

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 ТВ И РВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2.11

«ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДЕКОДИРУЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ ЦТ SECAM»

Для специальностей 210302, 210400,
210404, 210405

Авторы: к.т.н., доц. Балобанов В.Г.

Самара - 2009г.

Лабораторная работа №2.11

Исследование работы декодирующего устройства системы ЦТ SECAM

1. Цель работы

Изучить:

а) работу блока цветности ТВ приемника и процесс декодирования сигналов системы ЦТ SECAM;

б) структурную схему декодера, особенности построения и работу корректирующих цепей.

2. Литература

2.1. Телевидение /Под редакцией В.Е. Джакони. – М.: Радио и связь, 2004, с. 262-284.

2.2. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. Телевидение. – М.: Связь, 1975. с. 288-302, 339-348.

2.3. Хохлов Б.Н. Декодирующие устройства цветных телевизоров. – М.: Радио и связь, 1992.

2.4. Певзнер Б.М. Системы цветного телевидения. – Л.: Энергия, 1969, с. 106-113.

2.5. УМК по ОРС и ТВ. <http://do.psati.ru>.

2.6. Конспект лекций.

3. Подготовка к работе

3.1. По описанию работы, конспекту лекций и рекомендованной литературе уяснить цель и содержание работы, назначение основных блоков декодирующего устройства и их работу.

3.2. Используя методику и результаты расчета параметров сигналов цветности, изложенные в работе №2.10, рассчитать амплитуды цветоразностных сигналов (ЦРС) D_R и D_B цветных полос, если резонансные контуры частотных детекторов расстроены:

а) в красном сигнале на -100 кГц,

б) в синем сигнале на $+100$ кГц.

Все расчеты вести, оперируя численными данными таблицы №1.

После определения размахов сигналов U_R , U_G и U_B найти их местоположение на треугольнике Максвелла, написать колориметрическое уравнение и описать их цветность.

Пояснение к выполнению пункта 3.2

Пусть требуется определить цветность красной полосы 100% - ой насыщенности при расстройке контуров ЧД на -100 кГц в красном и +100 кГц в синем каналах. При использовании характеристики ЧД (рис. ПЗ) в красном канале необходимо учитывать, что знак минус в уравнении $D_R = -1,9 \cdot U_{R-Y}$ уже учтен поворотом характеристики ЧД.

Решение.

Из таблицы 1 (работа №2.10) видно, что размах яркостного сигнала $E_Y = U_Y = 0,3$, а девиация частоты поднесущих $f_{ПР} = -350$ кГц и $f_{ПВ} = -117$ кГц.

По графикам рис. ПЗ определяем размахи цветоразностных сигналов (ЦРС) при расстроенных контурах:

$$E_{B-Y} = U_{B-Y} = D_B : 1,5 = -0,1 : 1,5 = -0,067,$$

$$E_{R-Y} = U_{R-Y} = D_R : 1,9 = 1,5 : 1,9 = 0,79,$$

$$E_{G-Y} = U_{G-Y} = -0,51U_{R-Y} - 0,19U_{B-Y} = -0,51 \cdot 0,79 - 0,19 \cdot (-0,067) = -0,39.$$

Далее ЦРС в декодирующей матрице вместе с яркостным сигналом E_Y преобразуются в исходные сигналы E_R , E_G и E_B :

$$E_A = E_{A-Y} + E_Y = -0,067 + 0,3 = 0,233,$$

$$E_R = E_{R-Y} + E_Y = 0,79 + 0,3 = 1,09,$$

$$E_G = E_{G-Y} + E_Y = -0,39 + 0,3 = -0,09.$$

В системе уравнений напряжение на выходе зеленого канала получилось отрицательным, хотя общеизвестно, что видеосигнал униполярен, так как нет отрицательных значений яркости. Подача на кинескоп отрицательного напряжения равносильна подаче нуля ($U_c = 0$). То есть $E_R = 1,09$, $E_B = 0,233$, $E_G = 0$.

Для определения местонахождения найденного цвета на треугольнике Максвелла напишем колориметрическое уравнение

$$\Phi = f'F = r'R + g'G + b'B, \quad (1)$$

где r' , g' и b' - абсолютные цветовые коэффициенты, численно равные размахам сигналов от красной полосы: в красном, зеленом и синем каналах

$$r' = E_R = 1,09; \quad b' = E_B = 0,233; \quad g' = E_G = 0.$$

Модуль цветовых координат $f' = m = r' + g' + b' = 1,09 + 0 + 0,233 = 1,323$.

Подставив численные значения r' , g' и b' в уравнении (1) получим:

$$\Phi = 1,323 \cdot F = 1,09 \cdot R + 0 \cdot G + 0,233 \cdot B. \quad (1')$$

Относительные цветовые коэффициенты (координаты цветности r' , g' и b') определяются как $r = \frac{r'}{m} = \frac{1,09}{1,323} = 0,82$; $g = \frac{g'}{m} = \frac{0}{1,323} = 0$; $b = \frac{0,233}{1,323} = 0,18$ (см. приложение - формула 1").

Методика определения цвета по найденным координатам r , g и b приведена в приложении настоящей работы.

Примечание. Смена полярности ЦРС в красном канале может происходить в ЧД или в усилителях перед декодирующей матрицей. В настоящей работе образование ЦРС E_{R-Y} и E_{B-Y} осуществляется в два приема: изменением полярности ЦРС D_R в ЧД красного канала и в усилителях после КНЧП (рис.7) путем коррекции коэффициентов усиления на 1,9 и 1,5.

4. Контрольные вопросы

1. Каким образом обеспечивается совместимость системы SECAM с системой черно-белого телевидения?
2. Какие сигналы цветности передаются в системе SECAM?
3. К чему приводит смещение нулевой точки характеристики дискриминатора?
4. Как отражается на разрешающей способности системы SECAM по вертикали применение последовательной во времени передачи двух цветоразностных сигналов?
5. Для каких целей применяется низкочастотная предкоррекция, и в каких каскадах декодирующего устройства производится обратная коррекция?
6. К чему приводит ограничение выбросов цветоразностных сигналов?
7. По каким соображениям в системе SECAM используется частотная модуляция поднесущей?
8. В чем смысл использования высокочастотной предкоррекции и где в приемнике выполняется обратная коррекция?
9. Какие поднесущие цветности используются в системе SECAM и для чего производится коммутация фазы поднесущей?
10. Нарисуйте амплитудно-частотную характеристику яркостного канала.
11. Какие функции выполняют линии задержки в яркостном канале и блоке цветности?
12. Каково назначение коммутатора в блоке цветности, в какие моменты времени производится коммутация?
13. Нарисуйте блок-схему устройства опознавания и опишите его работу.

5. Содержание отчёта

Отчет должен содержать:
- структурную схему,

- расчетную часть домашнего задания,
- осциллограммы сигналов в КТ, результаты расчётов по определению координат цветности для случая расстроенных контуров,
- по полученным результатам выполненной работы сделать выводы.

6. Описание структурной схемы декодирующего устройства системы SECAM

Рассмотрим структурную схему устройства (рис. 1).

Сигнал цветности выделяется из полного сигнала полосовым фильтром 1 с колокольной характеристикой (практически – простым резонансным контуром с добротностью порядка 16). В блоке 1 осуществляется так же коррекция высокочастотных предыскажений. Поэтому его АЧХ должна быть обратной характеристике ВЧ предыскажений в кодирующем устройстве. Далее сигнал текущей строки и сигнал предыдущей строки с выхода линии задержки 3 подаются на входы коммутатора 4. Линия задержки вносит затухание порядка 20 дБ, которое компенсируется усилителем 2. После коммутатора следуют два идентичных канала, в каждом из которых включены амплитудный ограничитель 5, дискриминатор 6 и фильтр 7. Роль ограничителя может выполнять коммутатор 4, если его элементы поставлены в соответствующий режим. Характеристика фильтра нижних частот 7 обратна кривой н.ч. предкоррекции.

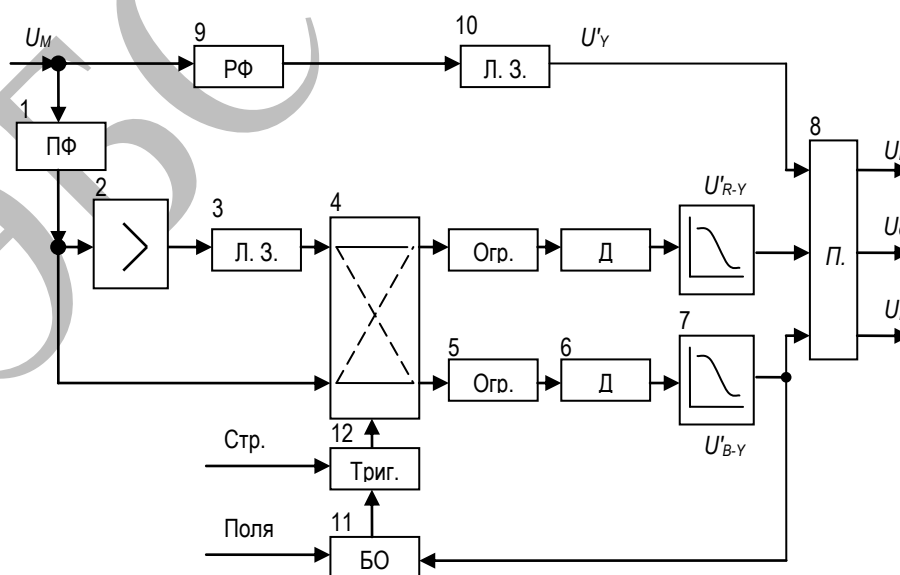


Рис. 1. Декодирующего устройства системы SECAM

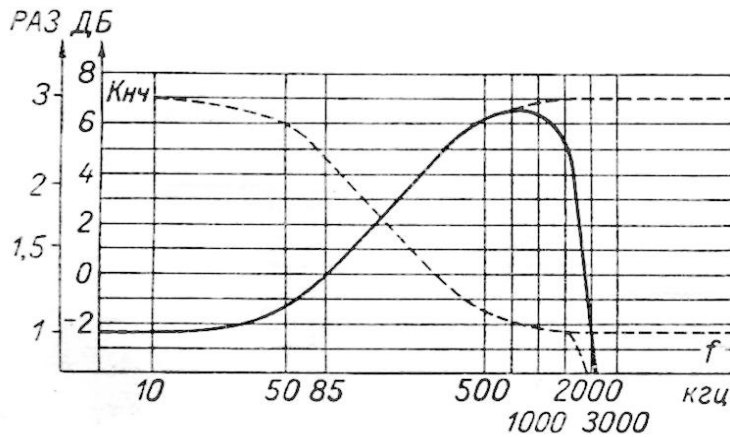


Рис. 2. Низкочастотная предкоррекция видеосигнала

Эта предкоррекция состоит в подъеме верхних частот спектра цветоразностных сигналов (до трех раз) посредством цепи с характеристикой $K_{нч}(F)$:

$$\hat{E}_{i*}(F) = \frac{1 + j \frac{f}{f_1}}{1 + j \frac{f}{a \cdot f_1}}$$

где $f = 85 \text{ кГц}$, $a = 3$.

Данная характеристика показана на рис. 2. Ответная характеристика в приемнике (пунктир) соответственно ослабляет верхние частоты протектированных сигналов и восстанавливает их нормальный спектр, причем она резко ослабляет ВЧ помехи. Как известно, спектр шумов на выходе ЧМ - канала имеет линейно-нарастающую интенсивность, так что низкочастотная коррекция ослабляет как раз наиболее сильные компоненты шумов. Коррекция н.ч. предыскажений (КНП) осуществляется RC цепью (рис. 3). При номинальных параметрах цепи:

$$R_1 = 0,5R,$$

$$C(R_1 + R) = 1,87 \text{ мкс}$$

обеспечивается точное восстановление формы ЦРС.

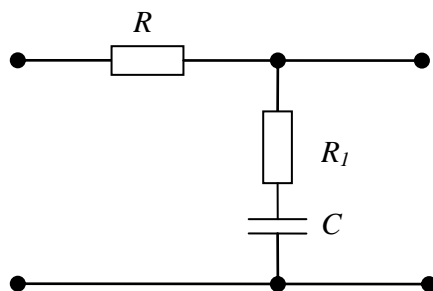


Рис. 3. Схема КНП

Таким образом, обеспечение ответных характеристик по высокой и низкой частотам в приемнике не вызывает усложнений схемы. Правда, согласование характеристик должно быть выполнено тщательно. Сигналы U'_{R-Y} и U'_{B-Y} подаются на пересчетную схему 8, куда подводится также U_Y , прошедший режекторный контур 9 и линию задержки 10.

Блок опознавания 11 устанавливает правильную полярность срабатывания триггера 12, управляющего коммутатором, т. е. обеспечивает синфазность приемного коммутатора с передающим. Остановимся на вопросе о сигналах опознавания.

В системе SECAM принят непрерывный порядок чередования сигналов U'_{R-Y} и U'_{B-Y} , не изменяемый от поля к полю, «сквозной». Это позволяет упростить коммутацию в приемнике.

В одном кадре в первом и втором полях на нечетных строках передается сигнал U'_{B-Y} , а на четных — сигнал U'_{R-Y} .¹ В следующем кадре автоматически получается обратное расположение сигналов на строках. Таким образом, строки с сигналами U'_{R-Y} и U'_{B-Y} от кадра к кадру меняются местами, и цикл их смены составляет четыре поля. Цикл смены начальных фаз поднесущей равен шести полям, и потому общая периодичность изменения сигнала цветности SECAM составляет двенадцать полей.

Различение строк R и B в приемнике, т. е. правильная фазировка коммутатора, производится с помощью сигнала опознавания строки, показанного на рис. 4 и П4. Этот сигнал формируется в кодирующем устройстве в виде серии из девяти трапецеидальных отрицательных импульсов длительностью в активную часть строки каждый и заводится в оба цветоразностных сигнала во время обратного хода кадровой развертки. Благодаря фазоинверсии сигнала U_{R-Y} - на модуляцию поднесущей поступает знакопеременный сигнал опознавания — отрицательный в строках B и положительный в строках R . Его амплитуда равна соответствующим уровням ограничения выбросов: $-1,5$ для U_{B-Y} и $+1,25$ для U_{R-Y} , так что он занимает полный раствор девиации частоты. В строках R частота смещается вверх до $4,756$ МГц, а в строках B — вниз до $3,9$ МГц. В декодирующем устройстве восстанавливается нормальная форма и полярность сигналов U_{R-Y} и U_{B-Y} , так что каждый из них вновь содержит по девяти отрицательных импульсов опознавания. В сигнале U_{G-Y} , полярность сигналов опознавания будет положительной, так как $U_{G-Y} = -0,51U_{R-Y} - 0,19U_{B-Y}$. Один из возможных способов построения блока опознавания состоит в следующем (рис. 5).

Сигнал опознавания (СО) используется непосредственно в составе одного из цветоразностных сигналов, который предварительно пропускается через интегрирующую цепь 1. Интегрирование эффективно подавляет помехи, а также увеличивает превышение девятистрочного

¹ Первым (и третьим) полем считается то, в котором начало кадрового синхроимпульса совпадает с началом очередного строчного синхроимпульса.

сигнала опознавания над цветоразностными сигналами, импульсы которых, как правило, имеют гораздо меньшую длительность. Далее сигнал опознавания поступает на схему совпадений 2, куда подается также импульс от цепи кадровой развертки. В случае, если сигнал опознавания в период действия кадрового импульса имеет правильную полярность (отрицательную), то схема совпадения не срабатывает, а если он имеет неверную полярность, то схема вырабатывает импульс для опрокидывания триггера 3. Это, в свою очередь, приводит к лишнему срабатыванию генератора коммутирующих импульсов 4, т. е. к восстановлению правильной полярности коммутации. Одновременно триггер 3 выдает напряжение, запирающее канал цветности до тех пор, пока очередной сигнал опознавания не придет в правильной полярности. (Это предотвращает появление ошибочных цветов на экране). Обычно схема настраивается так, чтобы канал цветности запирался и при отсутствии сигналов опознавания, то есть при черно-белой передаче.

Сделать выводы. Повторить пункт 6.6 для других значений расстройки контуров.

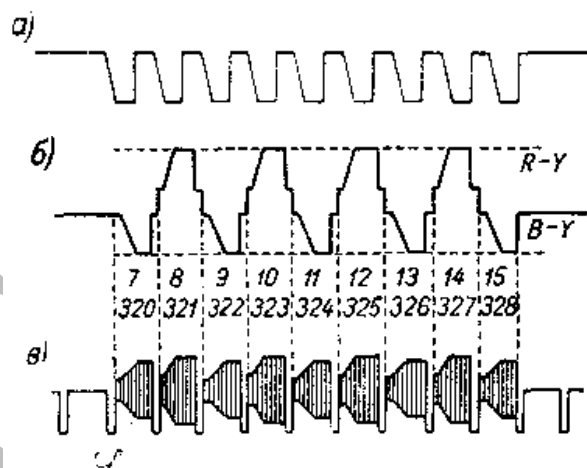


Рис. 4. Сигналы опознавания строки: а — на выходе формирующего блока; б — на входе ЧМ генератора; в — в полном сигнале

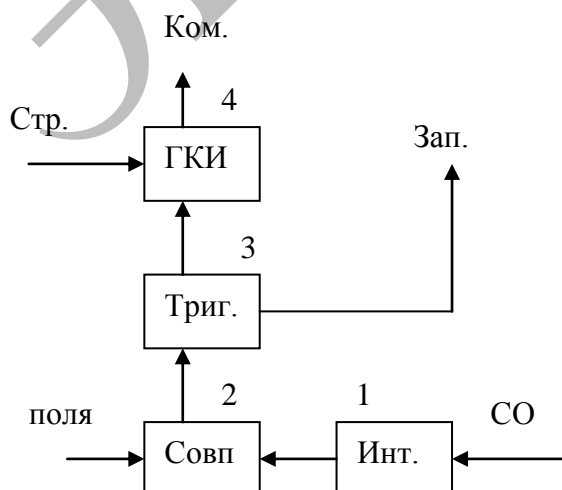


Рис. 5. Вариант блока опознавания в приемнике

Примечание. В качестве СО могут использоваться вспышки цветowych поднесущих $f_{ПР}$ и $f_{ПВ}$

7. Методика выполнения лабораторной работы

Для моделирования схемы декодирующего устройства системы ЦТ SECAM используется программа, написанная на языке Delphi.

В ходе выполнения лабораторной работы все манипуляции выполняются с помощью манипулятора типа мышь либо с помощью клавиатуры (с использованием стандартных комбинаций клавиш ОС Windows). Процесс выполнения работы не представляет собой сложности.

Программа представляет собой стандартное приложение ОС Windows, имеет классический оконный интерфейс.

Загрузка программы обеспечивается двойным нажатием левой кнопки мыши по файлу "Decoder.exe". При этом на экране монитора появляется окно Windows (рис. 6) с названием лабораторной работы, фамилией разработчика и научного руководителя, а также диаграммы полного цветного телевизионного сигнала красной и синей строк.

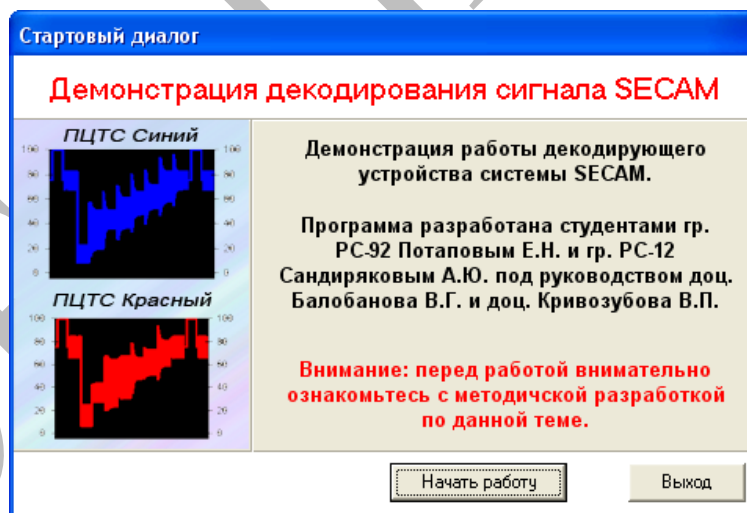


Рис. 6. Стартовый диалог

Для начала работы нужно нажать кнопку "Начать работу". Если необходимо выйти из программы, нажмите "Выход".

Главное окно программы состоит из строки меню, панели быстрого доступа, панели закладок и основной рабочей области. После первого запуска программы в рабочей области отображается

структурная схема декодирующего устройства системы SEKAM. Внешний вид главного окна представлен на рис.7.

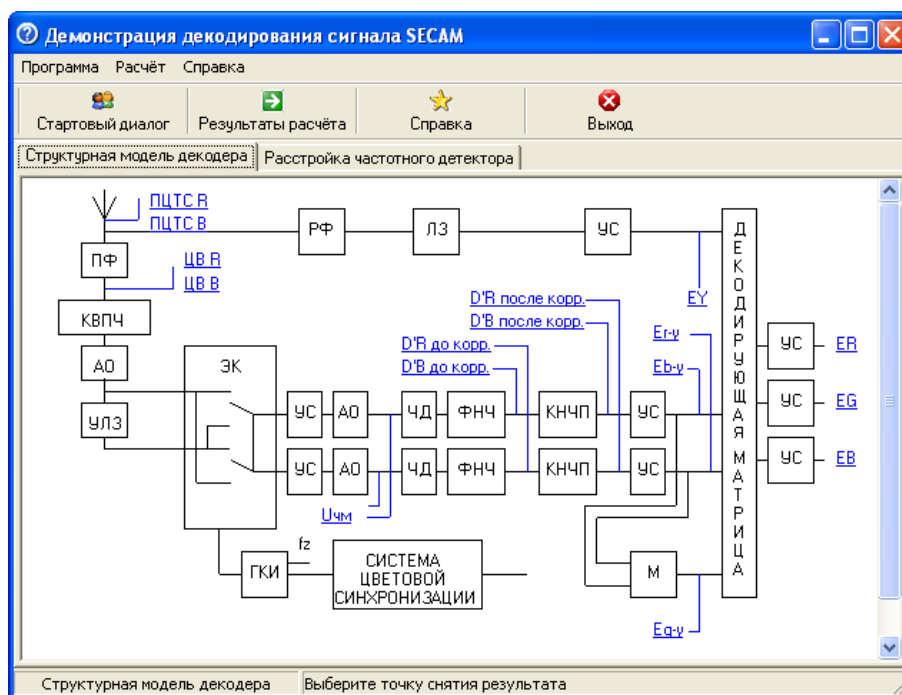


Рис. 7. Главное окно

Переход к структурной модели декодера осуществляется нажатием на закладку с соответствующим названием, либо через пункт меню "Расчет" – "Структурная модель декодера".

Нажатие левой кнопкой мыши на выделенную синим цветом подпись на структурной модели, приведёт к появлению окна "Результаты расчёта" (рис. 8), в котором будет отображена осциллограмма сигнала для данной точки.

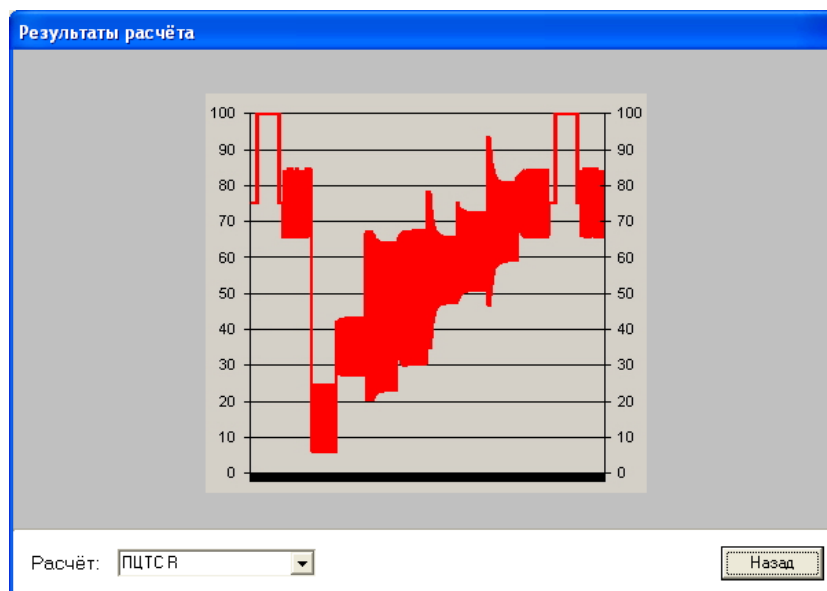


Рис 8. Результаты расчета.

В нижнем левом углу данного окна расположен выпадающий список с перечнем имеющихся осциллограмм. Переход между ними можно осуществить двумя способами. Первый: вернуться к основному окну программы нажатием на кнопку "Назад" и выбрать другую точку снятия осциллограммы. Второй: открыть выпадающий список и выделить нужную осциллограмму. Окно с результатами расчета доступно также через панель быстрого доступа и через пункт меню "Расчет" – "Результаты расчета".

Поочередно нажимая на подписи к структурной схеме декодера, либо открывая элементы выпадающего списка в окне результатов расчета, можно получить все требующиеся осциллограммы (например рис. 9 и 10).

Нажатием на кнопку "Справка" на панели быстрого доступа, либо выбрав меню "Справка" – "Передача цвета в формате SECAM", мы откроем окно со справочным материалом по данному вопросу (рис. 11).

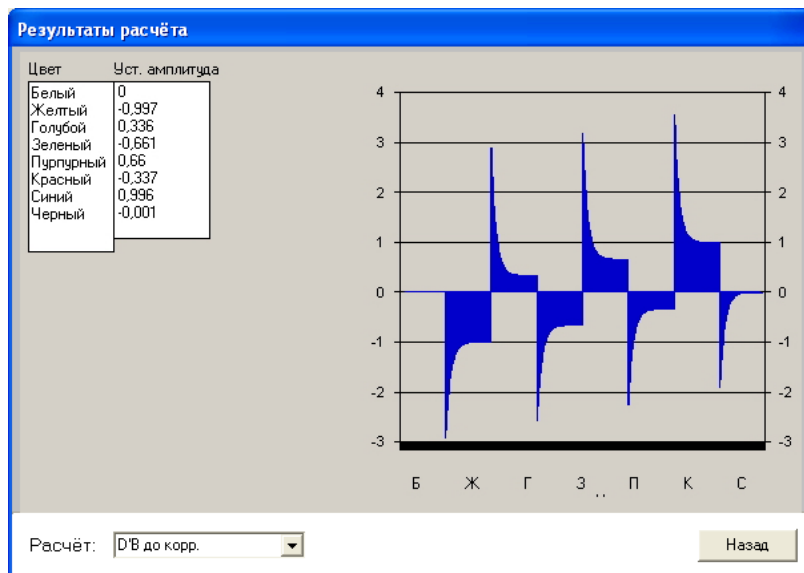


Рис. 9. Результат расчета $D'B$ до коррекции

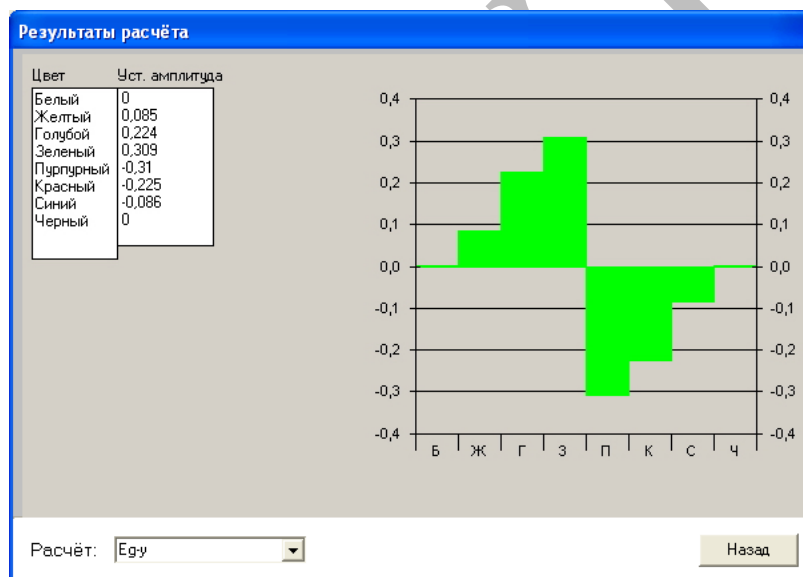


Рис. 10. Результат расчета $Eg-y$

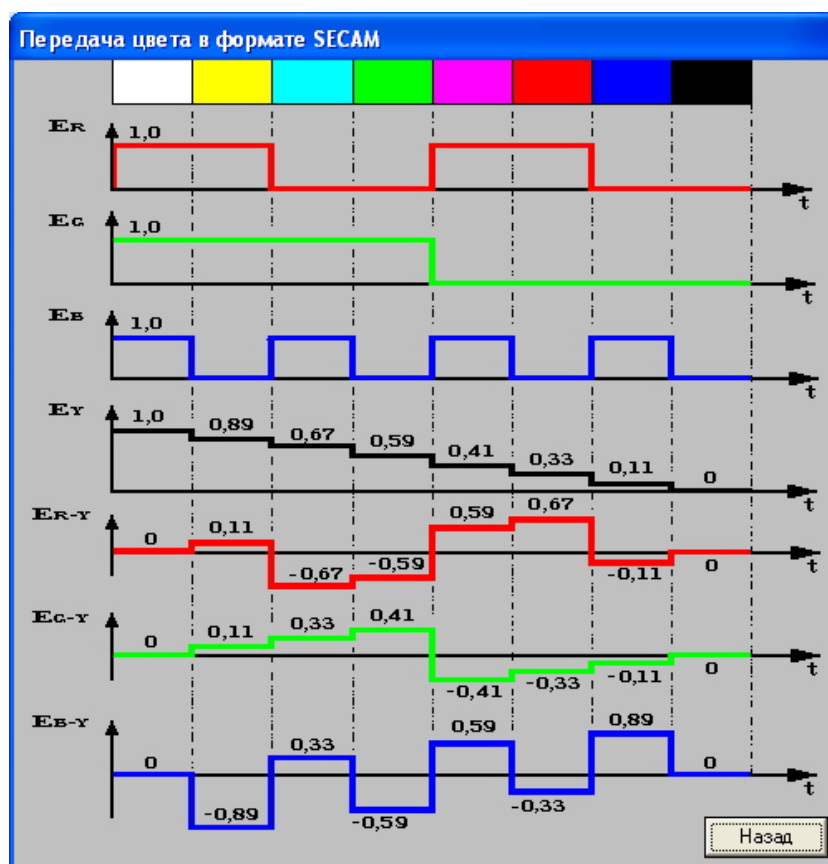


Рис. 11. Окно со справочным материалом

Для расчёта расстройки частотного детектора необходимо либо нажать на соответствующую закладку на главном окне, либо выбрать пункт меню "Расчёт" – "Расстройка частотного детектора". В рабочей области появляется окно с треугольником Максвелла и поля ввода численных значений расстройки контура (рис. 12).

При наведении курсора и нажатии левой кнопки "мыши" на треугольник в прямоугольнике с соответствующей подписью справа появляется выбранный цвет при не расстроенном контуре. После ввода значений изменения частоты расстройки в красном и синем каналах и нажатии на кнопку "Расчет" прямоугольник с подписью "Цвет после расстройки" раскрашивается в цвет расстроенного частотного детектора (рис. 13).

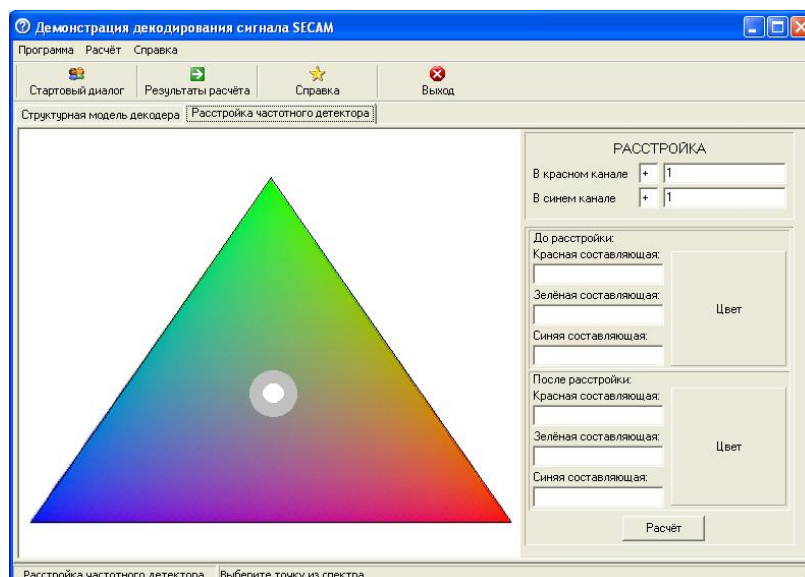


Рис. 12. Окно расстройки частотного детектора

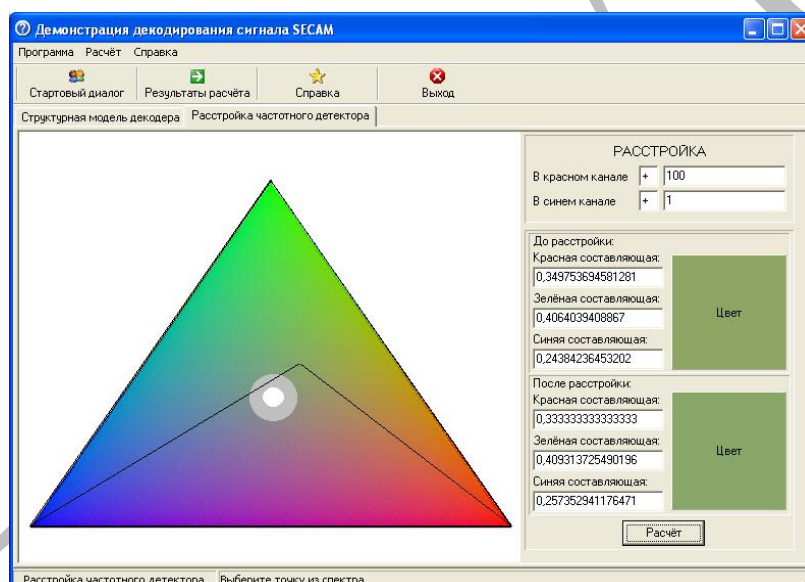


Рис. 13. Расстройка частотного детектора

При выборе пункта меню "Программа" – "Выход", происходит выход из программы. Всего в данной лабораторной работе демонстрируется 16 сигналов.

Порядок выполнения работы

6.1. Посмотреть и снять осциллограммы сигналов в контрольных точках схемы и проверить их с расчетными данными, полученными при подготовке к работам 2.10 и 2.11.

6.2. Произвести расстройку резонансных контуров частотных детекторов в красном канале на -100кГц, синем – на +100кГц.

Для этого выбрать пункт «Расстройка частотного детектора». Выбрать любой цвет при настроенных контурах частотного детектора, для чего навести курсор на треугольник Максвелла, и нажать на левую кнопку мыши. После ввода значений расстройки контуров в красном и синем каналах, получить новое значение цвета. Произвести визуальное сравнение полученных цветов. Тоже самое повторить для белого цвета.

6.3. По полученным данным, найти координаты цветности (r , g и b) для каждого цвета при заданной расстройке контуров ЧД и написать колориметрическое уравнение для каждой цветной полосы (см. приложение 1).

6.4. По координатам цветности и треугольнику Максвелла для случая расстроенных контуров определить цветовой тон λ (в $m\mu m$) и насыщенность p (в %) (см. приложение 1).

6.5. По уравнению $F = rR + gG + bB$ найти местоположение цвета на треугольнике Максвелла (координаты r , g и b задаются преподавателем). Подвести курсор к найденной точке, и путем нажатия на левую кнопку мыши описать ее цвет по местоположению на треугольнике R, G, B . Произвести расстройку контуров на -100 кГц в красном и +100 кГц в синем каналах, для этого в соответствующих полях ввода ввести нужные значения расстройки. Определить координаты цветности r , g и b для нового значения цвета при расстроенных контурах. Определить длину волны λ и насыщенность p цветов.

6.6. При настроенных контурах ЧД навести курсор на источник белого цвета E в центре треугольника RGB и нажать на левую кнопку мыши. После ввода значений расстройки контуров в красном канале на - 100 кГц и в синем на +100 кГц получить новое значение цвета. Определить по частотным характеристикам дискриминаторов (рис. ПЗ) значения ЦРС U_{R-Y} и U_{B-Y} для полученного цвета. Затем определить значения сигналов U_{G-Y} , U_R , U_G и U_B , координаты r , g и b , составить колориметрическое уравнение $F = rR + gG + bB$ и найти местоположение цвета на треугольнике Максвелла при расстроенных контурах ЧД.

Приложение 1

Определение координат цветности по треугольнику Максвелла

Для наглядного представления о количественных и качественных соотношениях при оперировании различными цветами в колориметрии

используется так называемый цветовой треугольник RGB и locus (рис. П1 и П2).

Основные цвета R , G и B являются взаимонезависимыми: ни один из них не может быть получен путем смешивания двух других цветов.

Основные цвета R , G и B на цветовом locus (рис. П2а) обладают 100% насыщенностью, то есть источники основных цветов должны быть монохроматическими. Однако цветные люминофоры, используемые в кинескопах, не создают 100% насыщенности. Поэтому на рис. П2а цветовой треугольник $R_1G_1B_1$, вершины которого соответствуют цветам этих люминофоров, находится внутри треугольника колориметрической системы RGB . Основные цвета этой системы создаются монохроматическими источниками с длинами волн $\lambda_R = 700$ нм, $\lambda_G = 546,1$ нм, $\lambda_B = 435,8$ нм и поэтому имеют 100% насыщенность.

Точки, лежащие внутри цветового треугольника $R_1G_1B_1$, соответствуют всем цветам, которые можно получить из смеси основных цветов указанных люминофоров R_1 , G_1 , B_1 . Точки, лежащие вне этого треугольника, не могут быть правильно воспроизведены данным цветным кинескопом. Увеличивающееся по мере продвижения по прямой от точки E ($p = 0$) к любой точке, например M , находящейся на сторонах треугольника RGB (или $R_1G_1B_1$) (рис. П2а) насыщенность $p < 100\%$. 100% насыщенность достигается в точке M' пересечения с locusом прямой EM . Точка M' ($p = 100\%$) соответствует источнику монохроматического цвета. Все цвета, расположенные на линии locusа, имеют 100% насыщенность. Цифры на цветовом locusе указывают соответствующую длину волны монохроматического излучения (рис. П2). Так как кривая видности глаза лежит от $\lambda_1 = 380$ нм до $\lambda_2 = 700$ нм, locus является незамкнутой фигурой. Замыкая крайние точки locusа (380 нм и 700 нм) прямой BR , получим линию пурпурных цветов. На этой линии находятся точки насыщенных цветов, получаемых суммированием синего и красного цветов в разных пропорциях.

Locus вместе с линией пурпурных цветов охватывает все цвета, видимые глазом. Точки вне locusа (например, M'' на рис. П2а) не соответствуют никаким реальным цветам и поэтому физического смысла не имеют.

Цвет является трехмерной величиной, определяется яркостью (Кд/м^2), цветовым тоном (нм), насыщенностью (%) и описывается основным колориметрическим уравнением:

$$\Phi = f'F = r'R + g'G + b'B. \quad (1)$$

Разделив обе части уравнения (1) на цветовой модуль $m = r' + g' + b'$, получим:

$$\frac{f'}{m} F = \frac{r'}{m} R + \frac{g'}{m} G + \frac{b'}{m} B \quad (1')$$

Трехцветные относительные коэффициенты (координаты цветности)

$$r = \frac{r'}{m} = \frac{r'}{r' + g' + b'}, \quad g = \frac{g'}{r' + g' + b'}, \quad b = \frac{b'}{r' + g' + b'} \quad (1'')$$

определяют относительную (процентную) величину цветов R , G и B в составе единичного потока F :

$$F = rR + gG + bB. \quad (2)$$

Таким образом, на сторонах RG и BR треугольника Максвелла все цвета имеют практически 100% насыщенность, а цвета на стороне BG имеют меньшую насыщенность. Но для упрощения расчетов будем считать насыщенность цветов на BG близкой к 100%.

Пусть требуется определить цветовой тон и насыщенность цветов точек N и F (рис. П1а и б).

Насыщенность точки N определяется соотношением:

$$p = \frac{EN}{EN + NG} = \frac{EN}{EG}$$

В нашем случае $EN = \frac{2}{3} EG$, то есть $p = 66\%$. Аналогично определяется насыщенность для точки F (рис. П1б).

Определим цветовой тон для точки F . Перенесем точку F на цветовой локус (рис. П2а). Продолжив линию EFF_3 до пересечения с локусом, найдем длину волны $\lambda = 460 \text{ нм}$. Приблизительно насыщенность точки F равна $p = \frac{EF}{EF_3}$, а истинная $p = \frac{EF}{EF'_3}$, где F'_3 – точка пересечения прямой EF с локусом.

Равенство (2) дает возможность цветность любого потока изобразить точкой внутри равностороннего цветового треугольника RGB (рисунок П1а), высота h которого равна единице. При заданном внутри треугольника положении точки F длина перпендикуляров, опущенных из нее на стороны треугольника, определяет относительные величины (трехцветные коэффициенты) основных цветов – R , G и B – в потоке F . В примере на рисунке П1б $F = 0,52R + 0,3G + 0,18B$, причем $r + g + b = 0,52 + 0,3 + 0,18 = 1$.

Пояснение. $r = \frac{FX}{h}$, $g = \frac{FY}{h}$, $b = \frac{FZ}{h}$, $h = 7 \text{ см}$, $FX = 3,7 \text{ см}$, $FZ = 1,2 \text{ см}$

Если же, наоборот, заданы трехцветные коэффициенты, то положение точки внутри цветового треугольника находится по правилам механики, оп-

ределяющим центр тяжести. Например, задано: $r=0,15$; $g=0,25$; $b=0,6$. Требуется определить положение точки F , соответствующей цветности суммарного потока. В соответствующие вершины цветового треугольника помещаем в качестве весов векторы $r=0,15$; $g=0,25$; $b=0,6$ (рисунок П1б). Сначала определим центр тяжести $F1$ двух весов (например, r и g) по формуле:

$$\frac{l_g}{l_g+l_r} = \frac{r}{r+g} = \frac{0,15}{0,15+0,25} = 0,375 \cdot$$

При высоте $h=1$ длина стороны $l_g + l_r = 1,16$. Отсюда $l_g=0,375 \cdot 1,16=0,435$; $l_r=l_g+l_r-l_g=1,16-0,435=0,725$. Суммарный вес в точке $F1$: $r+g=0,15+0,25=0,4$.

Для определения места нахождения точки F повторим процедуру нахождения центра тяжести $F1$ двух весов для b и g по вышеприведенной формуле: $l'_g/(l'_g+l'_b)=b/(b+g)=0,6/(0,6+0,25)=0,706$.

Учитывая, что длина сторон равностороннего треугольника при его высоте $h=1$ равна 1,16. Отсюда $l'_g=0,706 \cdot 1,16=0,819$,
 $l'_b=(l'_g+l'_b)-l'_g=1,16-0,819=0,341$.

Проверим сумму: $l'_g+l'_b=0,819+0,341=1,16$.

Суммарный вес в точке $F2$: $b+g=0,6+0,25=0,85$. Искомая точка F находится на пересечении двух прямых: $BF1$ и $RF2$.

Пояснение.

Цвет характеризуется яркостью и цветностью, а цветность – цветовым тоном – λ [мкм] и насыщенностью – процент цвета в белом [%]. Цвета в вершинах треугольника R , G и B имеют 100% насыщенность, а белый цвет (центр треугольника) – нулевую насыщенность (0%). Местоположение цвета в треугольнике Максвелла определяется координатами цветности r , g и b , то есть колориметрическим уравнением:

$$F = rR + gG + bB.$$

Рис. П1. Расчёты с помощью цветового треугольника:

- а) определение коэффициентов r, g и b
- б) определение цвета смеси по известным коэффициентам r, g, b

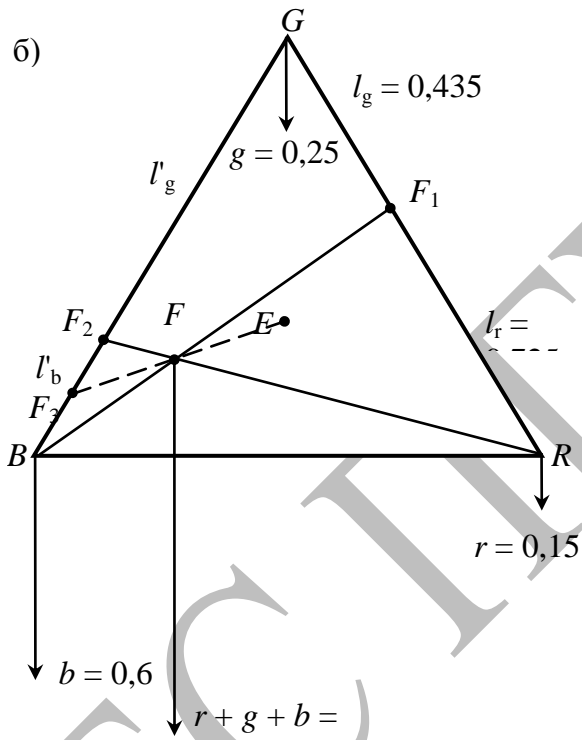
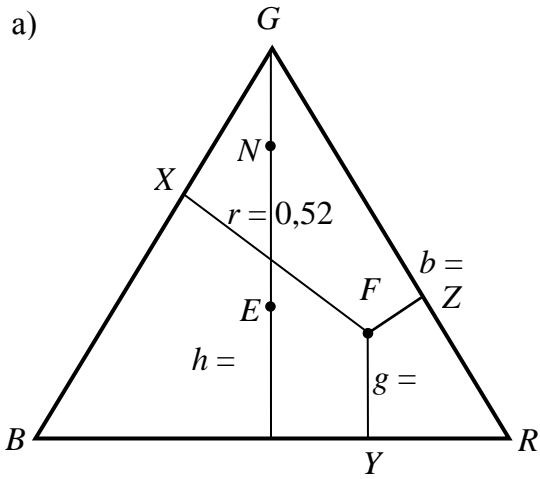
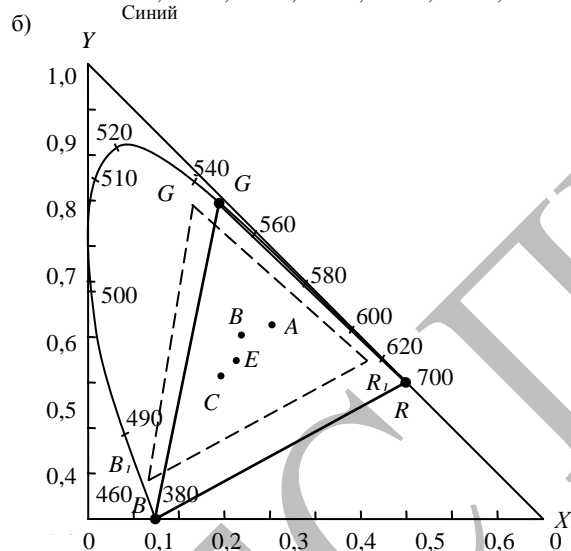
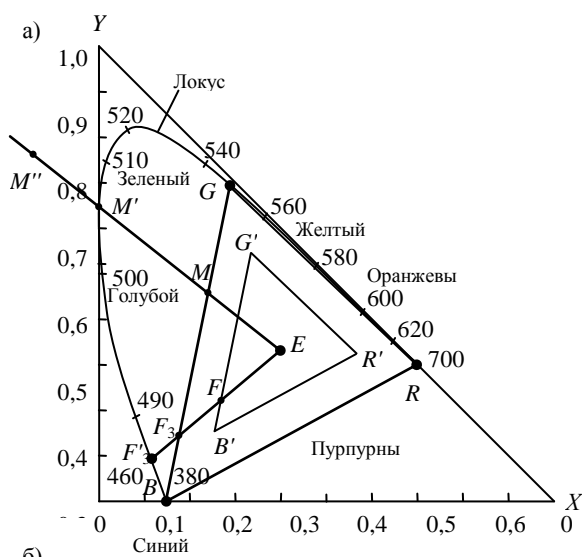


Рис. П2. Цветовой треугольник и локус в системе XYZ:

а) расчеты в системе XYZ;

б) координаты источников белого цвета и цветовой треугольник для люминофоров
цветного свечения



В 1931 году международная комиссия по освещению приняла новую колориметрическую систему XYZ , в которой используется цветовой график в виде равностороннего прямоугольного треугольника (рис.

П2). В вершинах этого треугольника расположены условные (нереальные) цвета XYZ , суммированием которых в соответствующих пропорциях можно получить все реальные цвета с любой насыщенностью и любым цветовым тоном.

На рис. П2 показан спектральный локус и цветовой треугольник RGB колориметрической системы с $\lambda_R = 700$ нм, $\lambda_G = 546,1$ нм, $\lambda_B = 435,8$ нм, находящиеся внутри треугольника системы XYZ .

Связь между единицами XYZ и RGB определяется следующими уравнениями:

$$X = 0,4184R - 0,4185G + 0,0001B;$$

$$Y = -0,1587R + 1,1589G - 0,0002B;$$

$$Z = 0,0828R + 0,0721G + 0,0107B.$$

Трехцветные коэффициенты системы XYZ , определяющие цветность потока F , находятся из соотношений:

$$x = \frac{x'}{x'+y'+z'} = \frac{x'}{m}, \quad y = \frac{y'}{x'+y'+z'} = \frac{y'}{m}, \quad z = \frac{z'}{x'+y'+z'} = \frac{z'}{m}, \quad (3)$$

где $m = x' + y' + z'$ цветовой модуль

(4)

Таким образом, для определения цветности потока достаточно знать только два коэффициента – обычно x и y , третий z определяется из уравнения (4). В системе XYZ трехцветные коэффициенты точки равноэнергетического белого цвета E равны между собой:

$$x_e = y_e = z_e = 1/3.$$

(5)

Равноэнергетический белый цвет является условным, не существующим в природе. В телевизионной практике используется в качестве белых три цвета, обозначаемых буквами: A , B и C . Источник A воспроизводит условия искусственного освещения, а два других – B и C – условия дневного освещения. Цвет потока этих излучателей близок к излучению нити накала лампы накаливания. Так, обычная лампа накаливания имеет координаты цветности $x = 0,448$; $y = 0,407$, а насыщенность – 65% (цвет A). Два других белых цвета B и C имеют координаты $x = 0,348$; $y = 0,352$, насыщенность – 15% (облачный день – цвет B), и $x = 0,310$; $y = 0,316$, насыщенность – 5% (солнечный день – цвет C) (рис. П2б).

На рис. П2б показан треугольник $R_1G_1B_1$ для люминофоров цветного кинескопа.

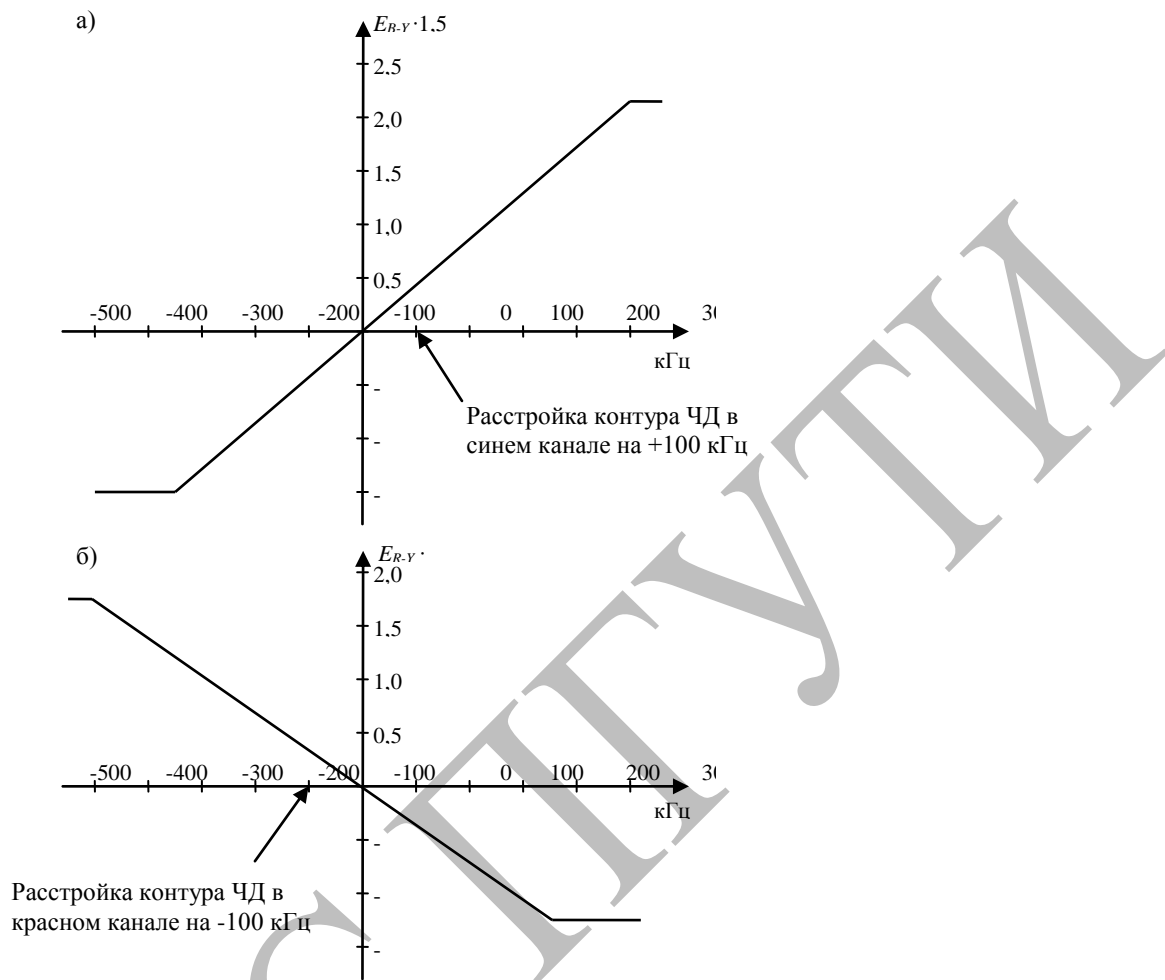


Рис. ПЗ. Частотные характеристики дискриминаторов приемника для: а) - синего и б) - красного каналов

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
443010, г. Самара, ул. Льва Толстого 23.

*Отпечатано фотоспособом
в соответствии с материалами, представленными заказчиком*

Подписано в печать 12.02.09г. Формат 60×84¹/₁₆ Бумага писчая №1 Гарнитура Таймс
Заказ 287. Печать оперативная . Усл. печ. л. 1.47. Уч. изд. л. 1.4.

Тираж 120 экз

.Отпечатано в издательстве учебной и научной литературы
Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики
443090, г. Самара, Московское шоссе 77.
т. (846) 228-00-44