих в начале каждой строки;
- высокая линейность модуляционной характеристики частотно-модулируемого генератора.

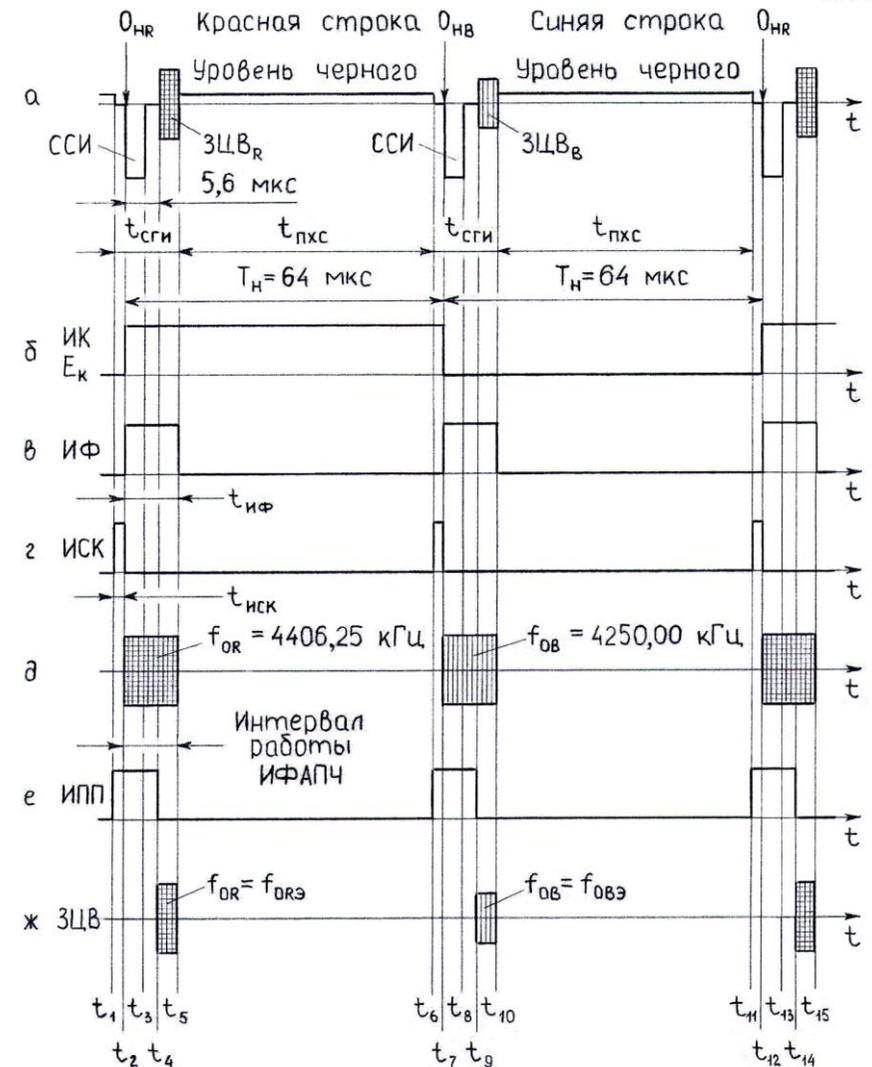
Непосредственная стабилизация средних частот колебаний ЧМГ с требуемой точностью невозможна. Поэтому для поддержания в соответствии с условиями (П2.7) стабильности частот покоя  $f_{OR}$  и  $f_{OB}$  в кодирующем устройстве используется метод импульсно-фазовой автоматической подстройки частот (ИФАПЧ) частотно-модулируемого генератора под частоты и фазы опорных, или эталонных цветных поднесущих ( $f_{ORЭ}$  и  $f_{OBЭ}$ ), формируемых кварцевыми генераторами ( $\mathcal{E}Г_R$  и  $\mathcal{E}Г_B$ , см. рис. П2.1). Такой метод позволяет стабилизировать не только средние частоты, но и начальные фазы колебаний, что необходимо для реализации условия коммутаций фаз поднесущих (см. П1.7 приложения 1). При этом перед подачей на ЧМГ сигнала  $D'_R$  автоподстройка производится под эталонную частоту  $f_{ORЭ}$  (кварцевого генератора  $\mathcal{E}Г_R$ ), равную  $f_{ORЭ} = 4406,25$  кГц, а перед подачей сигнала  $D'_B$  – под частоту  $f_{OBЭ} = 4250,00$  кГц. Таким образом обеспечивается подготовка ЧМГ для работы на активных интервалах красной и синей строк соответственно.

Виды и параметры сигналов, используемых при частотной модуляции в кодирующем устройстве, показаны на рис. П2.6. При этом на рис. П2.6,а представлена служебная часть полного цветного видеосигнала, образующегося в выходном сумматоре кодера ( $\Sigma$ ), на интервале двух последовательных строк (сигналы яркости и цветности, передаваемые во время прямого, или активного хода этих строк, не показаны); здесь *ССИ* и *СГИ* – строчные синхронизирующие и гасящие импульсы соответственно, *ЗЦВ<sub>Р</sub>* и *ЗЦВ<sub>В</sub>* – защитные цветные вспышки (немодулированные цветные поднесущие) с частотами  $f_{ОРЭ}$  и  $f_{ОВЭ}$  соответственно.

Чередующиеся от строки к строке модулирующие сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  подаются, как было отмечено, на генератор ЧМГ, ко входу которого подключен фиксатор уровня (ФУ). Во время СГИ сигналы  $D'_R$  и  $D'_B$  отсутствуют (равны нулю), и ЧМГ вырабатывает немодулированные частоты, близкие к номинальным  $f_{ОР}$  и  $f_{ОВ}$ . Это оказывается возможным благодаря тому, что фиксатор ФУ приводит нулевые уровни модулирующих сигналов в интервалах гашения по строкам к определенным напряжениям (на входе ЧМГ), соответствующим частотам покоя генератора  $f_{ОР}$  и  $f_{ОВ}$ .

Таким образом, автоподстройка частоты и фазы колебаний ЧМГ по опорным частотам производится на интервалах времени *СГИ*, когда модулирующие цветоразностные сигналы равны нулю и, следовательно, должна генерироваться частота с номинальным значением одной из поднесущих.

Электронный коммутатор  $ЭК_2$  работает *синфазно* с коммутатором цветоразностных сигналов  $ЭК_1$  и обеспечивает чередование эталонных сигналов, вырабатываемых генераторами цветных поднесущих  $ЭГ_R$  и  $ЭГ_B$ . Оба коммутатора переключаются одними и теми же импульсами коммутации (ИК), или



**Рис. П2.6. Осциллограммы сигналов, поясняющие принцип действия частотно-модулируемого генератора и подавителя цветных поднесущих**

$E_K$  и  $\bar{E}_K$ . Импульсы ИК поочередно (через строку) подключают эталонные генераторы ко входу фазового детектора (ФД), начиная с момента, соответствующего фронту ССИ, т.е. началу строки ( $0_H$ ). Поэтому на вход ФД в течение одной строки поступают колебания с частотой  $f_{ORЭ}$ , а в течении другой –  $f_{OBЭ}$ .

Предположим, что коммутатор  $ЭК_1$  находится в положении, определяемом импульсами коммутации  $E_K$ , когда на вход ЧМГ проходит сигнал  $D'_R$ , установленный на пьедестальной площадке (рис. П2.2,з). Эти же импульсы коммутации (рис. П2.6, б) поступают на коммутатор  $ЭК_2$ , пропускающим на свой выход, или вход ФД, в течение данной строки колебания  $f_{ORЭ}$ . Выходной сигнал ЧМГ подается на ФД через ключевой каскад (КК), обеспечивающий прохождение этого сигнала во время СГИ и выделяющий таким образом пакет немодулированных колебаний. Тогда в момент времени  $t_2$ , соответствующий началу строки  $0_H$ , на входах ФД будут присутствовать два колебания: одно с собственной частотой, близкой к  $f_{OR}$ , от ЧМГ, а другое – с эталонной частотой  $f_{ORЭ}$  – от ЭГ<sub>R</sub>.

Фазовый детектор сравнивает фазы входных колебаний, в результате чего на его выходе появляется *управляющее напряжение (сигнал ошибки)  $\pm u$* , пропорциональное уходу собственной частоты ЧМГ от эталонной, т.е. пропорциональное  $\cos\theta$ , где  $\theta$  – разность фаз поступающих на ФД колебаний.

Вырабатываемое фазовым детектором напряжение ошибки фильтруется в ФНЧ (не показан) и затем управляет фиксатором ФУ, изменяя его опорное (выходное) напряжение и, в итоге, сдвигая частоту ЧМГ в нужном направлении. При этом управление частотой происходит только во время *импульсов привязки, или фиксации (ИФ)* (рис. П2.6,в), длительность которых примерно равна длительности СГИ, т.е.  $t_{ИФ} = 10...11$  мкс. Следовательно, петля ИФАПЧ действует в интервале

$t_2...t_5$ , на котором собственная частота ЧМГ приближается к эталонной  $f_{ORЭ}$  почти до точного ей соответствия (рис. П2.6,д). В этом случае защитная цветовая вспышка  $ЗЦВ_R$  будет представлять собой пакет высокостабильных колебаний (рис. П2.6,ж).

В момент времени  $t_5$  импульс ИФ заканчивается, но напряжение фиксации удерживается накопительной емкостью на выходе ФУ, обеспечивая тем самым поддержание номинального значения частоты  $f_{OR}$  ЧМГ при отсутствии модуляции. Здесь следует подчеркнуть, поскольку петля автоподстройки замыкается только во время действия импульса фиксации, то дальнейшее поддержание требуемых значений частоты покоя и фазы поднесущей на интервале прямого хода по строке  $t_{ПХС}$  должно обеспечиваться исключительно за счет стабильности работы фиксатора ФУ (точности поддержания установленного фиксатором необходимого опорного уровня на входе ЧМГ). Поэтому стабильность работы всего узла ЧМГ в значительной степени определяется качеством работы фиксатора ФУ и к нему должны предъявляться весьма высокие требования.

По окончании СГИ (момент времени  $t_5$ ) на ЧМГ поступает сигнал  $D'_R$  и начинает модулировать, т.е. изменять частоту ЧМГ  $f_{OR}$  по закону модулирующего сигнала в интервале активной части красной строки ( $t_5...t_6$ ). В момент  $t_6$  эта часть строки, а также и передача сигнала  $D'_R$  заканчивается.

В следующей (синей) строке коммутатор  $ЭК_1$  переключается (с помощью импульсов коммутации  $\bar{E}_K$ ) в положение, при котором на вход ЧМГ будет проходить модулирующий сигнал  $D'_B$ , но, уже без пьедестального импульса. Сигнал  $D'_B$ , как и  $D'_R$ , в интервале СГИ ( $t_6...t_{10}$ ) равен нулю. Однако резкое изменение (уменьшение) постоянной составляющей на входе ЧМГ на значение, равное размаху пьедестального импульса  $\Delta D$

(рис. П2.2,з), вызывает соответствующее изменение (уменьшение) вырабатываемой генератором ЧМГ частоты, которая в данном случае будет иметь значение, близкое к  $f_{OB}$ . Приближение частоты  $f_{OB}$  к эталонной обеспечивает ИФАПЧ аналогично красной строке. Только на детектор ФД здесь будут поступать через коммутатор  $\mathcal{E}K_2$  колебания частотой  $f_{OBЭ}$  от другого эталонного кварцевого генератора  $\mathcal{E}Г_B$ .

Таким образом, ИФАПЧ подстраивает частоту ЧМГ под частоту  $f_{ORЭ}$  в интервале  $t_2...t_5$ , а под частоту  $f_{OBЭ}$  – в интервале  $t_7...t_{10}$ . Далее процесс повторяется.

Жесткая связь (кратность) между эталонными частотами ( $f_{ORЭ}$  и  $f_{OBЭ}$ ) и частотой строк ( $f_H$ ) достигается методом фазовой синхронизации – ударным возбуждением эталонных генераторов ( $\mathcal{E}Г_R$  и  $\mathcal{E}Г_B$ ), или кварцевых фильтров короткими импульсами, следующими с частотой строк. Импульсы ударного возбуждения (ИУВ), длительность которых примерно равна полупериоду эталонных колебаний, формируются в ФИУВ из строчных синхроимпульсов ССИ. Это обеспечивает постоянство фазы эталонных цветных поднесущих в начале каждой строки.

Генератор ЧМГ во время импульсов фиксации должен подстраиваться к эталонным генераторам не только по частоте, но и по фазе. При этом равенство фаз колебаний должно быть обеспечено в самом начале строки. Поэтому, чтобы колебания ЧМГ имели ту же фазу, как и колебания эталонных генераторов, что необходимо для устранения неопределенности в работе петли ИФАПЧ (напряжение ошибки, вырабатываемое фазовым детектором, равно нулю как для нулевого сдвига фаз  $\theta = 0$ , так и для  $\theta = 180^\circ$ ), эти колебания в конце каждой строки срываются на короткое время ( $\approx 1$  мкс) специальными импульсами срыва (ИСК) (рис. П2.6,з), поступающими на ЧМГ от форми-

рователя (ФИСК). Длительность импульса срыва колебаний должна быть кратной числу полупериодов эталонных колебаний  $f_{ORЭ}$  и  $f_{OBЭ}$ , что обеспечивается принудительным сбросом формирователя (мультивибратора) ФИСК эталонными поднесущими. Только в этом случае момент открывания ЧМГ, т.е. возобновление его колебаний оказывается сфазированным с колебаниями эталонных генераторов, и создаются одинаковые начальные условия работы петли ИФАПЧ для частот  $f_{ORЭ}$  и  $f_{OBЭ}$  (устраняется неопределенность в ее работе).

С выхода ЧМГ сигнал цветности в виде частотно-модулированных сигналов красной и синей строк поступает на амплитудный ограничитель ( $\mathcal{A}O_2$ ), выравнивающий размахи сигналов в этих последовательных строках и устраняющий выбросы от переходных процессов (рис. П2.2, и). Полосовой фильтр (ПФ) ограничивает спектр сигнала цветности полосой (3...6) МГц, т.е.  $\Delta f_{ПФ} = 3$  МГц.

После этого частотно-модулированные поднесущие подвергаются операции поворота на  $180^\circ$  (инверсии), или коммутации их фаз в коммутаторе ( $\mathcal{K}ФП$ ). Эта операция необходима для улучшения совместимости системы, т.е. для уменьшения заметности помех (паразитного рисунка) от поднесущих на экране черно-белого телевизора (см. П1.7 приложения 1) и обеспечения таким образом частотного перемежения спектра сигнала цветности со спектром яркостного сигнала.

В соответствии с ГОСТ 7845-92 изменение фаз поднесущих на противоположные ( $180^\circ$ ) может производиться по одному из двух равноценных вариантов:

- а) на интервале каждой третьей строки поля (0, 0,  $180^\circ$ , 0, 0,  $180^\circ$  и т.д.) и от поля к полю (0,  $180^\circ$ , 0,  $180^\circ$  и т.д.);
- б) на интервале каждых трех последовательных строк поля (0, 0, 0,  $180^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $180^\circ$ , 0, 0,  $0^\circ$  и т.д.) и также от поля к полю.

Порядок изменения фаз определяется формой импульсов коммутации (ИКФ), формируемых в ФИК из импульсов строчной  $f_H$  и полевой  $f_V$  частот.

Далее сигнал цветности подвергается амплитудным преобразованиям (дополнительной амплитудной модуляции), суть которых заключается в увеличении амплитуд модулированных поднесущих при сдвиге их частот в обе стороны от средней частоты  $f_0$  (см. П1.4 приложения 1). Эта операция осуществляется пропуском сигнала цветности через цепь (фильтр) ЦВЧП с коэффициентом передачи (П1.8) и АЧХ с формой перевернутого колокола (рис. П1.3, а), практически реализуемой режекторным контуром с резонансной частотой  $f_0 = 4286$  кГц и добротностью  $Q \approx 16$ . Форма сигнала цветности на выходе цепи ЦВЧП показана на рис. П2.2, к. Введение преобразования сигнала цветности повышает помехоустойчивость его приема и ослабляет заметность цветных поднесущих на экране черно-белого телевизора в случае передачи малонасыщенных цветов.

В каскаде ПП осуществляется подавление поднесущих на интервалах гасящих импульсов полей ГИП за исключением времени передачи девяти строк ( $9H$ ) сигналов полевой цветовой синхронизации ( $u_{ICR}$  и  $u_{ICB}$ ) и на интервалах строчных гасящих импульсов СГИ, кроме времени действия защитных цветных вспышек ( $ЗЦВ_R$  и  $ЗЦВ_B$ ). Подавление необходимо для того, чтобы исключить временное совпадение, т.е. наложение цветных поднесущих на синхронизирующие импульсы (замешиваемые в полный цветовой видеосигнал) и тем самым не создавать помех в канале синхронизации развертывающих устройств телевизора.

Импульсы подавления поднесущих (ИПП) формируются в ФИПП и их форма на строчном гасящем интервале показана на рис. П2.6,е. Как видно из рисунка, подавитель ПП препятст-

вует прохождению поднесущих в интервалах времени  $t_1...t_4$ ,  $t_6...t_9$  и т.д. Подавление заканчивается через  $(5,6 \pm 0,2)$  мкс после фронта строчного синхроимпульса ССИ ( $0_H$ ), в результате на выходе образуются пакеты высокостабильных немодулированных цветных поднесущих  $f_{ORЭ}$  и  $f_{OBЭ}$ , называемых уже известными защитными цветными вспышками (ЗЦВ) (рис. П2.6, ж), которые после суммирования с яркостным сигналом располагаются на задней площадке строчного гасящего импульса СГИ (рис. П2.6, а). Разная амплитуда пакетов в красной и синей строках объясняется действием цепи преобразования сигнала цветности.

Передача защитных цветных вспышек в интервалах времени, указанных на рис. П2.6,а,ж, необходима для того, чтобы в телевизоре, конкретно в амплитудных ограничителях красного и синего сигналов цветности (включаемых перед соответствующими частотными детекторами) режим ограничения успел установиться до начала прямого хода (активной части) строки. При отсутствии защитных вспышек на изображении в левой части экрана появляется цветная бахрома, обусловленная шумами и переходными процессами в канале цветности при поступлении ЧМ сигнала. Таким образом, главное назначение защитных цветных вспышек – предотвращение переходных процессов в демодулированных сигналах в начале активных интервалов строк. Используются сигналы ЗЦВ и для формирования в цветоразностных сигналах плоских участков (площадок) для фиксации уровня черного. Наконец, эти вспышки выполняют роль строчных сигналов цветовой синхронизации практически во всех современных цветных телевизорах.

Окончательно сформированный сигнал цветности  $u_{Ц}$  (состоящий из частотно-модулированных поднесущих, защитных

цветовых вспышек и сигналов полевой цветовой синхронизации) поступает на выходной сумматор  $\Sigma$ , где складывается с сигналом яркости  $E'_Y$  и синхронизирующим сигналом  $E_{CC}$  (в состав которого входят строчные синхроимпульсы ССИ и синхронизирующие импульсы полей СИП). На выходе сумматора  $\Sigma$  образуется полный цветовой видеосигнал ( $E_{ПЦВС}$ ) SECAM, форма которого для двух смежных строк при передаче испытательного сигнала вертикальных цветных полос типа 100/0/75/0 показана на рис. П2.2,л. Моменты времени  $t_5, t_{10}, t_{15}$  соответствуют началу активных интервалов строк, а моменты  $t_1, t_6, t_{11}$  – их окончанию. В активной части строки амплитуда сигнала цветности различна при передаче полос разных цветов. Это обусловлено действием цепи предискажения сигнала цветности. На цветовых переходах сигнал цветности имеет выбросы, вызванные цепями предискажений цветоразностных сигналов.

Стандартный полный цветовой видеосигнал  $E_{ПЦВС}$  SECAM в строчном интервале гашения и его окрестности показан на рис. П2.7, а спектральный состав  $E_{ПЦВС}$  – на рис. П2.8. Весь комплекс спектральных преобразований в кодере SECAM представлен на рис. П2.9.

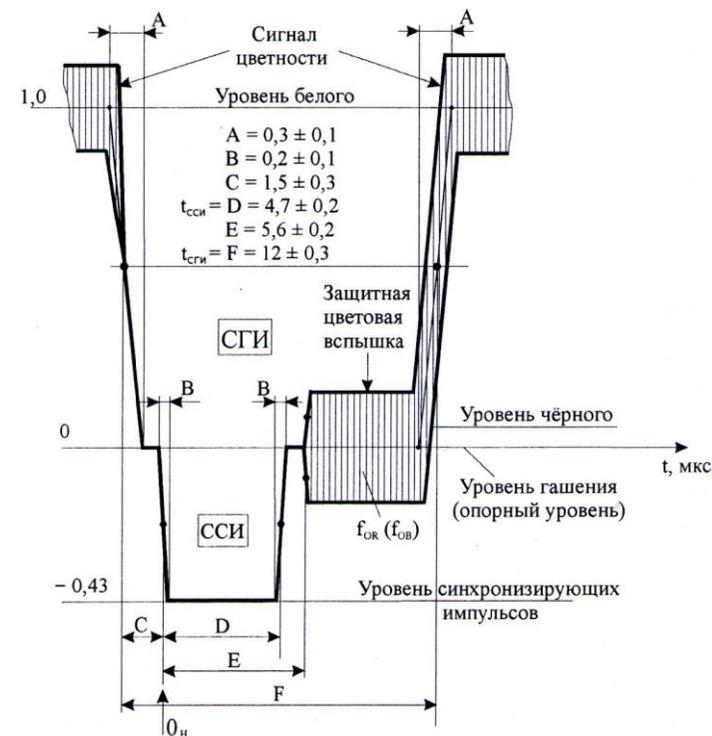


Рис. П2.7. Стандартный полный цветовой видеосигнал в интервале строчного гашения

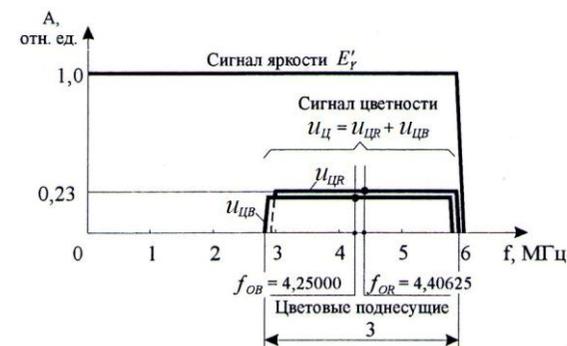


Рис. П2.8. Спектр частот полного видеосигнала системы SECAM на выходе кодирующего устройства

### КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО КОДИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВАМ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

#### Высокочастотное предискажение –

1. Подъем амплитуды сигнала цветности по мере отклонения поднесущей частоты от ее центрального (номинального) значения с целью повышения помехозащищенности и улучшения совместимости. Используется в системе SECAM.

2. Подъем амплитудно-частотной характеристики усилителя записи видеосигнала в области верхних частот с целью увеличения отношения сигнал-шум.

**Канал цветности кодирующего устройства** – часть канала изображения кодирующего устройства, в которой происходит формирование сигнала цветности (одной из информационных составляющих полного цветового видеосигнала).

**Канал яркости кодирующего устройства** – часть канала изображения кодирующего устройства, предназначенная для формирования яркостного сигнала.

#### Кóдер – Encoder –

1. Устройство, обеспечивающее кодирование, например, аналого-цифровое преобразование видеосигнала.

2. Устройство формирования аналогового полного цветового видеосигнала из сигналов основных цветов.

3. Устройство компрессии (сжатия) аудио- и видеoinформации по принятому стандарту, например MPEG-2.

**Кодирование – Encoding** – преобразование сигнала из



Рис. П2.9. Спектральные преобразования сигналов в кодирующем устройстве SECAM

одной формы в другую по определенному математическому правилу с целью создания лучших условий его передачи, хранения или обработки. При этом образуется однозначное соответствие между сообщением и сигналом.

Под классическим понятием кодирования подразумевают преобразование аналогового (непрерывного) сигнала в цифровой, которое реализуется в виде импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), предусматривающей три операции: *дискретизацию* (во времени), *квантование* (по уровню) и, собственно, *кодирование* (формирование кодовых комбинаций).

В обычном телевидении под кодированием понимают формирование сигнала цветности в соответствии со стандартом системы цветного телевидения, а также образование полного цветового видеосигнала из сигналов основных цветов. В прикладном телевидении существует *цветовое* кодирование – преобразование черно-белого изображения в цветное по определенным признакам.

В современной телевизионной и видеотехнике это понятие обычно отождествляют с *компрессией* (*сжатием*) изображений – преобразованием (называют кодированием) ИКМ-сигнала по какому-либо стандарту компрессии (например, *MPEG-4*).

**Корректор цветности** – *Croma Corrector* – устройство коррекции сигнала, содержащего в себе информацию о цветности передаваемого изображения. Результатом коррекции является изменение (приближение к естественной цветности) насыщенности и цветового тона, а также подавление цветового шума на телевизионном изображении. Операция выполняется в канале цветности.

**Красная (синяя) строка** – *Red (Blue) Horizontal Line* – строка телевизионной развертки в системе SECAM, в которой передается информация о красном (синем) цвете.

**Низкочастотное предискажение** – подъем амплитуды цветоразностных сигналов в области верхних частот с целью повышения помехозащищенности. Применяется в системе SECAM.

**Основные цвета** – три взаимно-независимых цвета, каждый из которых не может быть получен смешением двух других. Это красный (*R*), зеленый (*G*) и синий (*B*) цвета. Оптическим их смешением (сложением) в определенных количествах (пропорциях) можно получить любой другой цвет, визуально неотличимый от какого-либо данного цвета.

**Предискажение** – преднамеренное искажение сигналов при передаче или записи с целью уменьшения искажений сигналов в канале передачи-приема или записи-воспроизведения.

При передаче информации о цветности в системе SECAM вводят предискажения модулирующих цветоразностных сигналов (низкочастотные предискажения) и модулированных этими сигналами поднесущих – сигналов цветности (высокочастотные предискажения).

**Сигнал цветовой синхронизации** – сигнал цветового опознавания (идентификации) передаваемой информации, представляющий собой: а) сигнал в виде цветовых поднесущих (красной и синей), промодулированных трапецеидальными импульсами и передаваемых во время обратного хода каждого поля в течение активных интервалов девяти строк – с 7-й по 15-ю в нечетном поле и с 320-й по 328-ю – в четном (при кадровой цветовой синхронизации в системе SECAM); б) немодулированные цветовые поднесущие с частотами  $f_{OR} = 4406$  кГц и  $f_{OB} = 4250$  кГц, передаваемые последовательно во время строчных гасящих импульсов (при строчной цветовой синхронизации в системе SECAM; в) пакеты из 8...10 периодов немодулированной цветовой поднесущей, передаваемые в каждой

строке на задней площадке строчного гасящего импульса (в системах *NTSC* и *PAL*).

**Система SEKAM – SECAM** – совместимая система цветного телевидения, в которой сигнал цветности формируется путем частотной модуляции двух отличающихся по частоте цветовых поднесущих чередующимися от строки к строке цветоразностными сигналами с последующим восстановлением на приемной стороне недостающей информации с помощью задержки сигнала цветности на время одной строки (64 мкс).

**Цветовая вспышка – Color Burst** – сигнал цветовой синхронизации в аналоговых системах цветного телевидения с квадратурной балансной модуляцией (*NTSC*, *PAL*), передаваемый в составе полного цветового видеосигнала после строчного синхронизирующего импульса и располагаемый на задней площадке каждого строчного гасящего импульса. Представляет собой радиоимпульс – пакет синусоидальных колебаний цветовой поднесущей длительностью 8...10 ее периодов.

Частота вспышки равна частоте цветовой поднесущей: 3,579545 и 4,43361875 МГц в системах *NTSC* и *PAL* соответственно.

Фаза вспышки в системе *NTSC* ( $\varphi_{цвNTSC}$ ) равна  $-180^\circ$  и ее вектор совпадает с отрицательным направлением оси *B–Y*.

В системе *PAL* на приемной стороне необходимо иметь информацию о том, в какой фазе ( $90$  или  $270^\circ$ ) передается в данной строке красная составляющая  $u_V$ . Такая информация кодируется изменением фазы колебаний цветовой вспышки: при передаче в *N*-й строке сигнала  $u_V$ , совпадающего по фазе с положительным направлением оси *R–Y*, фаза вспышки устанавливается равной  $135^\circ$ , а в следующей, (*N+1*)-й, строке, где сигнал  $u_V$  меняет свою фазу на  $180^\circ$ , фаза вспышки также изменяется и становится равной  $-135^\circ$ .

Цветовая вспышка используется для синхронизации (с

точностью до фазы) генератора цветовой поднесущей в телевизоре, что в итоге позволяет обеспечить правильную работу синхронных детекторов, выделяющих цветоразностные сигналы.

**Цветовая поднесущая** – электромагнитное колебание, один (например частота) или несколько (амплитуда и фаза) параметров которой модулируются цветоразностными сигналами, образуя сигнал цветности, который в дальнейшем, суммируясь с яркостным сигналом и другими служебными сигналами, модулирует несущую телевизионного канала (радиопередатчика).

Цветовую поднесущую выбирают исходя из того, чтобы она сама и продукт ее модуляции – двухполосный сигнал цветности – располагались в высокочастотной области спектра яркостного сигнала. При этом стремятся к тому, чтобы все составляющие ее спектра попали в промежутки между составляющими дискретного спектра яркостного сигнала. В этом случае обеспечивается частотное уплотнение телевизионного канала без расширения общей полосы занимаемых им частот.

Значения цветовой поднесущей в зависимости от типа вещательной системы цветного телевидения составляют 3,58; 4,43; 4,25 и 4,406 МГц.

**Цветовая синхронизация – Color Synchronization** – принудительное установление и поддержание синхронности и (или) синфазности сигналов цветности в системах вещательного телевидения.

**Цветоразностный сигнал** – сигнал, равный разности двух сигналов, а именно, сигналов основных цветов и яркости:

$$E'_R - E'_Y = E'_{R-Y}; \quad E'_G - E'_Y = E'_{G-Y}; \quad E'_B - E'_Y = E'_{B-Y}.$$

Из этих выражений видно, что цветоразностные сигналы

получаются вычитанием яркостной составляющей из сигналов основных цветов, содержащих информацию и о яркости и о цветности.

**Фиксирующая цепь** – цепь фиксации (привязки) на заданном уровне какого-либо мгновенного значения напряжения в периодическом сигнале (в частности, видеосигнале), потерявшем в процессе передачи постоянную (среднюю) составляющую.

В результате фиксации напряжение во время следования гасящих импульсов становится всегда одним и тем же и равным постоянному напряжению (уровню фиксации), которое служит напряжением смещения для следующего каскада.

Фиксирующие цепи используются для восстановления постоянной составляющей в различных точках телевизионного тракта, например, гамма-корректоре, амплитудных ограничителях, модуляторе радиопередатчика, а также видеоусилительном тракте телевизионного приемника.

Фиксирующие цепи делятся на *неуправляемые* (простые) и *управляемые*.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Телевидение: учебник для вузов / В.Е. Джакония, А.А. Гоголь, Я.В. Друзин и др.; под ред. В. Е. Джаконии. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 616 с.
2. Быков Р. Е. Основы телевидения и видеотехники: Учебник для вузов / Р. Е. Быков. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 399 с.
3. Новаковский С. В. Стандартные системы цветного телевидения / С. В. Новаковский. – М.: Связь, 1976. – 368 с.
4. Техника цветного телевидения / Под ред. С. В. Новаковского. – М.: Связь, 1976. – 496 с.
5. Ткаченко А. П. Цветное телевидение / А. П. Ткаченко. – Минск: Беларусь, 1981. – 255 с.
6. ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения: Основные параметры. Методы измерений.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие рекомендации по выполнению лабораторной работы.....	1
2. Домашнее задание и указания по его выполнению.....	2
3. Контрольные вопросы к домашнему заданию.....	4
4. Лабораторное задание и указания по его выполнению.....	5
5. Контрольные вопросы к лабораторному заданию.....	7
6. Содержание отчета.....	9
Приложение 1. Меры повышения помехозащищенности и улучшения совместимости системы SECAM, реализуемые в кодирующем устройстве.....	10
Приложение 2. Кодирующее устройство системы SECAM.....	29
Приложение 3. Краткий словарь терминов по кодирующим устройствам цветного телевидения.....	60
Библиографический список.....	66

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОДИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ВЕЩАТЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе по дисциплинам  
«Основы телевидения»,  
«Основы телевидения и видеотехники»  
и «Телевизионная техника»  
для студентов  
направлений 11.03.01, 11.04.01 «Радиотехника»  
и специальности  
11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»  
всех форм обучения

Составитель Зеленин Иван Алексеевич

В авторской редакции

Компьютерный набор В.И. Демьяновой

Подписано к изданию 01.12.2015.  
Уч.-изд. л. 4,2. «С».

ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14