

Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА

Самара

Министерство связи РФ

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

Кафедра РРТ

**Методические указания к лабораторной работе №2.10
"Изучение работы кодирующего устройства
системы ЦТ SECAM"**

**для специальностей 200700,
201000, 201100, 201400, 550400**

**Автор: к.т.н. доцент Балобанов В.Г.
Рецензент: к.т.н. доцент Горчакова М.А.**

Самара – 2009 г.

Введение

В последние два десятилетия в тесной взаимосвязи, стимулируя друг друга, бурно развиваются микроэлектроника, вычислительная техника, машинное проектирование электронных схем и моделирование средствами ЭВМ различных физических процессов и явлений.

Телевидение тесно связано с достижениями в области цифровой техники. Применение ЭВМ для расчета телевизионных схем и устройств позволяет в более короткие сроки, чем в случае ручных вычислений, осуществить проектирование функциональных узлов и блоков.

Большой практический эффект приносит моделирование на ЭВМ в плане подготовки студентов ВУЗов. ЭВМ повышает наглядность практических занятий, улучшает усваиваемость материала, экономит рабочее время преподавателя.

Особенно актуальность моделирования лабораторных работ на ЭВМ обострилась в последние годы. В связи с плохим финансированием ВУЗ не в состоянии покупать приборы, электронные компоненты и другой дорогостоящий учебный материал. Напротив, на одной ЭВМ можно смоделировать множество лабораторных работ, что легче осуществимо для ВУЗа.

Представленная работа открывает цикл работ по цветному телевидению, выполняемых на персональном компьютере. Изучение и исследование современных систем цветного телевидения является весьма актуальной задачей, так как оборудование систем вещательного телевидения является дорогостоящим и его приобретение затруднено.

Как известно, в настоящее время получили путевку в жизнь три системы цветного телевидения: NTSC, PAL и SECAM. Моделирование систем цветного телевидения возможно на уровне принципиальных и структурных схем. При исследовании работы отдельных блоков и устройств системы целесообразно моделировать принципиальные схемы с использованием программы Electronics Workbench 5.12. Сложные системы и устройства изучают на уровне структурных схем, составляя программы, моделирующие физические процессы в системах цветного телевидения.

Кафедрой телевидения и радиовещания подготовлены лабораторные работы по исследованию физических процессов в системах цветного телевидения PAL и SECAM на уровне структурных схем.

При подготовке к выполнению лабораторных работ на персональном компьютере студент обязан изучить по рекомендуемой литературе соответствующий материал, провести расчеты, подготовить таблицы. С разрешения преподавателя отдельные студенты могут выполнять лабораторные работы в домашних условиях с обязательным представлением отчетов по работе и защитой их у преподавателя.

При выполнении работы в лабораториях академии студент обязан получить допуск к работе, полученные результаты представить в виде отчета.

Лабораторная работа №2.10 "Изучение работы кодирующего устройства системы ЦТ SECAM"

1. Цель работы

Изучение принципов формирования сигналов в кодирующем устройстве системы ЦТ SECAM, смоделированном на персональном компьютере.

2. Литература

- 2.1. Телевидение / Под ред. Джакони В.Е.— М.: Радио и связь, 2004, с.262-284.
- 2.2. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. Телевидение. — М.: Связь, 1975, с.334-342.
- 2.3. Певзнер Б.М. Системы цветного телевидения. — М.: Энергия, 1969, с.101-118.
- 2.4. Новаковский С.В. Стандартные системы цветного телевидения. — М.: Связь, 1976, с.44-92.

3. Подготовка к работе

- 3.1. По описанию работы №2.10, конспекту лекций и рекомендованной литературе уяснить цель и содержание работы, изучить назначение формируемых кодирующим устройством сигналов и их параметры.
- 3.2. Назначение блока НЧ предискажений и их влияние на форму сигналов.
- 3.3. Назначение блока ВЧ предискажений и их влияние на ЧМ поднесущую.
- 3.4. Почему в системе SECAM поднесущие выбраны четным кратным гармоникам строчной частоты?
- 3.5. Назначение коммутатора фазы поднесущей в системе SECAM.
- 3.6. Рассчитать форму полного сигнала цветного телевидения и построить осциллограмму вертикальных цветных полос в соответствии с таблицей 2 для 100%-й яркости и 50% насыщенности цветов.

При расчете амплитуд сигналов цветных полос следует учитывать только ВЧ предискажения. В качестве примера, формы осциллограмм сигналов цветных полос приводятся ниже.

На рисунке 1 приведены сигналы вертикальных цветных полос максимальной (100%-ной) яркости и максимальной (100%-ной) насыщенности и сигналы цветных полос 75%-ной яркости (на белом 100%) и максимальной 100%-ной насыщенности (рисунок 2).

На рисунке 3 изображены осциллограммы сигналов цветных полос со 100%-ной яркостью и 50%-ной насыщенностью.

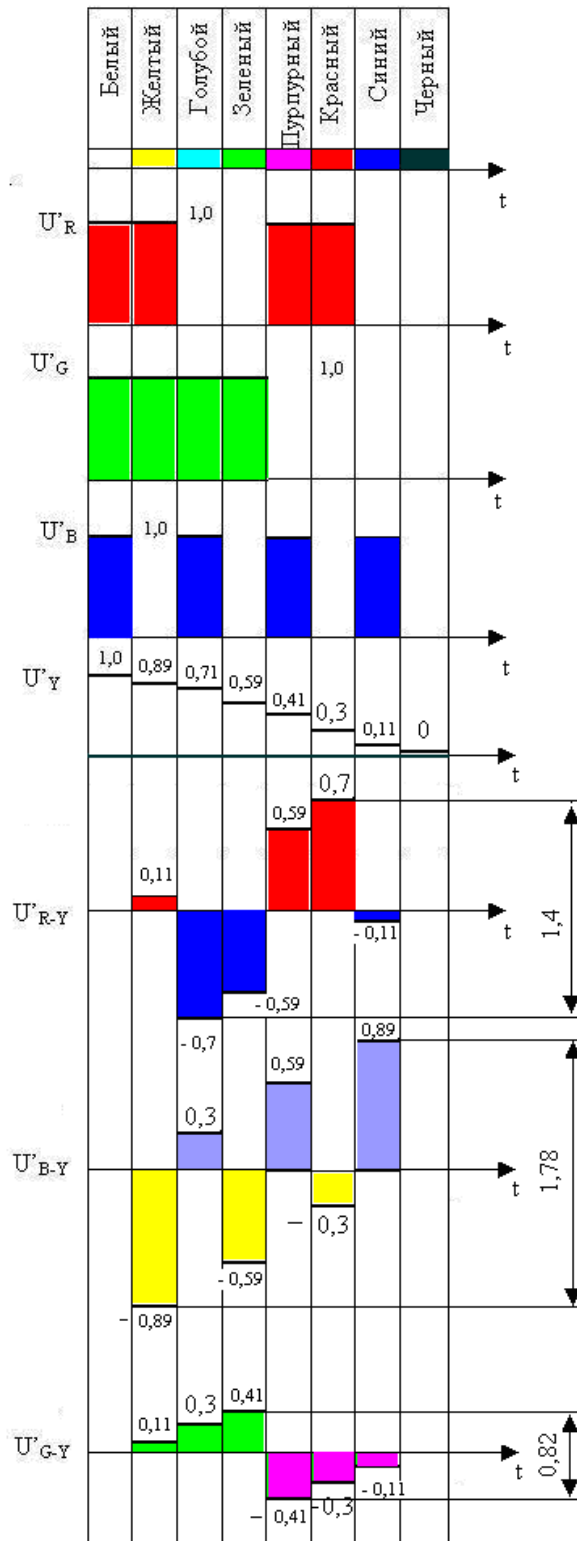


Рисунок 1. Сигналы вертикальных цветных полос максимальной (100%-ной) яркости и максимальной (100%-ной) насыщенности

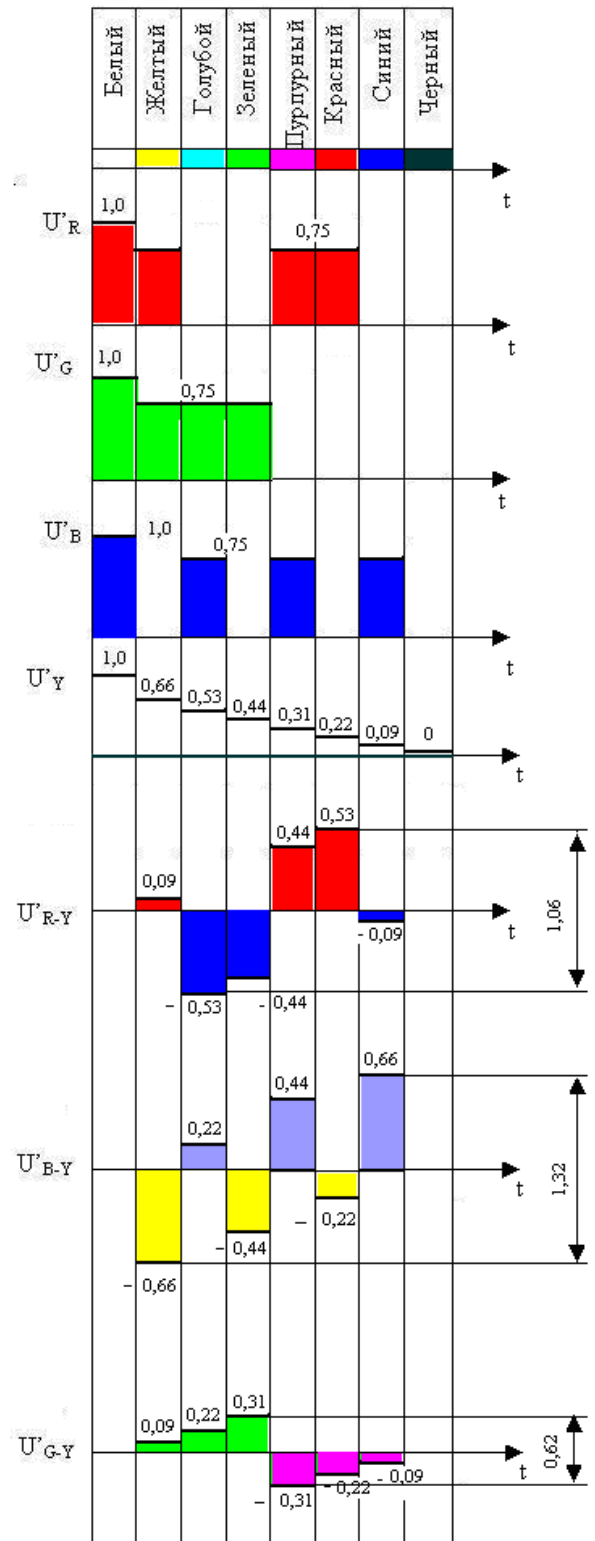


Рисунок 2. Сигналы вертикальных цветных полос 75%-ной яркости (на белом 100%) и максимальной (100%-ной) насыщенности

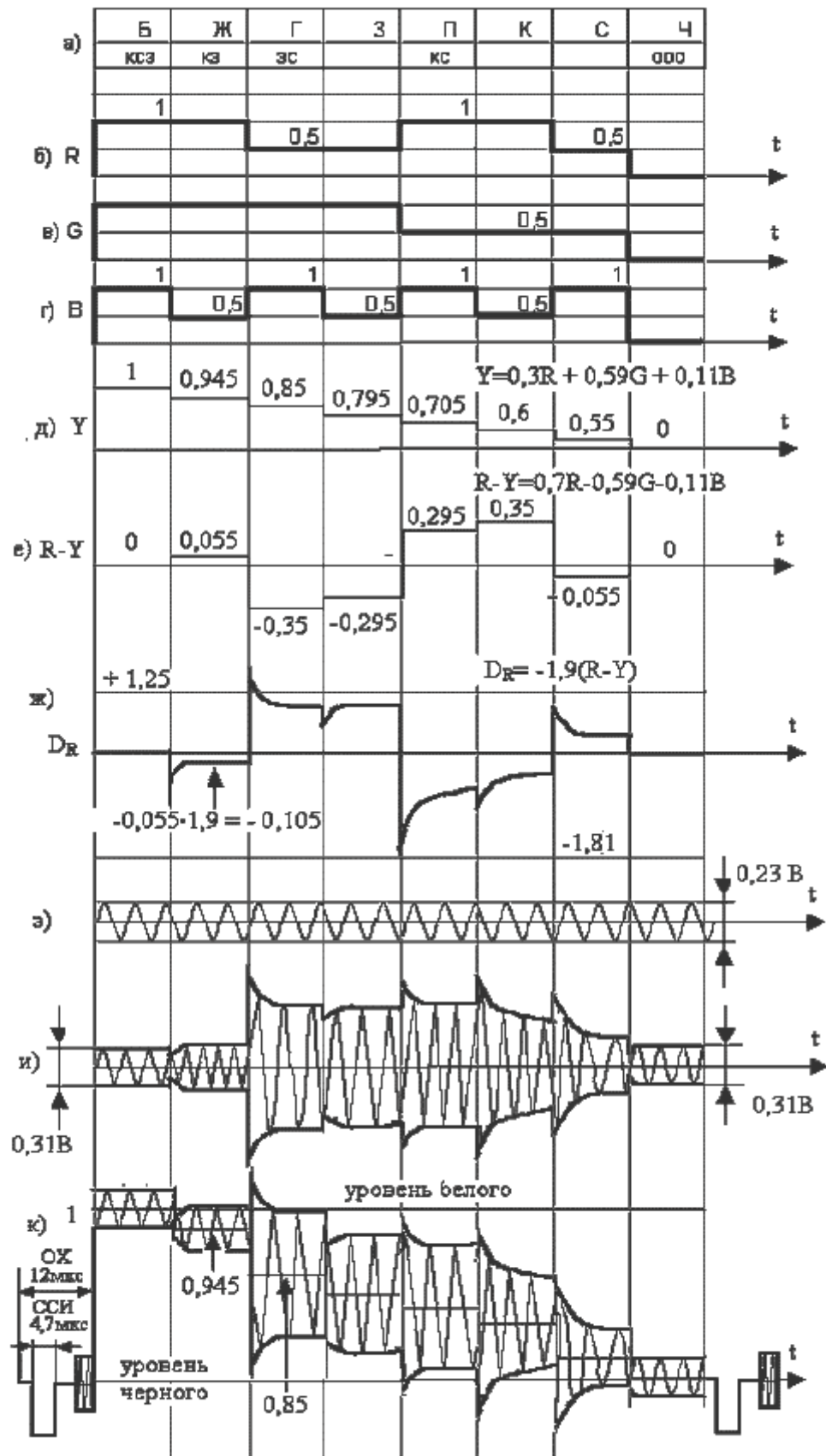


Рисунок 3

Для облегчения выполнения данного пункта 3.6 рассмотрим методику расчета сигналов цветных полос.

При расчете формы полного сигнала цветного телевидения (осциллограммы) следует учитывать только высокочастотные предискажения. Пример расчета осциллограммы приводится ниже.

Графики высокочастотного предискажения и модуляционные характеристики приведены на рис. 4, 5 и 6.

Низкочастотные предискажения (до частотного модулятора) приводят к характерным искажениям границ полос. На осциллограмме сигнала цветности при этом появляются искажения, напоминающие результат прохождения прямоугольных импульсов через дифференцирующую цепь, а точнее - через нескорректированный делитель напряжения. В расчетах и построении осциллограммы сигнала низкочастотные предискажения учитывать не требуется.

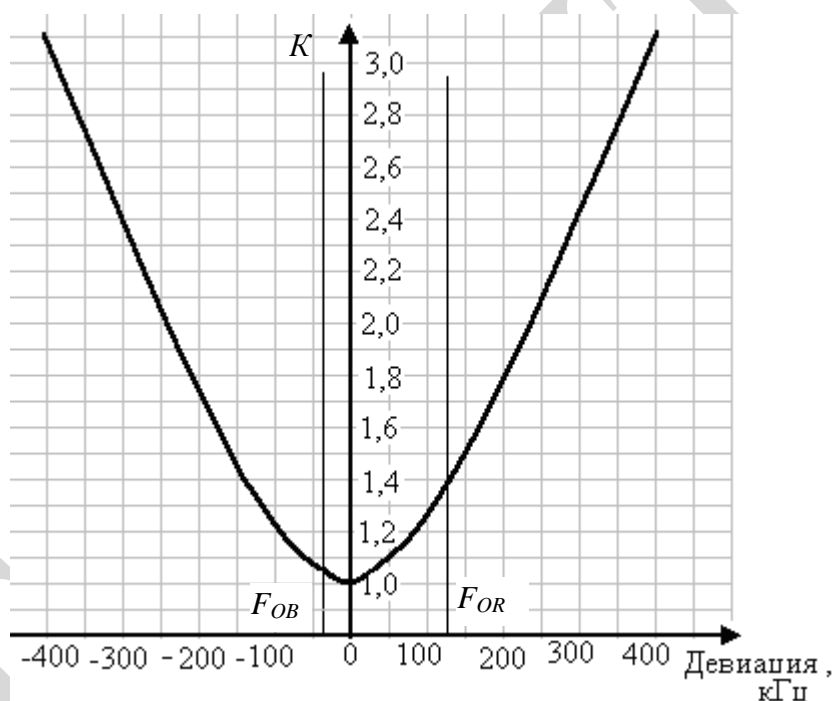


Рисунок 4. Частотная характеристика высокочастотного предискажения в линейном масштабе. $F_{OR} = 4406.25$ кГц, $F_C = 4286$ кГц, $F_{OB} = 4250$ кГц; амплитуда поднесущей $A = k \cdot A_0$, где $A_0 = 0,115$ – амплитуда поднесущей на выходе частотного модулятора до цепи ВЧ – предискажений.

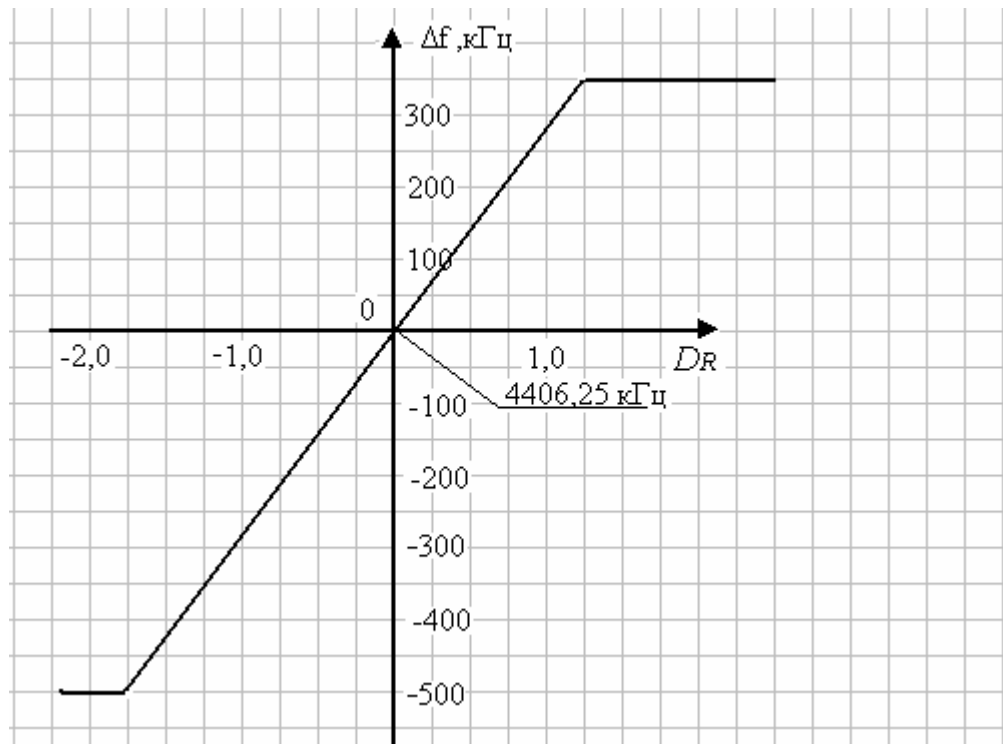


Рисунок 5. Модуляционная характеристики для сигнала D_R

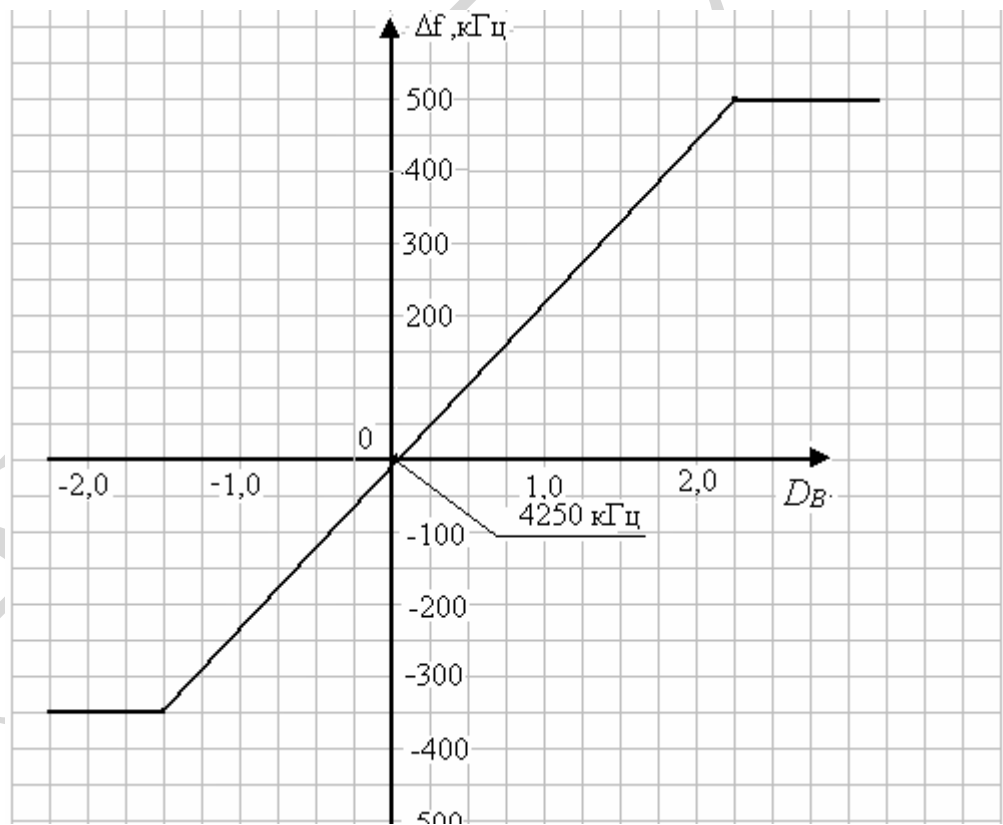


Рисунок 6. Модуляционная характеристики для сигнала D_B

Ниже приводится материал, поясняющий расчет и построение осциллограммы сигнала. Исходными являются заданные значения сигналов.

Пусть, например, требуется определить параметры сигнала при передаче голубого: $E_R'=0$, $E_G'=0,75$ и $E_B'=0,75$.*

(100%-я яркость в белом и 75%-я яркость в цвете).

Величина яркостного сигнала

$$\begin{aligned} E_Y' &= 0,30 \cdot E_R' + 0,59 \cdot E_G' + 0,11 \cdot E_B' = \\ &= 0,30 \cdot 0 + 0,59 \cdot 0,75 + 0,11 \cdot 0,75 = 0,53. \end{aligned}$$

Значение яркостного сигнала $E_Y' = 1$ на осциллограмме соответствует расстоянию между уровнями черного и белого, а текущие значения сигнала отсчитывают от уровня черного. На рис.7 изображена огибающая радиосигнала изображения, т.е. результат модуляции передатчика полным цветным телевизионным сигналом (негативная поляризация радиосигнала).

Далее находится величина цветоразностного сигнала D_R' и D_B' ($D_R' = -1,9 \cdot E_{R-Y}$, $D_B' = 1,5 \cdot E_{B-Y}$):

$$\begin{aligned} D_R' &= -1,33 \cdot E_R' + 1,12 \cdot E_G' + 0,21 \cdot E_B', \\ D_B' &= -0,45 \cdot E_R' - 0,89 \cdot E_G' + 1,34 \cdot E_B'. \end{aligned}$$

Предположим, что требуется определить величину сигнала D_R' для принятых в примере исходных данных:

$$D_R' = -1,33 \cdot 0 + 1,12 \cdot 0,75 + 0,21 \cdot 0,75 = 1,00.$$

Зная величину цветоразностного сигнала, находим по соответствующей модуляционной характеристике величину девиации частоты. В конкретном примере из рис. 5 для $D_R' = 1$ найдем $\Delta f = 280 \text{кГц}$.

Далее по характеристике ВЧ предыскажений (см. рис.4) определим коэффициент K . В нашем примере $K = 3$. Наконец, амплитуда поднесущей $A = 0,115 \cdot K = 0,115 \cdot 3 = 0,35$.

Заметьте, что при нахождении коэффициента K по рис. 4 величину девиации (с учетом знака) отсчитывают от соответствующей поднесущей, т.е. в нашем примере от F_{OR} .

Поднесущая накладывается на яркостный сигнал как показано на рис. 7 для голубой полосы. Сохранить масштаб по оси времени при подобных построениях затруднительно, поскольку период поднесущей составляет 0,22...0,25 мкс, что существенно меньше длительности строки. Поэтому саму поднесущую обычно не изображают, а показывают только её огибающую, как это сделано для других (кроме голубого) цветов на рисунке 7.

Результаты расчета должны дать ответ на то, какова частота и амплитуда сигнала цветности, а также величина яркостного сигнала для каждой заданной полосы.

* Примечание: штрихи в обозначениях сигналов E_Y' , D_R' и D_B' , означают, что сигналы прошли гамма-коррекцию. В дальнейшем, для упрощения штрихи могут отсутствовать.

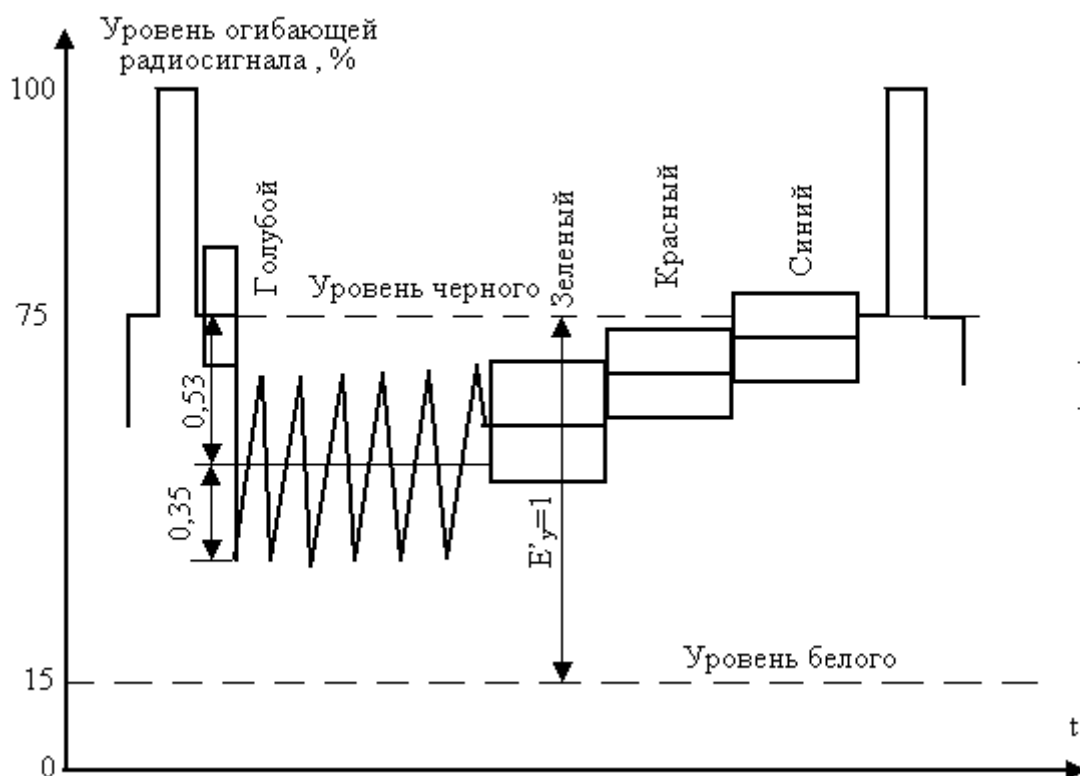


Рисунок 7. Форма полного сигнала цветного ТВ для строки (негативная полярность радиосигнала)

3.6.1. Рассчитать осциллограмму полного цветового ТВ сигнала изображения вертикальных цветных полос для белого, желтого, голубого, зеленого, пурпурного, красного, синего и черного цветов. Сигналы цветных полос имеют максимальную (100%-ую) яркость и 50%-ую насыщенность.

Пояснение: При 50%-ой насыщенности и 100%-ой яркости размахи сигналов U_R , U_G , U_B на выходе датчиков будут равны:

- 1) от красной полосы — $U_R = 1$, $U_G = 0.5$ и $U_B = 0.5$,
- 2) от зеленой полосы — $U_R = 0.5$, $U_G = 1$ и $U_B = 0.5$,
- 3) от синей полосы — $U_R = 0.5$, $U_G = 0.5$, $U_B = 1$.

Далее расчет ведется по приведенной выше методике.

В дополнение к сказанному в качестве примера приведена таблица №1 с результатами расчетов для сигналов цветных полос со 100%-ой и 75%-ой насыщенностью.

Значение видеосигнала и его составляющих

Таблица 1.

Сигнал	Цвет							
	<i>R</i>		<i>G</i>		<i>B</i>		<i>C</i> (белый)	
	При насыщенности, %							
	100	75	100	75	100	75	—	
<i>R'</i>	1.00	1.00	0.00	0.25	0.00	0.25	1.00	
<i>G'</i>	0.00	0.25	1.00	1.00	0.00	0.25	1.00	
<i>B'</i>	0.00	0.25	0.00	0.25	1.00	1.00	1.00	
<i>R'-Y'</i>	0.70	0.52	0.59	-0.45	-0.11	-0.09	0.00	
<i>B'-Y'</i>	-0.30	-0.23	-0.59	-0.45	0.89	0.66	0.00	
<i>Y'</i>	0.30	0.48	0.59	0.69	0.11	0.33	1.00	
<i>D_R'</i>	-1.33	-1.0	1.12	0.84	0.22	0.16	0.00	
<i>D_B'</i>	-0.45	-0.34	-0.88	-0.66	1.33	1.0	0.00	
ЧМ	<i>A(B)</i>							
<i>D_R'</i>	Δf	0.22	0.185	0.35	0.3	0.185	0.16	0.155
	(кГц)	-350	-280	310	250	76	47	0
ЧМ	<i>A(B)</i>	0.15	0.13	0.19	0.17	0.20	0.17	0.119
<i>D_B'</i>	Δf	-117	-90	-190	-160	300	220	0
	(кГц)							

Пример. Для $D'_R = -1.33$ из рисунка 5 находим $\Delta f = -375$ кГц, а из рисунка 4 $k = 1,9$. Отсюда амплитуда поднесущей $A = k \cdot A_0 = 1,9 \cdot 0,115 = 0,22$ В. Аналогично находим A и Δf для других значений D'_R и D'_B .

Сигналы $R, G, B, R-Y, B-Y, D'_R, D'_B$ определяются в соответствии с рисунком 3.

3.6.2. Подготовить две таблицы (№1 и №2) для выполнения работы (таблица 2)

Таблицу №1 заполнить по результатам выполнения домашнего задания, а в процессе выполнения лабораторной работы расчетные данные проверить с полученными экспериментальными данными и занести их в таблицу №2. Если расхождения получены в процессе выполнения работы, отметьте их в соответствующих ячейках таблицы №2.

Таблица 2.

Цветополосы	Ярк. (усл. ед.)	щ. (усл. ед.)	E_R (усл. ед.)	E_G (усл. ед.)	E_B (усл. ед.)	E_Y (усл. ед.)	D_R (усл. ед.)	D_B (усл. ед.)	ΔF_R (кГц)	ΔF_B (кГц)	После ВЧ-	
											$A_R = Ц_{6R}$	$A_B = Ц_{6B}$
Б	1,0	0										
	0,75	1,0										
Ж	1,0	1,0										
	1,0	0,5										
Г	0,75	1,0										
	1,0	1,0										
З	1,0	0,5										
	0,75	1,0										
И	1,0	1,0										
	0,75	1,0										
К	1,0	1,0										
	1,0	0,5										
	0,75	1,0										

4. Контрольные вопросы

- 4.1. Принцип передачи сигналов цветности в системе ЦТ SECAM.
- 4.2. Достоинства и недостатки системы SECAM перед другими системами ЦТ.
- 4.3. Назначение блока НЧ предискажений цветоразностных сигналов (ЦРС).
- 4.4. Влияние НЧ предискажений на форму сигналов.
- 4.5. Назначение ВЧ предискажений.
- 4.6. Влияние ВЧ предискажений на форму частотномодулированной поднесущей.
- 4.7. Назначение дополнительной АМ в системе SECAM.
- 4.8. Почему в системе SECAM поднесущие частоты выбраны равными четным кратным частотам гармоник строчной частоты: $f_{ПР}=282fc$, $f_{ПВ}=272fc$?
- 4.9. Назначение блока электронной коммутации фазы модулированной поднесущей в системе SECAM.
- 4.10. Назначение линии задержки в яркостном канале.
- 4.11. Каким образом обеспечивается совместимость системы SECAM с системой черно-белого ТВ?
- 4.12. Назначение испытательных сигналов цветных полос.
- 4.13. В какой полосе частот передаются сигналы цветности? Почему?
- 4.14. Почему в системах ЦТ в качестве цветоразностных сигналов выбраны синий и красный, а не зеленый?

5. Описание структурной схемы кодирующего устройства системы ЦТ SECAM

Рассмотрим кратко структурную схему формирования полного цветового ТВ сигнала в системе ЦТ SECAM (рис.8). На схеме представлены лишь те блоки, которые характеризуют особенности построения кодирующего устройства системы ЦТ SECAM.

Отличительным признаком системы ЦТ SECAM является поочередная передача двух цветоразностных сигналов через строку на ЧМ поднесущей при непрерывной передаче сигнала яркости U_Y . Последовательная передача двух сигналов цветности вызывает необходимость иметь в приемнике линию задержки (с $\tau_3 = 64$ мкс) с целью одновременного их поступления в декодирующую матрицу для образования третьего сигнала цветности.

Последовательная передача сигналов цветности на ЧМ поднесущей освобождает систему SECAM от фазовых искажений, присущих NTSC из-за квадратурной модуляции, а также от перекрестных искажений между сигналами цветности, так как здесь в каждый момент времени передается только один сигнал цветности.

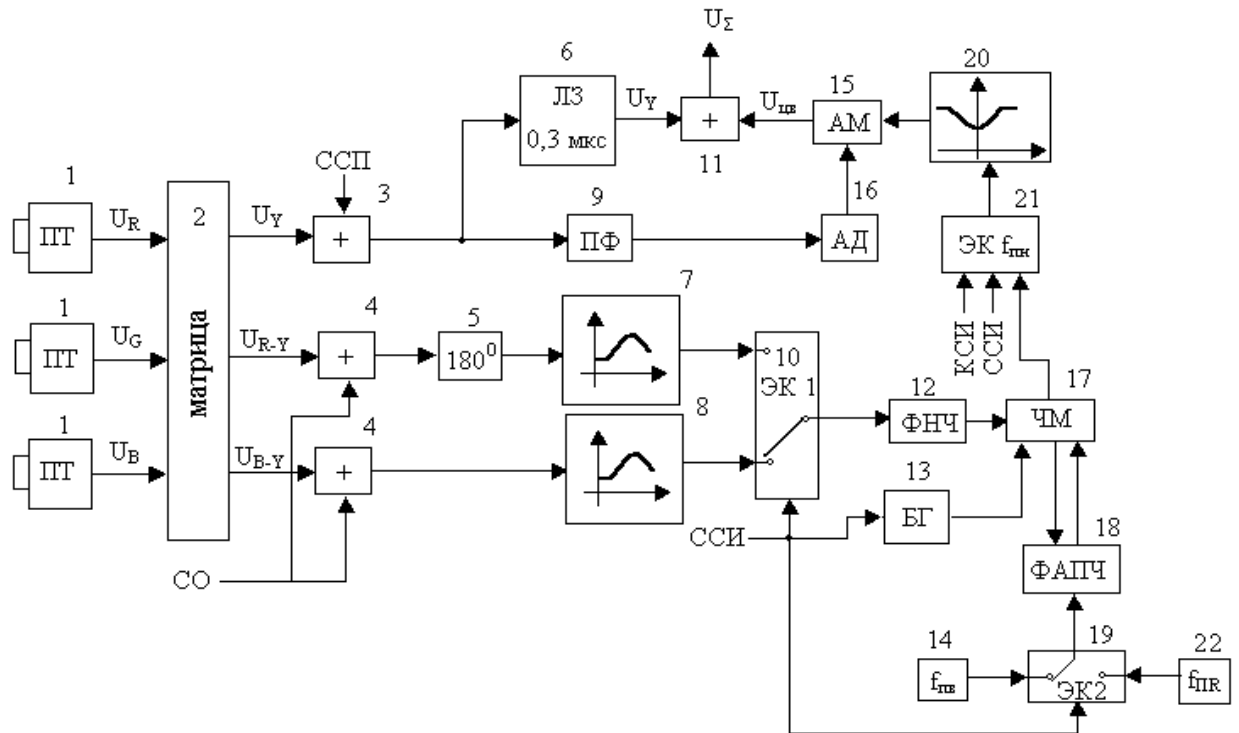


Рисунок 8. Кодирование устройство системы ЦТ SECAM

Пусть передаются вертикальные цветные полосы (рис.9) 100%-й яркости и 100%-й насыщенности.

В этом случае на выходе передающих трубок 1 (рис.8) форма видеосигналов U_r , U_g и U_b имеет прямоугольный характер (рис.9 б,в,г). Кодировочная матрица 2 служит для формирования цветоразностных сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y} и яркостного сигнала U_Y (рис.9 д,е) в соответствии с уравнениями:

$$U_Y = 0.3U_R + 0.59U_G + 0.11U_B, \quad (1)$$

$$U_{R-Y} = U_R - U_Y = 0.7U_R - 0.59U_G - 0.11U_B, \quad (2)$$

$$U_{B-Y} = U_B - U_Y = -0.3U_R - 0.59U_G + 0.89U_B. \quad (3)$$

Третий цветоразностный сигнал U_{G-Y} в приемнике получается путем решения системы трех уравнений (1), (2), и (3).

Действительно:

$$U_Y - U_{R-Y} = 0,3 \cdot (U_R - U_Y) + 0,59 \cdot (U_G - U_Y) + 0,11 \cdot (U_B - U_Y) = 0.$$

$$\text{Отсюда } U_{G-Y} = -0,51 \cdot U_{R-Y} - 0,19 \cdot U_{B-Y}. \quad (4)$$

Следовательно, если передать только два цветоразностных сигнала, например, U_{R-Y} и U_{B-Y} , то третий U_{G-Y} может быть легко получен на приемной стороне из первых двух. Предпочтение передаче сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y} отдано по соображениям помехоустойчивости (сигнал U_{G-Y} требует при своей передаче более широкой полосы частот, чем синий и красный). Сигнал зеленого U_G может быть получен в матрице из исходных сигналов U_R , U_B и U_Y не прибегая к цветоразностным сигналам.

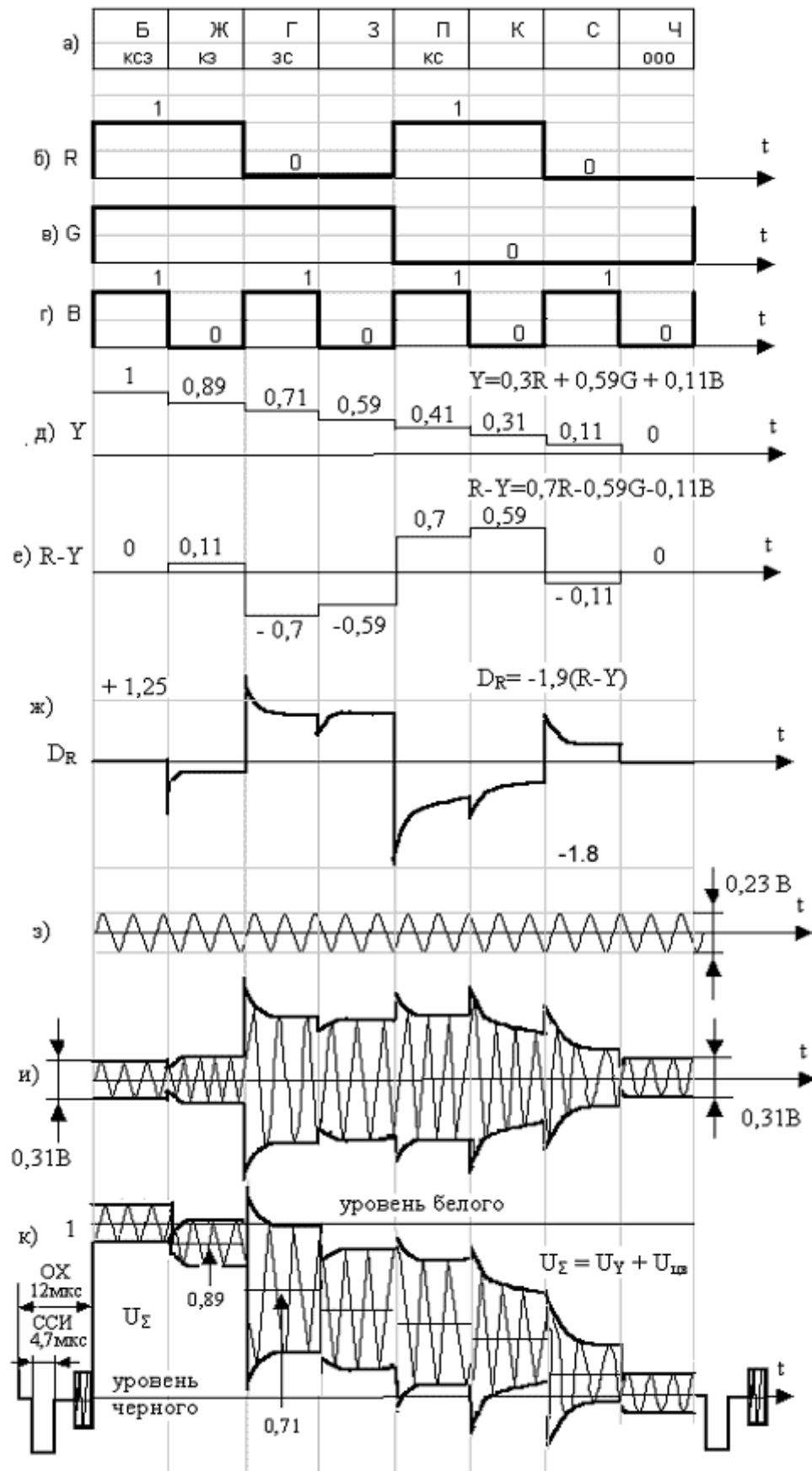


Рисунок 9

$U_G = U_G - U_Y + U_Y = -0,51(U_R - U_Y) - 0,19(U_B - U_Y) + U_Y = 1,7U_Y - 0,51U_R - 0,19U_B$ (5)
 Таким образом, в канал связи поступают три сигнала: яркостный сигнал U_Y с полосой 6 МГц (1) и два цветоразностных сигнала U_{R-Y} (2) и U_{B-Y} (3), каждый из которых занимает полосу 1,5 МГц.

В блоках 3 и 4 происходит замешивание сигналов синхронизации приемников ССП и сигналов опознавания цвета СО (рис. П1). Фазоинвертор 5 служит для изменения полярности цветоразностного сигнала U_{R-Y} на противоположную. В системе SECAM отрицательная полярность сигнала U_{R-Y} выбрана из следующих соображений.

Статистическое изучение показало, что для большинства сюжетов положительные значения сигналов U_{R-Y} превышают их отрицательные значения, а для сигнала U_{R-Y} - наоборот, то есть их значения заключены в пределах (рис.10а):

$$-0.23\text{В} \leq U_{R-Y} \leq +0.50\text{В}, \quad (6)$$

$$-0.55\text{В} \leq U_{B-Y} \leq +0.25\text{В}. \quad (7)$$

Это приводит к тому, что средние частоты модулированных поднесущих двух соседних строк резко отличаются друг от друга (рис.10б), что делает практически невозможным их визуальную компенсацию при наблюдении изображения с экрана ЧБ телевизора. Кроме того, частотный диапазон ЦРС U_{R-Y} выходит за пределы спектра частот яркостного сигнала (рис.10в).

Изменением полярности U_{R-Y} достигают того, что в среднем в обеих строках преобладает отрицательная девиация частоты и тем самым уменьшается средняя разность мгновенных значений между соседними строками, это улучшает совместимость системы ЦТ с системой ЧБТ. Благодаря этому частотный диапазон сигналов цветности после переноса их на поднесущие частоты в обеих строках будет одинаковым (рис.10г).

В системе SECAM цветоразностные сигналы (ЦРС) передаются со следующими коэффициентами (рис.9ж):

$$K_R = 1.9 \text{ и } K_B = 1.5, \text{ то есть}$$

$$D_R = 1.9U_{Y-R} = -1.9U_{R-Y}, \quad D_B = 1.5U_{B-Y}.$$

Этим обеспечиваются одинаковые экстремальные значения ЦРС, что позволяет получить одинаковые максимальные значения девиации частоты, и, следовательно, равные полосы ЧМ сигналов при передаче строк D_R и D_B .

Кроме того, одинаковые мгновенные значения частот в соседних строках делают возможным их взаимную компенсацию на экране ТВ приемника, что приводит к улучшению совместимости систем.

В системе SECAM имеются цепи низкочастотной предварительной коррекции 7 и 8, осуществляющие подъем ВЧ составляющих спектра ЦРС (рис.11) в соответствии с выражением

$$|A_{f \times}(f)| = 10 \lg \frac{1 + f/f_1^2}{1 + f/k \cdot f_1^2} [\text{дБ}] \text{ или} \quad (8)$$

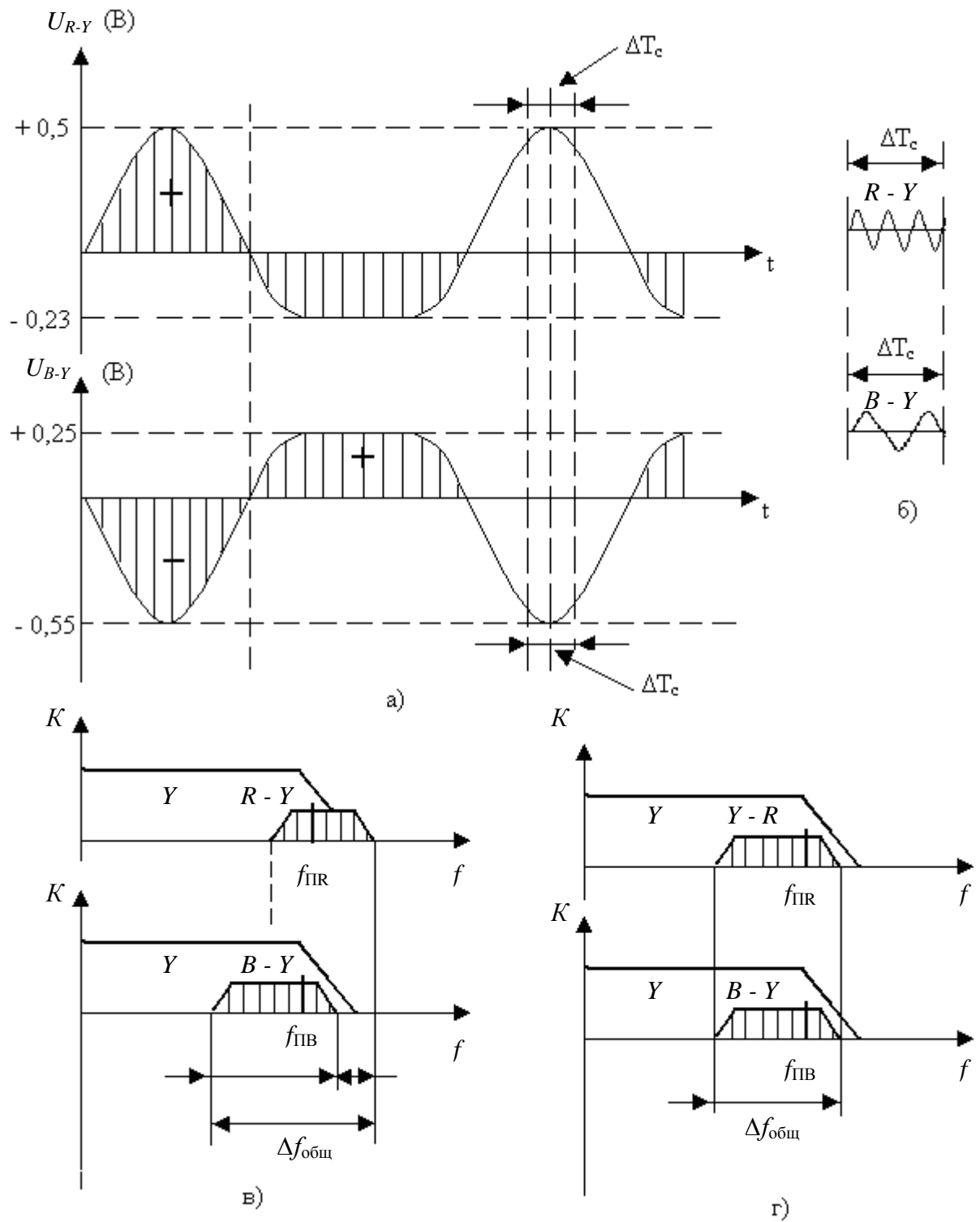


Рисунок 10.

$$|A_{f \times}(f)| = \sqrt{\frac{1 + f/f_1^2}{1 + f/k \cdot f_1^2}} = k \sqrt{\frac{1 + f/f_1^2}{k^2 + f/f_1^2}}, \quad (9)$$

где f - текущая частота, кГц; $f_1 = 85$ кГц; $k = 3$.

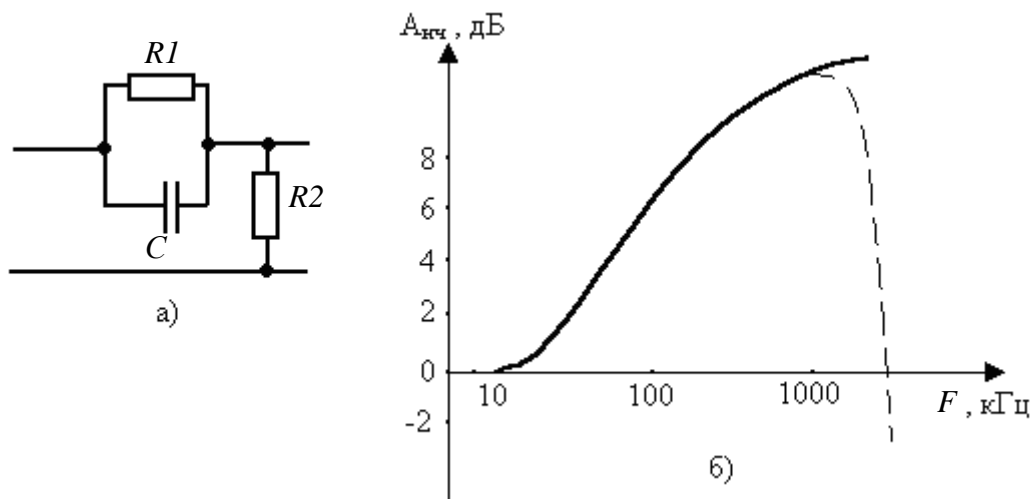


Рисунок 11. Цепь низкочастотных предуслаждений (а); амплитудно-частотная характеристика цепи низкочастотных предуслаждений (б)

Ответная характеристика в приемнике соответственно ослабляет ВЧ составляющие протектированных сигналов и восстанавливает их нормальный спектр. Как известно, спектр шумов ЧМ-канала имеет линейно нарастающую интенсивность, так что НЧ-коррекция ослабляет наиболее сильные компоненты шума (рис.12).

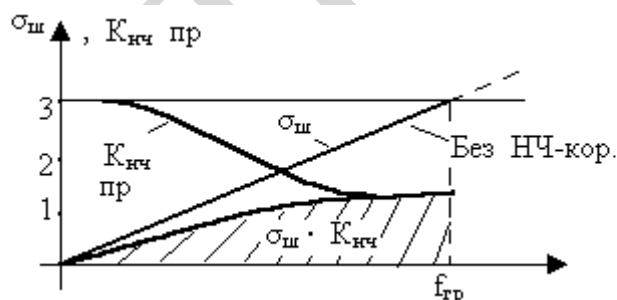


Рисунок 12. $\sigma_{ш}$ – спектр белого шума на выходе частотного детектора; $K_{нчч}$ пр – частотная характеристика фильтра обратной НЧ коррекции в приемнике; $\sigma_{ш} \cdot K_{нчч}$ – спектр белого шума с учетом влияния НЧ коррекции.

Как видно из рисунка, площадь суммарных шумов в результате действия НЧ-коррекции резко уменьшилась. Таким образом, в системе SECAM ВЧ компоненты шума подавляются в приемнике фильтром обратной НЧ-коррекции, а НЧ составляющие шума – частотным детектором.

Форма ЦРС при НЧ-коррекции показана на рис.9ж. Коммутатор 10 чередует сигналы D_R и D_B от строки к строке: осуществляет поочередное подключение сигналов ко входу частотного модулятора ЧМ 17. Работа частотного модулятора подробно описана в литературе [1-3], рассмотрим лишь особенности его работы.

В блоках 13, 14, 17, 18, 19, 22 осуществляется генерирование ЧМ-поднесущей. ЦРС D_R и D_B поступают на ЧМ 17 через ФНЧ 12, который

ограничивает полосу частот ЦРС до 1.5 МГц. В качестве ЧМ используется блокинг-генератор, собственная частота которого зависит от напряжения на базе. Следовательно, изменяя потенциал базы, можем изменять и мгновенную частоту генератора 17, увеличивая или уменьшая ее.

Поскольку непосредственная стабилизация частоты генератора 17 невозможна (очень велика девиация частоты Δf), то она осуществляется путем автоподстройки его средней частоты по частоте эталонного кварцевого генератора во время обратного хода строчной развертки. С этой целью сигнал с выхода генератора 17 ответвляется через ключевую схему, которая отпирается только на время обратного хода строчной развертки, выделяя пакеты поднесущей частоты f . Фазовый детектор ФАПЧ 18 сравнивает их по фазе с колебаниями $f_{нВ}$ и $f_{нR}$ эталонных генераторов, колебания которых начинаются в начале каждой строки с одной и той же фазы. Поэтому эти частоты жестко связаны со строчной частотой f_c и равны четным гармоникам строчной частоты $f_{нВ} = 272f_c$, $f_{нR} = 282f_c$. Для нормальной работы ФАПЧ колебания генератора 17 также должны начинаться в одной и той же фазе – “0”. Это осуществляется путем срыва колебаний генератора 17 в конце каждой строки на короткое время специальным импульсом срыва от блокинг-генератора БГ 13.

Схема 18 вырабатывает сигнал ошибки (пропорциональный уходу частоты генератора 17), который изменяет частоту в нужном направлении. Здесь действует замкнутая система АПФ, для которой характерны широкополосность и импульсный характер работы.

Далее модулированная поднесущая подается на коммутатор 21, который для улучшения совместимости изменяет ее полярность в начале каждой третьей строки и в каждом поле на противоположную (на 180°), благодаря чему заметность поднесущей на экране кинескопа черно-белого телевизора резко снижается. Такое принудительное изменение фазы колебаний на 180° адекватно выбору поднесущей частоты, равной нечетной кратной половине гармоники строчной частоты $f_{III} = (2n+1)\frac{f_c}{2}$.

Это позволяет осуществить частотное перемежение спектров сигналов яркости и цветности, то есть все гармоники модулированной поднесущей расположить в зазорах гармоник яркостного сигнала.

Далее следует цепь высокочастотной предкоррекции 20. Эта коррекция («анти-клев») состоит в увеличении амплитуды модулированной поднесущей при сдвиге ее частоты вправо и влево от некоторой центральной частоты $f_0 = 4.286 \text{ МГц}$ (рис.13). Модуль коэффициента передачи схемы ВЧ предискажений определяется уравнением

$$|A_{\hat{A}\times}(f)| = |K_{\hat{A}\times}(f)| = \sqrt{\frac{1 + k_1 F^2}{1 + k_2 F^2}}, \quad (10)$$

где $k_1 = 16$; $k_2 = 1,26$; $F = \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}$, $f_0 = 4,286 \text{ МГц}$.

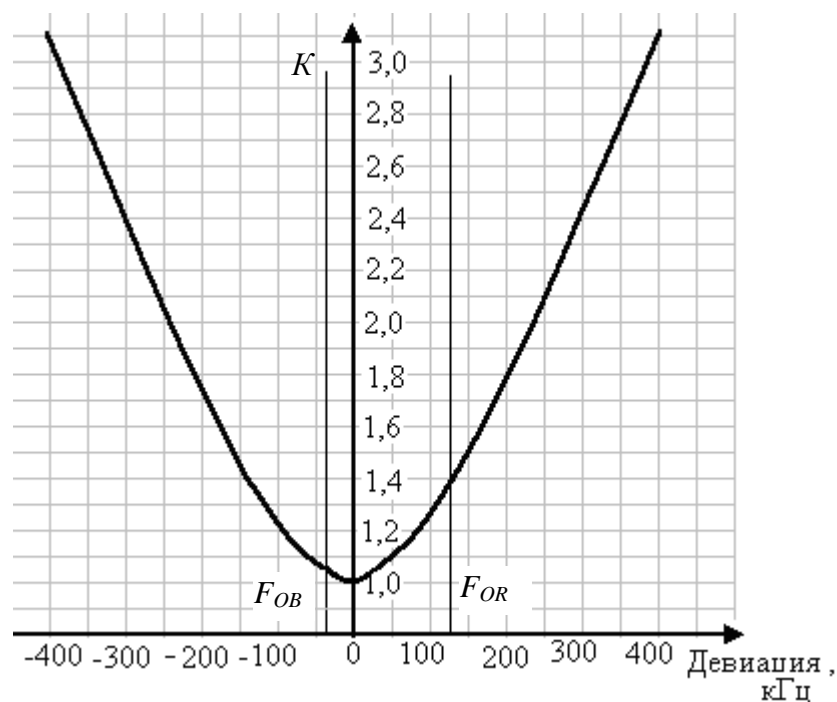


Рисунок 13. Частотная характеристика высокочастотного предуслаживания в линейном масштабе. $F_{0R} = 4406,25$ кГц, $F_0 = 4286$ кГц, $F_{0B} = 4250$ кГц, амплитуда поднесущей $A = k \cdot A_0$, где $A_0 = 0,115$

Обратная характеристика в приемнике («клевш») действует на шумы так же, как НЧ коррекция: ослабляет ВЧ компоненты шума. Этим достигается улучшение отношения сигнал/шум по мощности в 7 раз. Вместе с тем ВЧ предуслаживания улучшают и совместимость: снижают заметность поднесущей частоты на экране черно-белого телевизора при передаче черно-белых и слабо-насыщенных цветов. После ВЧ коррекции поднесущая приобретает амплитудную модуляцию (рис.9и), которая в приемнике компенсируется обратным ВЧ фильтром, а остатки ее срезаются ограничителем. Осциллограммы ЧМ сигналов на выходе ЧМ 17 и блока ВЧ-коррекции 20 показаны на рис.9з,и. Амплитуда ЧМ-сигнала на выходе частотного модулятора равна $A_0 = 0,115B$. Пройдя фильтр 20 ее амплитуда изменяется в соответствии с законом $A = kA_0$, где k – коэффициент, зависящий от частоты в соответствии с характеристикой блока ВЧ предуслаживаний 20. На частоте $f_0 = 4,286$ МГц коэффициент $k=1$, а на частотах $f_{ПР}$ $k=1,33$, $f_{ПВ}$ $k=1,035$.

Рассмотрим механизм подавления шумов при введении ВЧ предуслаживаний (рис.14).

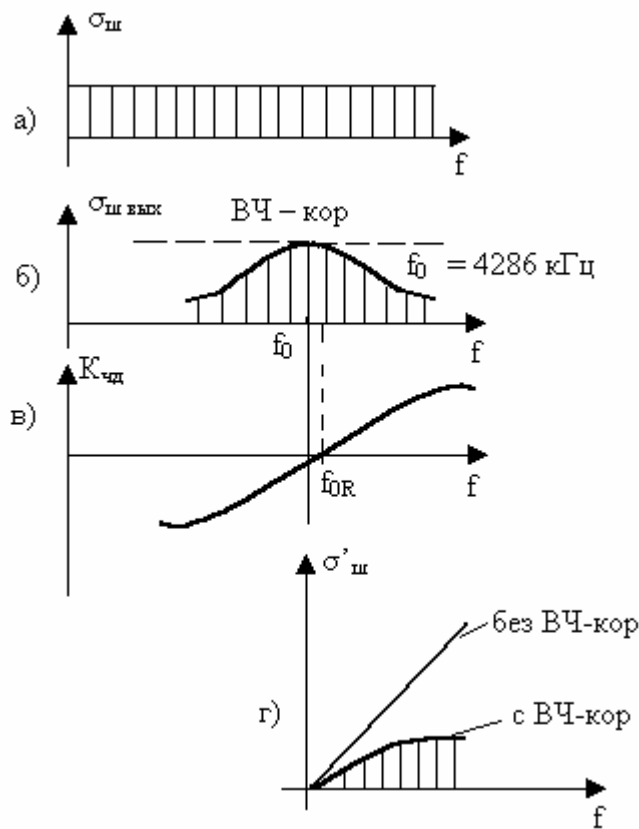


Рисунок 14.

Флуктуационные шумы на входе приемника имеют равномерный спектр (рис.14а). Пройдя в приемнике фильтр обратной ВЧ коррекции, частотные компоненты шума, отличающиеся от средней частоты $f_0 = 4.286 \text{ МГц}$, будут ослаблены (рис.14б). Частотный детектор соответственно ослабит все шумы в области поднесущей частоты в соответствии с характеристикой (рис.14в).

Результатирующее действие НЧ и ВЧ коррекций делает спектр шумов практически плоским (рис.14г):

$$\sigma_{\sigma \Sigma} = \sigma_{\sigma} \cdot \hat{E}_{f \times} \cdot \hat{E}_{A \times}. \quad (11)$$

Вспомогательный амплитудный модулятор АМ 15 служит для уменьшения искажений «яркость-цветность». Известно, что при приближении амплитуды помехи к амплитуде ЧМ поднесущей паразитная девиация частоты резко возрастает. Для снижения этих искажений вводится дополнительное увеличение амплитуды поднесущей в тех участках, где сильно выражены ВЧ компоненты яркостного сигнала. Мешающие компоненты яркостного сигнала выделяются полосовым фильтром ПФ 9, выпрямляются детектором АД 16 и пройдя через ФНЧ (на схеме не показан) модулируют сигнал цветности в АМ 15 (рис.8). Схема имеет порог срабатывания: амплитуда поднесущей усиливается лишь в том случае, когда ВЧ составляющие U_{γ} превосходят 70% номинального значения амплитуды поднесущей. В приемнике эта паразитная АМ срезается ограничителем.

В системе SECAM цветовая поднесущая подавляется на время обратного хода. Это гашение необходимо для передачи сигналов синхронизации. Причем

остается защитный интервал t_3 (рис.15), в котором поднесущая обратного хода не подавляется (3-5 мкс).

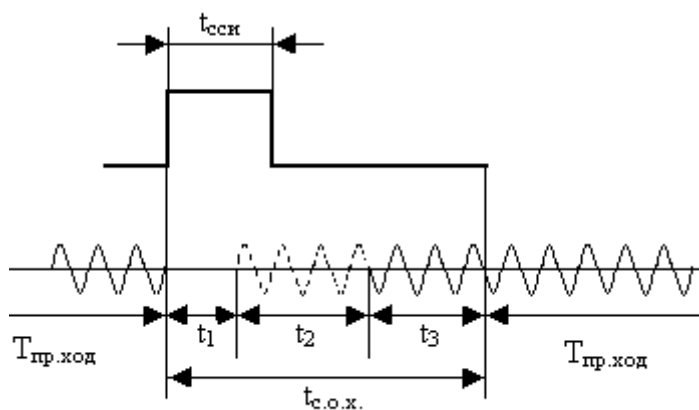


Рисунок 15

Средняя частота, вырабатываемая генератором в этот период, дает опорный нулевой уровень на выходе дискриминатора приемника для устранения паразитной составляющей. Форма сигнала во время обратного хода строчной развертки показана на рис.15. В интервале времени t_1 колебания ЧМ генератора 17 (рис.8) срываются в конце каждой строки на короткое время специальным импульсом срыва, формируемым блокинг-генератором БГ 13. Это необходимо для того, чтобы колебания задающего генератора в каждой строке всегда начинались бы в одной фазе. Такая фазировка частоты задающего генератора обеспечивает необходимое быстродействие АПЧФ за сравнительно короткий промежуток времени.

Гашение поднесущей во время t_2 происходит специальными импульсами гашения. В блоке 11 происходит суммирование яркостного сигнала U_Y с сигналом цветности $U_{\text{ОА}}$. Осциллограмма полного цветового сигнала показана на рис.9к, а уравнение сигнала $U_{\Sigma} = U_Y + U_{\text{ОА}}$ имеет вид:

$$U_{\Sigma} = U_Y + U_{\text{ИИ}} \cdot \cos 2\pi [f_{\text{ИИ}} + \Delta f_{\text{ИИ}} \cdot U_{\text{ОА}}(t)] \cdot t, \quad (12)$$

где

$f_{\text{ИИ}}$ - поднесущая частота ($f_{\text{ИР}}$ или $f_{\text{ИБ}}$),

$\Delta f_{\text{ИИ}}$ - девиация частоты ($\Delta f_{\text{Р}}$ или $\Delta f_{\text{В}}$),

$U_{\text{ОА}}(t)$ - напряжение ЦРС $D_{\text{Р}}$ или $D_{\text{В}}$,

$U_{\text{ИИ}}$ - амплитуда напряжения поднесущей частоты $f_{\text{ИИ}}$.

Значения девиации $\Delta f_{\text{ИИ}}$ равны: $\Delta f_{\text{Р}} = \pm 280 \text{êÄö}$, $\Delta f_{\text{В}} = \pm 230 \text{êÄö}$.

Предельные значения девиации, достигаемые при передаче выбросов, то есть в импульсном режиме, взяты равными:

Для сигнала $D_{\text{Р}}$ +350 кГц, -500 кГц;

Для сигнала $D_{\text{В}}$ -350 кГц, +500 кГц.

Так как поднесущая частота $f_{\text{ИР}}$ выше, чем $f_{\text{ИБ}}$ примерно на 156 кГц, то такое несимметричное ограничение выбросов обеспечивает полное

использование одного и того же диапазона частот (3.9 – 4.8 МГц) каждым из сигналов (рис.16).

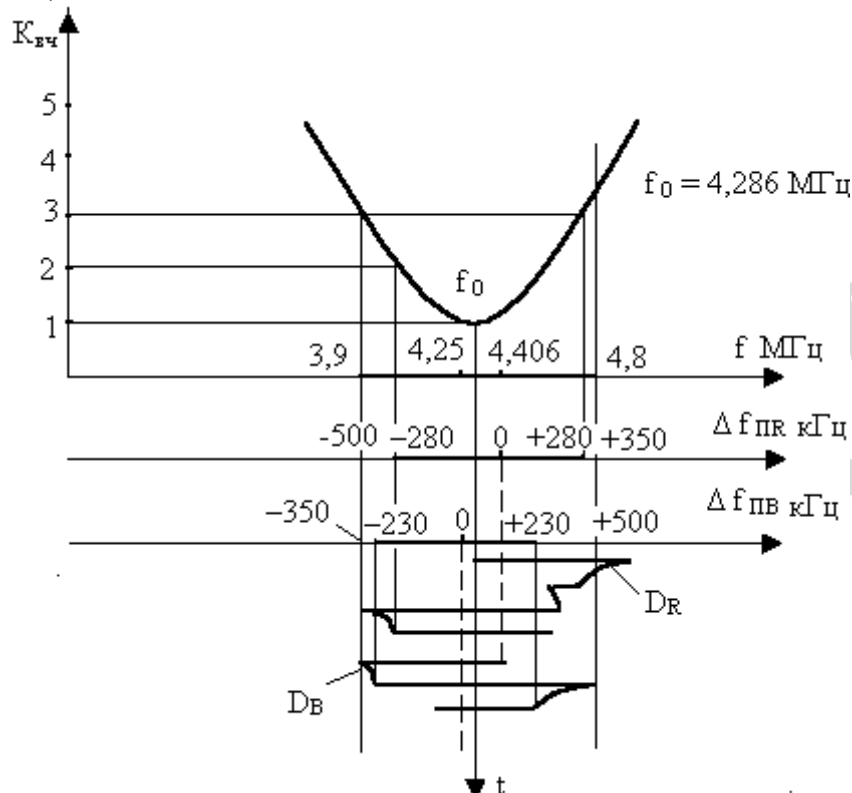


Рисунок 16

6. Порядок выполнения работы

Работа выполняется на компьютере по специальной программе, моделирующей процессы формирования и кодирования сигналов цветного телевидения системы SECAM. Моделирование лабораторной работы проводится с применением ЭВМ IBM PC и программного обеспечения Microsoft Visual Basic 6.0.

6.1. Запуск программы осуществляется из оболочки Windows открытием файла `encoder.exe`. Во втором окне программы необходимо задать параметры входных сигналов, по умолчанию установлены сигналы E_R , E_G и E_B со 100 %-ной яркостью в белом и 75%-ной яркостью в других цветах. Переход на следующий лист осуществляется нажатием кнопки «Далее».

6.2. Ознакомиться с принципами формирования сигналов цветных полос.

Для этого необходимо щелкнуть в меню «файл» строку «справка», и выбрать необходимую информацию. Внимательно изучить все осциллограммы сигналов цветных полос. Привести уравнения, по которым формируются сигналы цветности в кодирующем устройстве.

6.3. В соответствии с таблицей 2 выбрать значения основных сигналов цветности E_R , E_G , E_B и посмотреть процесс формирования сигналов в кодирующем устройстве в каналах цветности и яркости.

6.4. Зарисовать осциллограммы всех сигналов в контрольных точках схемы. На каждой осциллограмме отметить установившиеся уровни сигналов, а также экстремальные уровни, ограниченные динамическим диапазоном каналов цветности и яркости. Заполнить таблицу 2, подготовленную дома для заполнения ее данными, полученными в результате выполнения работы.

6.5. Сравнить полученные данные с расчетными результатами домашнего задания.

Вывод осциллограмм на экран монитора производится нажатием соответствующего сигнала на принципиальной схеме. Возврат к исходному окну осуществляется нажатием в меню “файл” строки “Назад”. Завершение работы – строка “Выход”, которая находится также в меню “файл”. После завершения работы происходит автоматический выход в операционную систему.

6.6. Объяснить разницу в форме сигналов цветности при изменении исходных значений E_R , E_G , E_B яркости и насыщенности. Обратить внимание на различные значения размахов сигналов цветности при изменении насыщенности цветов при неизменной яркости. См. пункт 6.1. Сделать выводы.

6.7. Просмотреть амплитудно-частотные характеристики цепей НЧ и ВЧ-предыскажений. Привести их уравнения и схемы. Сделать выводы.

7. Содержание отчета

7.1. Структурная схема.

7.2. Рисунки осциллограмм сигналов восьми полос. Для каждой полосы указать параметры сигналов для разных значений яркости и насыщенности.

7.3. Рассчитанная часть домашнего задания.

7.4. Выводы по работе.

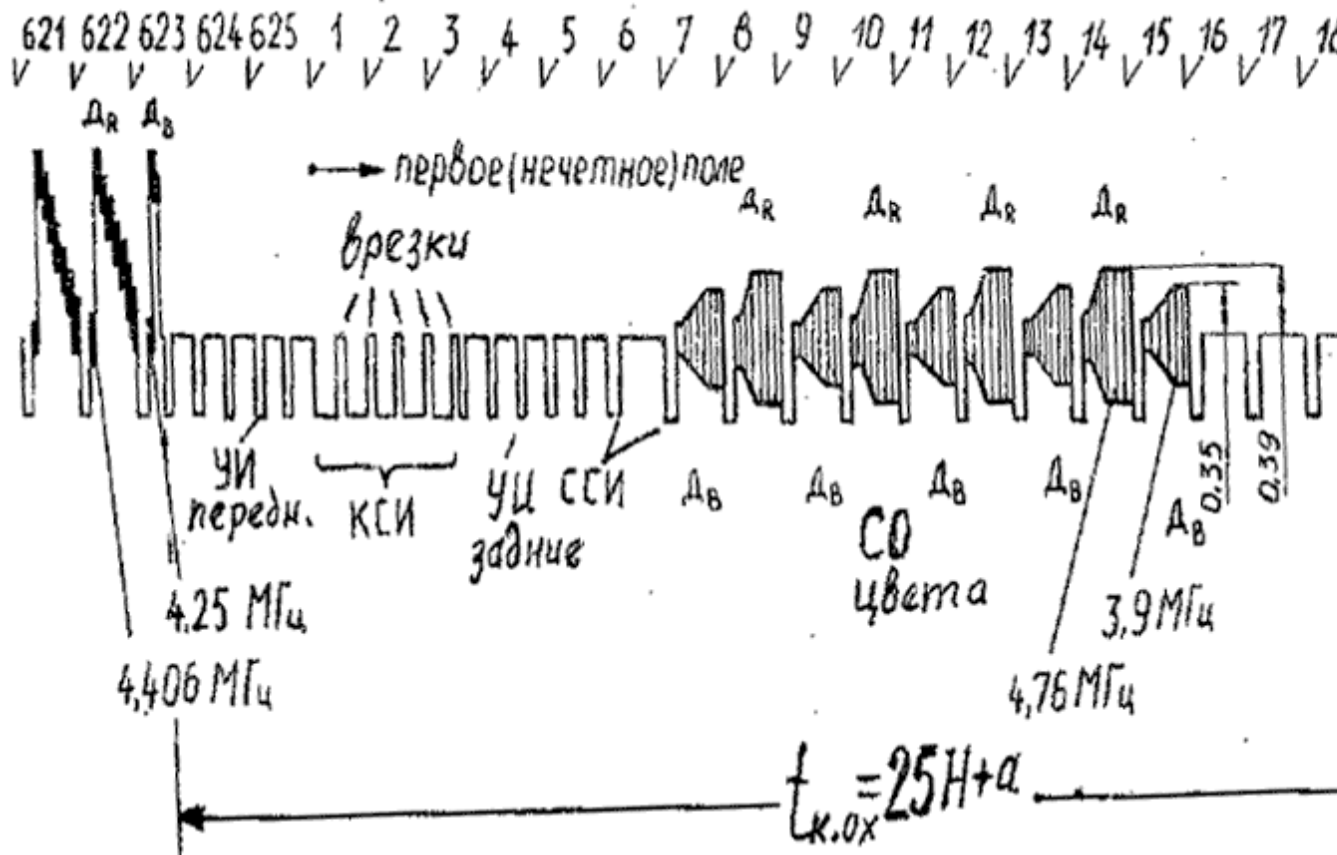


Рисунок 17. Форма полного цветового ТВ сигнала (ПЦТС) за время обратного хода кадровой развертки.