

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Московский технический университет связи и информатики

Кафедра Телевидения

Лабораторная работа № 69

ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ПЕРВИЧНЫХ ЦВЕТОВ ПЕРЕДАЧИ

1, 2 части

Москва 2010

План УМД на 2010/2011 уч. г.

Лабораторная работа № 66

ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ПЕРВИЧНЫХ ЦВЕТОВ ПЕРЕДАЧИ

1, 2 части

Составители к.т.н. Власюк И.В.
 Врагова М.В.

Издание утверждено советом факультета Р и Т. Протокол №
от 20 г.

Рецензент д.т.н., проф. Безруков В.Н.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Часть 1. Изучить процесс получения яркостного цветоразностного сигнала из компонентного RGB сигнала с помощью кодирующей матрицы. Исследовать искажения ТВ изображения при отклонении коэффициентов относительной яркости в кодирующей матрице от стандартных значений.

Часть 2. Изучить процесс получения компонентного RGB сигнала из яркостного цветоразностного сигнала с помощью декодирующей матрицы. Исследовать искажения ТВ изображения при отклонении коэффициентов относительной яркости в декодирующей матрице от стандартных значений.

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Изучить самостоятельно вопросы, связанные с понятиями цвет, теория восприятия цвета, цветовая температура и тд. [1, с. 204-245]

2. Используя данные таблицы 2, записать выражения для преобразования компонент RGB в яркостную и цветоразностные составляющие и обратно.

3. Сделать предварительный расчет.

Задан сигнал с последовательностью цветов: белый, желтый, голубой, зеленый, пурпурный, красный, синий, черный со 100% насыщенностью. Рассчитать значения сигналов E'_R , E'_G , E'_B , E'_Y , E'_{R-Y} , E'_{B-Y} и построить их осциллограммы.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Процесс выполнения работы сводится к изучению и фиксации в отчете информации, появляющейся на экране монитора. А так же осциллограмм, объясняющих процессы получения сигналов и отражающих отклонения коэффициентов относительной яркости в кодирующей/декодирующей матрице от стандартных значений.

ВНИМАТЕЛЬНО следуйте указаниям методического описания, при возникновении затруднений при выполнении работы обратитесь к преподавателю.

Лабораторный стенд имеет три панели. На левой панели расположены коммутатор входов, DVD-проигрыватель, генератор испытательных сигналов и тумблер «Сеть».

На средней панели располагается дисплей, предназначенный для отображения лабораторной работы со схемой исследуемого устройства и вспомогательными блоками. Слева, справа и снизу от дисплея расположены

гнезда для подачи сигналов от различных источников на исследуемую схему или снятия сигналов на измерительные приборы (осциллограф). Пять ручек управления, находящихся под дисплеем используются для изменения различных параметров схемы или настроек вспомогательных блоков (например, номер строки в блоке осциллографа). На правой панели расположен видеомонитор, предназначенный для просмотра видеоизображения. На панели видеомонитора находятся гнезда «ПЦТВС», «R», «G», «B», тумблер «ПЦТВС/RGB».

В работе используются следующие ручки управления:

α - коэффициент относительной яркости основного цвета E'_R ,

β - коэффициент относительной яркости основного цвета E'_G ,

γ - коэффициент относительной яркости основного цвета E'_B ,

k – коэффициент усилителей на входе схемы. Используется для установки рабочего уровня сигналов (уровень белого 700 мВ).

Внимание! Некоторые модели видеомониторов в режиме «внешний» + «RGB» не синхронизируются от компонентного RGB сигнала и требуют также подачи на гнездо «ПЦТВС» сигнала, содержащего синхросмесь. Поэтому в некоторых лабораторных работах для этих целей предусмотрено гнездо «синхр.». В случае, если монитор не синхронизируется, подключите «синхр.» к входу «ПЦТВС» монитора.

ОСНОВНЫЕ ИЗУЧАЕМЫЕ ВОПРОСЫ

1. Процесс получения яркостного цветоразностного сигнала из компонентного RGB сигнала с помощью кодирующей матрицы (Часть 1).

2. Искажения ТВ изображения при отклонении коэффициентов относительной яркости в кодирующей матрице от стандартных значений (Часть1).

3. Процесс получения компонентного RGB сигнала из яркостного цветоразностного сигнала с помощью декодирующей матрицы (Часть 2).

4. Искажения ТВ изображения при отклонении коэффициентов относительной яркости в декодирующей матрице от стандартных значений (Часть2).

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ часть 1

1.

Внимание! Включать стойку следует прежде, чем системный блок ПК, а выключать после того, как будет выключен ПК.
--

В противном случае это может приводить к ошибкам в работе установки, а также к потере настроек расширения рабочего стола Windows в случае использования этого режима.

2. Запустите программу **TV_****.exe**, воспользовавшись ярлыком на рабочем столе, и выберете работу в меню.

3. Подайте с выходов RGB ГИС или DVD – проигрывателя видеосигнал на входы RGB схемы, изображенной на дисплее. Выходы RGB схемы подключите к входам RGB видеомонитора. Видеомонитор должен быть переведён в режим «внешний» кнопкой «выбор входа», тумблер в положении «RGB». Оба канала осциллографа подключите к выходам коммутатора КТ.

4. Калибровка осциллографа.

Подать на вход виртуального макета с ГИС тестовый сигнал «Градационный клин». Убедиться, что оба канала осциллографа находятся в режиме открытого входа “ \simeq ”. На оба канала подать сигнал с КТ1. Установить номинальный размах сигнала. С помощью органов управления осциллографа добиться на экране отображения одной телевизионной строки и полного совмещения каналов А и В.

5. Подать на вход испытательный сигнал с ГИС. Установить парами на два входа осциллографа по очереди сигналы КТ1-КТ7, КТ2-КТ8, КТ3-КТ9. С помощью ручек регулировок α , β , γ добиться совпадения осциллограмм в каждой из трех пар контрольных точек. Записать значения коэффициентов. Убедиться по черно-белому сигналу с ГИС, что изображение на выходе монитора не имеет преобладания ни одного из цветов.

6. Подать сигнал ГЦП и зарисовать осциллограммы в контрольных точках КТ1-КТ6, при $K = 1$ и найденных в п.5 значениях α , β , γ .

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ часть 2

1-3. См. пункты 1-3 части 1.

4. Калибровка осциллографа.

Подать с ГИС на вход виртуального макета сигнал «Белое поле». Установить $K = 1$. На первый и второй каналы осциллографа подать сигнал с КТ4. С помощью органов управления осциллографа добиться на экране отображения одной телевизионной строки и полного совмещения каналов А и В.

5. Подать на вход макета с ГИС сигнал E'_R – «Красное поле». На первый канал осциллографа подать сигнал с КТ4, а на второй – с КТ1. Измерить соотношение между сигналами E'_Y и E'_R . Записать полученное значение. Аналогичное проделать с сигналами E'_G и E'_B , попеременно подавая на второй

канал сигналы с КТ2 и КТ3. При этом с ГИС подавать соответствующие сигналы – или E'_G – «Зеленое поле», или E'_B – «Синее поле».

6. Исследование сигнала E'_G .

Подать на вход макета сигнал ГЦП или «сигнал цветных полос». Установить номинальные значения коэффициентов α , β , γ . Последовательно подать на вход осциллографа сигналы с КТ5-КТ9. Измерить параметры сигналов и зарисовать их осциллограммы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цвет - это представление человека о видимой части спектра электромагнитного излучения. Распознавание цвета человеком зависит от освещения, объекта, отражающего свет, от глаз и мозга наблюдателя. Свет, попадая в глаз, преобразуется в сигналы нейронов, находящихся в сетчатке глаза, и по оптическому нерву пересылается в мозг.

Глаз имеет динамический диапазон $\sim 10^{15}$, однако одновременно может воспроизводить яркости, отличающиеся не более чем в 100 раз. Яркость объекта следует понимать, как объективную характеристику. Она показывает, насколько ярким является данный объект по отношению к наиболее яркому из обозреваемых в данный момент. Одновременно глаз видит 100 градаций яркости, настраиваясь на среднюю освещённость (яркость). Глаз реагирует на три первичных цвета: красный, зеленый и синий. Человеческий мозг воспринимает цвет как сочетание этих трех сигналов. Восприятие цвета заметно изменяется в зависимости от внешних условий. Один и тот же цвет воспринимается по-разному при солнечном свете и при свете свечей. Однако зрение человека адаптируется к источнику света, что позволяет нам в обоих случаях идентифицировать цвет как один и тот же.

Существуют два типа светочувствительных фоторецепторов: *Колбочки*, сосредоточенные главным образом в центральной ямке и расположенные в основном по периферии сетчатки *палочки*, не обладающие преимущественной чувствительностью к какому-либо спектральному цвету и играющие главную роль в создании ахроматических зрительных образов.

Три типа колбочек называют В, G и R. Пики их чувствительности приходятся примерно на 440 нм, 545 нм и 580 нм (для "усредненного" наблюдателя), что соответствует воспринимаемым цветам - синий, зеленый и красный. В каждом глазе 6 млн. колбочек и 120 млн. палочек (т.е. примерно 250 млн. рецепторов на два глаза).

Глаз является селективным приемником излучения. Это значит, что в видимом диапазоне он воспринимает различные длины волн неодинаково. Ощущение цвета зависит от спектрального состава, воздействующего на глаз излучения. Предельным случаем неравномерного излучения можно считать излучение в малом интервале длин волн $\Delta\lambda$, так называемые монохроматические излучения. Монохроматические излучения разной длины волны вызывают у человека ощущение различных спектральных цветов, обладающих максимальной (100%) насыщенностью. *Насыщенность* — характерное свойство цвета —

цветовой параметр, обозначающий степень разбавленности монохроматического цвета белым. Насыщенность белого цвета равна нулю. Спектр монохроматических излучений условно разбит на семь главных цветов (Табл.1)

Таблица 1.
Спектр монохроматического излучения

Длина волны, нм	780...605	605...590	590...560	560...500	500...470	470...430	430...380
Цвет	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Голубой	Синий	Фиолетовый

Излучение есть перенос энергии от источника к поглощающему телу. Количественной мерой излучения является лучистая энергия, а мощность переноса лучистой энергии, т.е. энергии, переносимой излучением в единицу времени, называют лучистым потоком Φ , единицей которого является ватт (Вт). Для оценки воздействия лучистой энергии на светочувствительный элемент нормального глаза необходимо учитывать особенности его светового восприятия. По определению, данному МКО (Международная комиссия по освещению) в 1924 г., светом называется электромагнитное излучение, оцененное глазом по тому действию, которое оно на него производит. Световой поток F связан с лучистым потоком Φ через спектральную световую чувствительность глаза, так называемую *стандартную относительную видность глаза* $V(\lambda)$:

$$F = V_m \int_{380}^{780} \Phi(\lambda)V(\lambda)d\lambda$$

Стандартная относительная видность глаза (рис.1) определена в результате усреднения экспериментальных данных, полученных для большого числа наблюдателей. Коэффициент V_m , являющийся максимумом кривой стандартной относительной видности с длиной волны $\lambda = 555$ нм, устанавливает количественную связь между световым и лучистым потоком. В результате точных измерений установлено, что 1 Вт лучистого потока монохроматического излучения с длиной волны $\lambda = 555$ нм равен 683 лм светового потока при нормальной освещенности.

Вследствие трехкомпонентности цветового зрения полная характеристика цвета определяется тремя числами, которыми в выбранной колориметрической системе, например ABC , являются модули трех основных цветов a' , b' , c' . Необходимость и достаточность трех чисел для полной характеристики цвета позволяет рассматривать его как точку в трехмерном цветовом пространстве или как вектор, проводимый в эту точку из начала координат. Если основные цвета A , B , C представить в виде векторов \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , то уравнение цвета может быть записано в виде $\mathbf{D} = a'\mathbf{A} + b'\mathbf{B} + c'\mathbf{C}$.

В этом уравнении цвет смеси определяется суммарным вектором \mathbf{D} , имеющим координаты a' , b' , c' в системе координат ABC . Координаты каждой точки цветового пространства численно равны проекции вектора цвета на координатные оси. Начало всех векторов цвета расположено в общей точке O , являющейся началом системы координат цветового пространства, которому соответствует черный цвет.

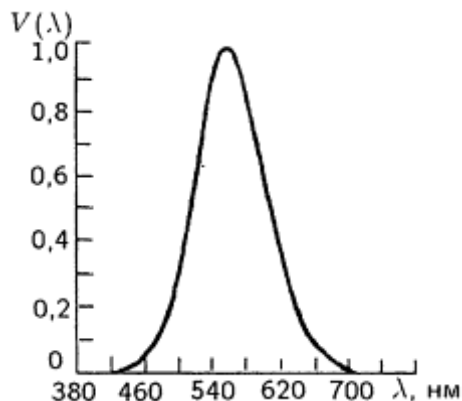


Рисунок 1. Стандартная относительная видимость глаза

Пространство, в котором находятся цветовые векторы, называется цветовым. Совокупность цветовых векторов в цветовом пространстве занимает телесный угол менее 2π , так как в противном случае суммирование двух цветов, представленных соответствующими векторами, может привести к уменьшению длины результирующего вектора, т.е. яркости смеси, что физически невозможно. Сказанное иллюстрирует рис. 2, где в колориметрической системе,

построенной на векторах трех основных цветов \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , изображена коническая поверхность, образованная векторами цветов монохроматических излучений. Поверхность имеет выпуклую форму, так как ни один спектральный цвет не может быть получен смешением двух других. Видимый спектр ограничен, с одной стороны, красным ($\lambda = 700$ нм), а с другой — синим ($\lambda = 400$ нм) излучением, поэтому поверхность спектральных цветов незамкнута. Проведя плоскость через векторы монохроматических цветов с $\lambda = 400$ нм и $\lambda = 700$ нм, получим плоскость, в которой расположены векторы всех возможных смесей этих цветов, которые принято называть пурпурными цветами.

Поскольку цветов более чистых, чем спектральные, не существует, векторы всех реальных цветов расположены в пределах части конической поверхности, образованной векторами цветов монохроматических излучений и плоскостью чистых пурпурных цветов. Совокупность направлений векторов реальных цветов принято называть конусом реальных цветов. Цвета, векторы которых лежат вне конуса реальных цветов, в природе не существуют, вследствие чего их принято называть нереальными цветами. При пересечении цветового пространства плоскостью образуется цветовой треугольник ABC , в котором координаты цветности монохроматических излучений изображаются точками на кривой, называемой *спектральным локусом*.

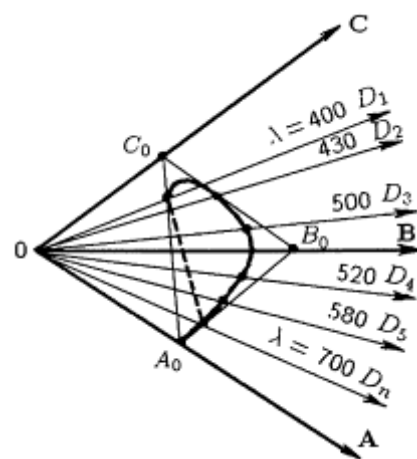


Рисунок 2. Цветовое пространство

Сопоставление результатов измерения цвета возможно лишь при единой колориметрической системе, оперирующей вполне определенными, заранее

согласованными основными цветами. Например, система RGB. Она удобна для проведения экспериментальных исследований, так как ее основные цвета являются реальными, физически существующими цветами. Однако наличие в кривых смешения RGB (см. рис. 10.6, [1]) положительных и отрицательных ветвей значительно затрудняет их реализацию при создании цветоизмерительных приборов — колориметров. Вторым недостатком системы RGB является необходимость расчета всех трех компонентов цвета при определении его яркости. Поэтому в 1931 г. МКО была принята более удобная колориметрическая система нереальных цветов XYZ. Цветовое пространство XYZ рассечено единичной плоскостью, определяемой уравнением:

$$X + Y + Z = 1$$

и отсекающей на осях координат отрезки $X=1$, $Y=1$, $Z=1$. Линии пересечения координатных плоскостей с единичной плоскостью образуют на последней равносторонний треугольник, а x, y, z — координаты цветности.

Геометрическое место координат цветности чистых спектральных цветов — это кривая, которая лежит на единичной плоскости и называется спектральным локусом. Так как одна из координат цветности является зависимой от двух других ($x + y + z = 1$), то для определения цветности достаточно двух координат, например x и y . Тогда, проектируя диаграмму цветности единичной плоскости на плоскость xu в направлении оси z , получаем известную диаграмму цветности МКО (рис.3). Анализируя цветовой график МКО, необходимо отметить следующее:

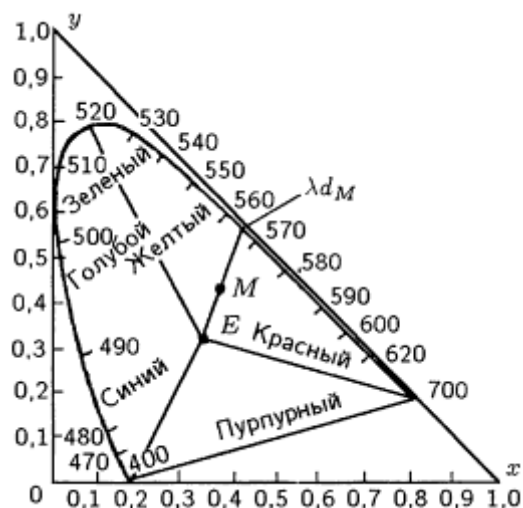


Рисунок 3. Диаграмма цветности МКО

1. Координаты цветности всех реальных цветов находятся внутри спектрального локуса и определяются положительными значениями x и y .

2. Равноэнергетический белый цвет E лежит в центре тяжести треугольника xOy . Его координаты цветности — $x = 1/3$, $y = 1/3$.

3. Дополнительные цвета лежат на отрезке прямой, проходящей через точку E с кривой спектральных цветов.

4. Цветность смеси двух цветов отображается точкой, расположенной на прямой, соединяющей смешиваемые цвета.

5. Цветность смеси трех цветов отображается точкой внутри треугольника, вершины которого образованы смешиваемыми цветами.

Соотношение цветов в спектре видимого света меняется в зависимости от источника освещения. В изображении спектральный состав освещения часто оценивается цветовой температурой. Цветовая температура (T_c), спектрофотометрическая или колориметрическая температура - параметр, характеризующий ход интенсивности $I(\lambda)$ излучения какого-либо источника с

изменением длины волны λ в оптическом диапазоне непрерывного спектра. Цветовую температуру принимают равной температуре *абсолютно чёрного тела*, имеющего в рассматриваемом интервале длин волн то же относительное распределение интенсивности, что и данный источник. Цветовая температура характеризует относительный вклад излучения данного цвета в излучение источника, т. е. видимый цвет источника и выражается в кельвинах (К). К примеру, цветовой температуре 5500°К соответствует неяркий естественный дневной свет в полдень. Лампы накаливания обычно имеют цветовую температуру 2700°К.

Сигналы RGB называют основными цветами для аддитивного синтеза цвета. Из маленьких RGB-элементов состоит телевизионный экран. Но не RGB-сигналы были выбраны для передачи цветного телевидения. Вместо них в основу всех систем легла передача сигналов яркости E'_Y и цветоразностных сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} . Сигналы E'_R , E'_G , E'_B и E'_Y , E'_{R-Y} , E'_{B-Y} взаимосвязаны однозначной зависимостью (системой уравнений), которая называется матрицей. Выглядит она следующим образом:

Таблица 2.
Соответствие RGB сигналу яркости и двум цветоразностным

	E'_R	E'_G	E'_B
E'_Y	0,299	0,587	0,114
E'_{R-Y}	0,701	-0,587	-0,114
E'_{B-Y}	-0,299	-0,587	-0,114

Так почему же никто из разработчиков телевизионных систем не пошел по, казалось бы, естественному пути и не начал передавать сигналы основных цветов RGB? На это есть несколько причин, но главных, пожалуй, две:

- во-первых, системы цветного телевидения должны оставаться совместимыми с исходными системами черно-белого телевидения, чтобы по черно-белому телевизору можно было нормально (или почти нормально) смотреть передачи, транслируемые в цветном изображении;

- во-вторых, система цветного телевидения не должна была требовать для трансляции более широкой полосы частот, чем исходная система черно-белого телевидения.

Как же удалось передать дополнительно информацию о цвете, не расширяя полосу пропускания видеосигнала (то есть, не увеличивая количество передаваемой информации)? Возможно ли это? Строго говоря - нет. Каждая система цветного телевидения представляет собой образец более или менее удачного компромисса между уступками в качестве передачи сигнала яркости и выигрышем от умелого использования полученной полосы пропускания для передачи сигнала цветности. Очевидно, что ПЦТС должен нести информацию о яркости и цветности. Но если для введения цветоразностных сигналов просто сложить E'_Y , E'_{R-Y} и E'_{B-Y} , то разделить их в дальнейшем будет невозможно. Главная задача - без взаимных помех смешать сигналы яркости и цветности и без

ошибки разделить их. Но по какому признаку можно отличить в видеосигнале яркость от цветности?

Решить эту задачу позволила особенность человеческого зрения. Оказалось, что информация о яркости воспринимается одними фоторецепторами глаза - палочками, а о цвете другими - колбочками. Причем разрешающая способность палочек гораздо выше, чем колбочек. То есть, если на изображении яркостные контуры обозначены четко, а цвета "размазаны", то человеческий глаз руководствуется яркостной компонентой, не замечая "размазанности".

Итак, сигнал яркости E'_Y надо передавать четко, цветоразностные сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} можно передавать несколько "размазанно" (в меньшей полосе частот) - изображение от этого не пострадает (вернее, человеческий глаз этого не заметит). Чтобы меньше навредить четкости передаваемого изображения, решено было для передачи цветоразностных сигналов использовать часть

высокочастотного спектра сигнала яркости. Специальный режекторный фильтр ослабляет яркостный сигнал на выбранной частоте и образует "щель" в его частотной характеристике. Часто в специальной литературе такой фильтр называют notch, что в переводе с английского обозначает "выемка". А цветоразностные сигналы поступают на фильтр низких частот, который ограничивает их спектр, далее на модулятор, который смещает их в заданную область частотного диапазона (результат модуляции называется "поднесущей цветности"), и далее на смеситель, где поднесущая укладывается в приготовленную для нее "щель" в спектре сигнала яркости. Описанный способ режекции сигнала яркости, НЧ-фильтрации и модуляции цветоразностных сигналов и сложения сигналов яркости и цветности является одинаковым для всех систем цветного телевидения.

По каналу связи полная телевизионная информация о цветовом объекте передается с помощью трех сигналов: сигнала яркости E'_Y и цветоразностных сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} , называемых сигналами первичных цветов передачи. Цветоразностные сигналы часто называют сигналами цветности, что не совсем точно, так как информация о яркости из них исключена не полностью. Значения сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} зависят от значения сигнала яркости E'_Y . Сигналами истинной цветности являются относительные значения цветоразностных сигналов:

$$E'_{R-Y} / E'_Y; \text{ и } E'_{B-Y} / E'_Y$$

которые не зависят от яркости и в силу этого могут быть отображены на диаграмме цветности МКО. Треугольник первичных цветов передачи E'_Y , E'_{R-Y} , E'_{B-Y} , построенный на диаграмме цветности МКО представлен на рис.4.

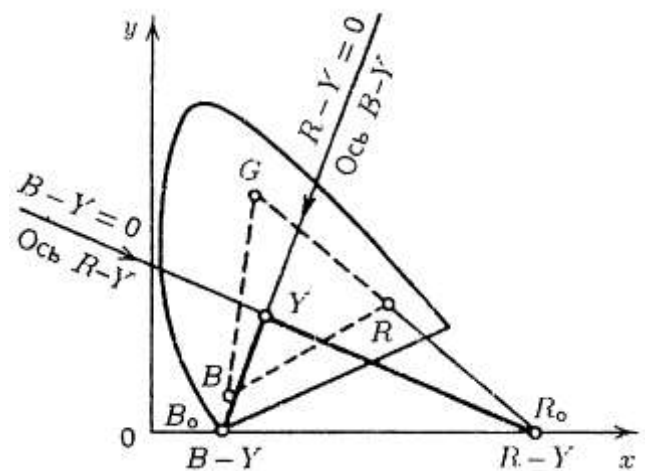


Рисунок 4. Треугольник основных цветов передачи на диаграмме цветности МКО

Первичные цвета E'_{R-Y} и E'_{B-Y} лежат в точках R_0 и B_0 пересечения с осью X продолжения двух сторон треугольника основных цветов приемника GR и GB . Третьей точкой треугольника первичных цветов передачи является точка E'_Y , соответствующая равноинтенсивному белому цвету D , в которой оба цветоразностных сигнала равны нулю. Прямые R_0Y и B_0Y называются осями кодирования. Цвета, содержащиеся внутри треугольника R_0YB_0 , передаются положительными значениями сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} . Цвета, расположенные на диаграмме цветности вне пределов треугольника R_0YB_0 , передаются отрицательными значениями одного или двух цветоразностных сигналов. Таким образом, вся информация, необходимая для воспроизведения цвета внутри треугольника основных цветов приемника E'_R, E'_G, E'_B , содержится в первичных цветах передачи E'_Y, E'_{R-Y} и E'_{B-Y} .

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Структурные схемы исследуемых устройств.
2. Параметры и осциллограммы исследуемых сигналов.
3. Выводы по проделанной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое цвет? Насыщенность? Видность глаза?
2. Почему основных цвета три и почему это красный, синий и зеленый?
3. Что такое локус?
4. Раскройте понятие цветовой температуры.
5. Назовите причины, по которым разработчики ТВ систем решили передавать не RGB сигнал, а яркостной и два цветоразностных.
6. Как передается информация о цвете?

ЛИТЕРАТУРА

1. Телевидение / под ред. В.Е. Джакони.- М.: Радио и связь, 2003. - 616с.