

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

“ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ”

1. Лабораторная работа № 1 “Измерение и контроль параметров телевизионного сигнала и изображения”	2
2. Лабораторная работа № 2 “Исследование основных закономерностей формирования растров”	19
3. Лабораторная работа № 3 “Исследование влияния помех на качество телевизионного изображения”	26
4. Лабораторная работа № 4 “Исследование сигналов совместимой системы цветного телевидения”	40
5. Лабораторная работа № 5 “Исследование сигналов системы цветного телевидения ПАЛ”	53
6. Лабораторная работа № 6 “Исследование сигналов системы цветного телевидения СЕКАМ”	61
7. Лабораторная работа № 7 “Изучение схемы телевизора цветного изображения”	70
8. Лабораторная работа № 8 “Измерение характеристик и параметров сквозного телевизионного канала”	109
Литература	117

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА И ИЗОБРАЖЕНИЯ

1. Цели работы

Изучение основных принципов передачи изображений телевизионным (ТВ) методом; измерение параметров полного ТВ сигнала и его составляющих; оценка качества ТВ изображения по испытательной таблице.

2. Краткие теоретические сведения

В телевидении электрический сигнал изображения $U_{из}(t)$ образуется (рисунок 1.1, а) в передающей ТВ камере (КТП), а точнее – на выходе передающей ТВ трубки (ПТ), являющейся преобразователем свет-сигнал. Оптическая система (ОС) строит на светочувствительной поверхности ПТ – фотокатоде – входное почти плоское оптическое изображение¹ объекта передачи. Поэтому нельзя отождествлять объект и его изображение. КТП черно-белого телевидения содержит одну ПТ, а камера цветного телевидения (ЦТВ) – три трубки² для формирования R, G, B сигналов, несущих информацию о содержании красного, зеленого и синего цветов в изображении. Кроме ОС камера ЦТВ содержит также электронный видоискатель – малогабаритное видеоконтрольное устройство, блок развертки (БР), микропроцессор или микроЭВМ для автоматической настройки и поддержания необходимых режимов работы камеры, три предварительных усилителя и ряд других блоков [1...4].

Входное изображение на фотокатоде ПТ можно представить в виде бесконечного числа точек, параметры каждой из которых (например, яркость, цветовой тон и насыщенность) меняются и во времени, и в пространстве. Следовательно, изображение является многомерной пространственно-временной функцией, что и отличает его от звукового и многих других сообщений, являющихся одномерной функцией времени. Конечные значения угла зрения и разрешающей

¹ В дальнейшем для упрощения вместо термина “оптическое изображение” будет употребляться термин “изображение”.

² Существуют и более простые камеры ЦТВ, содержащие две и даже одну ПТ.

способности человека позволяют представить плоское изображение в виде совокупности конечного числа N элементарных участков – элементов изображения. При этом в пределах элемента изображения его параметры считаются постоянными. В современном вещательном телевидении $N \approx 500$ тыс., в опытных системах телевидения высокой четкости $N \approx 2$ млн.

Все параметры, описывающие каждый элемент изображения, нужно преобразовать в электрические сигналы (произвести анализ изображения), передать их по каналу связи и преобразовать принятые сигналы в видимое изображение, т.е. произвести синтез изображения.

Если ограничиться передачей черно-белых изображений, когда каждый элемент изображения характеризуется только мгновенным значением яркости, потребуется 500 тыс. элементарных фотоэлементов и столько же каналов связи для одновременной передачи информации о яркости, что физически нереализуемо. При наличии только одного канала связи используют идею последовательной передачи изображения по элементам – развертку изображения, осуществляемую в ПТ. Оптическое изображение на фотокатод ПТ преобразуется в электронное (рельеф зарядов, фотосопротивлений и т.п.). При этом величина зарядов на фотокатод пропорциональна освещенности отдельных его участков, равных размеру элемента изображения. Электронный луч ПТ, являющийся развертывающим элементом (РЭ), под действием поля, например магнитного, отклоняющих катушек перемещается по фотокатоду по определенному периодическому закону и считывает накопленные на нем заряды. В результате на нагрузке ПТ образуется сигнал изображения $U_{из}(t)$.

След от перемещения РЭ вдоль оси x называется строкой, а совокупность строк – растром. Интервал времени между двумя последовательными моментами, когда РЭ попадает в одну и ту же точку раstra, называется периодом кадра, а изображение, полученное в результате однократного воспроизведения всех элементов, – кадром.

Если РЭ обходит элементы изображения вдоль одной строки, затем второй и т.д., пока не закончится передача кадра, развертка считается построчной. С помощью развертки трехмерная функция яркости $L(x, y, t)$ преобразуется в одномерную функцию времени – сигнал изображения. Если к тому же развертки на обеих сторонах ТВ системы синхронны и синфазны, можно не передавать координаты (x и y) элементов изображения.

На приемной стороне (рисунок 1.1, б) для воспроизведения ТВ изображений используется электронно-лучевая трубка (кинескоп), стеклянный экран которой покрыт люминофором, а последний – тонким слоем алюминиевой пленки. Принятый сигнал изображения модулирует электронный луч кинескопа по плотности, а сам луч при этом отклоняется по экрану магнитным полем отклоняющих катушек в соответствии с законом развертки.

В телевидении, как и в кино, эффект движения достигается путем передачи достаточного количества неподвижных изображений (кадров) в секунду, представляющих собой отдельные статические фазы движения.

Каждая КТП соединяется с аппаратной камерным кабелем (коаксиальным или световодным). Все необходимые сигналы в обоих направлениях и напряжение питания для КТП передаются либо без уплотнения – по соответствующим внутренним проводникам (оптическим волокнам) кабеля, либо с частичным или полным уплотнением сигналов, при котором используется легкий кабель и появляется возможность создания репортажных комплексов [3, 5].

Рассмотрим принцип формирования ТВ сигнала на передающей стороне – в аппаратно-студийном комплексе (АСК) телецентра при передаче статического изображения в виде двух вертикальных черных полос на белом фоне (рисунок 1.2, а). Отклонение электронного луча в ТВ передающей и приемной трубках производится одновременно по осям x и y (рисунок 1.2, б, в) и обеспечивается пилообразными колебаниями тока строчной (рисунок 1.2, ж) и кадровой (рисунок 1.2, и) разверток.

Во время прямого хода развертки по строке $t_{ПХ\ стр}$ (см. рисунок 1.2, ж) луч отклоняется слева направо и смещается по кадру на шаг развертки $\delta = h/z$ (h – высота изображения, z – количество строк), равный обычно диаметру луча (см. рисунок 1.2, б). Во время обратного хода $t_{ОХ\ стр}$ луч быстро отклоняется к началу следующей строки. Этот след от движения луча на рисунке 1.2, б, показан условно пунктирной линией, так как в это время на ПТ подаются строчные гасящие импульсы (СГИ), запирающие ее для того, чтобы не передавалось изображение. На кинескоп также необходимо подавать СГИ, чтобы на экране не были видны линии обратного хода (см. рисунок 1.2, в).

Когда луч обойдет все z строк (будет передано изображение одного кадра), он должен по возможности быстро возвратиться в исходное положение для передачи изображения следующего кадра. Во время обратного хода по кадру $t_{ОХ\ к}$ (см. рисунок 1.2, и) передающая и приемная трубки закрываются путем подачи кадровых гасящих импульсов (КГИ).

Синхронная и синфазная работа БР на передающей и приемной сторонах (см. рисунок 1.1) обеспечивается принудительной их синхронизацией строчными и кадровыми синхронизирующими импульсами (ССИ, КСИ). Синхроимпульсы (СИ) от ТВ синхрогенератора (ТВ СГ) подаются на все КТП по камерному кабелю. Гасящие импульсы ПТ обычно формируются непосредственно в КТП из СИ.

Если при передаче белого (черного) образуется максимальный (минимальный) сигнал (см. рисунок 1.2, г), его полярность считается положительной. Во время обратного хода электронного луча ПТ ТВ сигнал не образуется, так как трубка закрыта гасящими импульсами (интервалы А-Б на рисунке 1.2, г), а незначительные изменения напряжения в это время обусловлены шумами трубки – флуктуациями темнового тока. Образующийся непосредственно на выходе ПТ сигнал $U_{из}(t)$ однополярен, т.е. содержит постоянную или среднюю составляющую, величина которой зависит от средней освещенности объекта.

Основное усиление сигнала, коррекция его искажений и введение ГИ приемных трубок (рисунок 1.2, д) производятся в блоке камерного канала (БКК). В БКК шумовая дорожка в интервалах обратных ходов А-Б ограничивается, и вводятся СГИ кинескопов. Разность между уровнем гашения и уровнем черного, называемая защитным интервалом (ЗИ), может составлять от 0 до 7% от размаха ТВ сигнала [2]. ЗИ предохраняет канал синхронизации приемника от прохождения отдельных импульсов ТВ сигнала. Далее сигнал подается на микшер, в котором производится плавное или дискретное микширование (смешение) его с ТВ сигналами от других источников.

В линейном усилителе в сигнал вводятся ССИ и КСИ (рисунок 1.2, е, з) для синхронизации БР в ТВ приемниках. Смесь сигнала изображения, ССИ, КСИ, СГИ и КГИ образует полный ТВ сигнал (см. рисунок 1.2, е, з) $U_{ТВ}(t)$. Как видно из данного рисунка, при формировании $U_{ТВ}(t)$ используется временное уплотнение сигналов, которые передаются не в одном и том же динамическом диапазоне: сигнал изображения – выше уровня гашения, а синхронизации – ниже. Это позволяет, во-первых, легко выделить ССИ и КСИ из сигнала в амплитудном селекторе АС (ограничителе) ТВ приемника (см. рисунок 1.1, б); во-вторых, подавать полный ТВ сигнал непосредственно на управляющий электрод (катод или модулятор) кинескопа без вычеркивания ССИ и КСИ. Действительно, при подаче сигнала на кинескоп рабочая точка на его анодно-катодной характеристике (зависимость тока луча от напряжения между катодом и модулятором) и размах сигнала выбираются так, чтобы уровень гашения в сигнале соответство-

вал напряжению записания кинескопа, при этом синхроимпульсы еще больше закрывают его. Поэтому говорят, что ССИ и КСИ в полном ТВ сигнале передаются на уровне “чернее черного”. К тому же они формируются различными по длительности, чтобы в приемнике легко было отделить их друг от друга в разделителе синхроимпульсов (РСИ) (см. рисунок 1.1, б).

Сигнал звукового сопровождения в звуковом канале (ЗК) обрабатывается, усиливается и поступает на коммутатор, в котором при необходимости производится коммутация (или микширование) сигналов от различных источников. Сформированные в АСК звуковой и ТВ сигналы по соединительным линиям (СЛ) подаются на радиотелевизионный передающий центр (РТЦ), число ТВ радиопередатчиков (РПД) на котором равно числу передаваемых ТВ программ. Для передачи ТВ и звуковых сигналов используются соответственно амплитудная и частотная модуляции.

ТВ сигнал по стандарту, принятому в нашей стране [2], занимает полосу частот от 0 до 6 МГц (рисунок 1.3, а), а сигнал звукового сопровождения – 30 Гц... 15 кГц. Поскольку передача сигнала с нулевыми частотами вызывает определенные трудности [3...6], тракт АСК строится на усилителях переменного тока (50 Гц...6 МГц), при этом постоянная составляющая теряется. В необходимых же точках тракта (например, на входе передатчика) она восстанавливается путем привязки (фиксации) уровня гасящих импульсов к какому-либо постоянному значению. Осциллограммы на рисунке 1.2 приведены в предположении, что постоянная составляющая не потеряна и диаметр луча ПТ бесконечно мал. Последнее объясняет бесконечно малую длительность фронтов в ТВ сигнале.

ТВ приемник (см. рисунок 1.1, б) строится по супергетеродинной схеме, т.е. с преобразованием в радиоканале (РК) принимаемых несущих радиочастот изображения и звука (изменяющихся от канала к каналу) в постоянные промежуточные частоты, на которых производятся основное усиление и фильтрация от сигналов соседних станций. При этом несущая звука претерпевает двойное преобразование частоты. Модулированный сигнал на промежуточной частоте изображения детектируется амплитудным видеодетектором (ВД), с выхода которого полный ТВ сигнал $U_{ТВ}(t)$, усиленный видеоусилителем (ВУ), подается на катод (модулятор) кинескопа. Сигнал звукового сопровождения, образующийся на выходе частотного детектора (ЧД), усиливается в УЗЧ и подается на громкоговоритель. В АС из сигнала $U_{ТВ}(t)$ выделяются синхроимпульсы и в блоке РСИ разделяются между собой на ССИ и КСИ, которые и синхронизируют блок строчной и кадровой развертки (БР). Отклоняющая система (ОС), состоящая из

двух пар взаимно перпендикулярных катушек, питается токами пилообразной формы, следующими с частотой строк и кадров (см. рисунок 1.2, ж, и). Высокое напряжение для питания анода кинескопа U_{a2} вырабатывается высоковольтным умножителем, который входит в состав БР.

В ЦТВ вместе с сигналом черно-белого телевидения (называемого сигналом яркости U_Y) передается сигнал цветности $U_{СЦ}$ (на поднесущей частоте $f_{ЦП}$). Производится это путем частотного уплотнения (перемежения) дискретных спектров сигналов U_Y и $U_{СЦ}$ (рисунок 1.3, б).

В приемниках ЦТВ используются другой кинескоп, а также блок цветности (БЦ) для получения трех сигналов основных цветов, подаваемых на катоды (модуляторы) трехлучевого кинескопа [3, 4, 6].

Основные параметры системы телевизионного вещания устанавливает ГОСТ [2]. В вещательном ТВ применяется чересстрочная развертка¹, при которой кадр изображения передается в два приема – сначала передаются нечетные строки (первое поле или полукадр), а затем – четные (второе поле). Кадр изображения, включая строки, приходящиеся на КГИ, содержит 625 строк и состоит из двух полей. Частота передачи полей равна 50 Гц. Формат передаваемого изображения составляет 4:3, а соотношение сторон у современных кинескопов с большим экраном равно 5:4. При этом незначительная часть изображения (около 6%) по горизонтали оказывается за пределами экрана, но значительно экономичнее становится строчная развертка телевизионного приемника за счет увеличения длительности обратного хода по строке. Строки кадра нумеруются цифрами от 1 до 625, начиная от переднего фронта КСИ в первом поле. Первым считается то поле, у которого передние фронты КСИ и ССИ совпадают (рисунок 1.4). Следовательно, первое поле включает строки с 1-й по 312-ю и первую половину 313-й строки, а второе поле – вторую половину 313-й и с 314-й по 625-ю строки. С приходом синхроимпульсов в приемнике начинается обратный ход луча по строке или кадру (рисунок 1.5, б, в). С целью увеличения длительности обратного хода по строке (см. рисунок 1.2, е) ССИ располагается почти у левого края СГИ. Интервал между передними фронтами СГИ и ССИ, равный 1,5 мкс, предохраняет ССИ от искажений видеосигналом вследствие переходных процессов в тракте.

¹ С целью упрощения обозначений под КСИ и КГИ при чересстрочной развертке понимают импульсы, следующие с частотой полей.

Длительность КГИ равна $25H$, где H – длительность строки (см. рисунок 1.4 и 1.5, а). В этом интервале передаются ССИ, КСИ и сигнал цветовой синхронизации – СЦС (в системе ЦТВ СЕКАМ). Для контроля качественных показателей телевизионных трактов непосредственно во время передач используются измерительные сигналы (ИС), которые вводятся в 17, 18, 330 и 331-ю строки для контроля трактов при международном обмене и в 19...21-ю и 332...334-ю строки для контроля характеристик трактов внутри страны. При этом в 16-ю и 329-ю строки вводятся кодовые импульсы сигналов опознавания (СО) пунктов введения ИС [2, 7]. В строку с номером 6 вводятся эталонные сигналы частоты и времени. Свободные строки КГИ могут также использоваться для передачи сигналов дополнительной информации: телетекста, видеотекста и др. [9, 10].

Для того, чтобы во время передачи КСИ в телевизионных приемниках была синхронизация и по строкам, в КСИ делаются врезки строчной частоты, задний фронт которых совпадает с моментом, где должен был быть передний фронт ССИ (см. рисунок 1.4, 1.5 и 1.7, а, б).

Применение чересстрочной развертки и простых устройств (дифференцирующих и интегрирующих цепочек) для разделения последовательности СИ (рисунок 1.6) на ССИ и КСИ (рисунок 1.6, б, в) предъявляет дополнительные требования к импульсам, передаваемые в интервале КГИ. Объясняется это следующим. При чересстрочной развертке начала двух полей сдвинуты относительно друг друга на половину строки. В этом случае начала КСИ нечетных полей совпадают с началом соответствующих ССИ (см. рисунок 1.7, а), а начала КСИ четных полей размещаются посередине между ССИ (см. рисунок 1.7, б). Поэтому временные расстояния от начала КСИ до первой врезки в указанных полях отличаются в два раза. Это отличие приводит к разной форме импульсов, выделенных интегрирующей цепочкой (рисунок 1.7, в). В результате синхронизация от КСИ нечетных и четных полей наступает через разные промежутки времени после начала этих импульсов. Этот временной сдвиг Δt_1 зависит от уровня синхронизации кадровой развертки и может привести к неустойчивости чересстрочного разложения и даже к наложению строк двух полей. Для устранения этого явления врезки в КСИ делаются с двойной строчной частотой (см. рисунок 1.4 и 1.5), что приводит к одинаковой форме импульсов на выходе интегрирующей цепочки.

Необходимо учесть также, что временное расстояние между КСИ и находящимся непосредственно перед ним ССИ различно для первого и второго полей (рисунок 1.8, а, б). В результате форма импульсов на выходе интегрирующей це-

почки будет также отличаться (рисунок 1.8, в). Временной сдвиг Δt_2 может явиться причиной ухудшения чересстрочности растра. Устранение этого сдвига обеспечивается тем, что перед КСИ (и после для идентичности переднего и заднего фронтов) вводятся пять уравнивающих импульсов двойной строчной частоты (см. рисунок 1.4, 1.5).

Оценка качества телевизионного изображения производится по испытательным таблицам (ИТ). Длительное время применялась ИТ 0249, затем ИТ 0265 и, наконец, сейчас действует таблица ИТ-72. Последняя, как и универсальная электрическая испытательная таблица УЭИТ, может применяться как в черно-белом, так и в цветном ТВ. Показатели телевизионного изображения делятся на световые и растровые. К световым относятся: контраст, количество воспроизводимых градаций яркости, максимальная яркость, четкость, допустимый уровень различного рода помех и правильность цветопередачи (в ЦТВ). Растровыми показателями являются: геометрическое подобие изображения оригиналу, размер кадра и его формат, стабильность положения изображения (устойчивость синхронизации) [7, 8].

Четкость ТВ изображения количественно характеризует разрешающую способность ТВ системы и оценивается максимальным числом темных и светлых штрихов (линий), которые еще можно различать на ТВ изображении при данных условиях наблюдения. Четкость тем больше, чем выше резкость (воспроизведение границ яркостных переходов) и детальность (воспроизведение одиночных деталей малой протяженности). Наиболее важным параметром является резкость. Это связано с тем, что глаз наиболее “остро” реагирует на искажения очень часто встречающихся яркостных скачков.

Четкость по горизонтали определяется полосой частот, пропускаемой телевизионным каналом, и его переходной характеристикой в области малых времен (верхних видеочастот). Четкость по вертикали определяется числом строк, на которое разлагается изображение. Четкость в обоих направлениях зависит также от яркости и контрастности изображения, конечного размера и формы апертуры считывающего и воспроизводящего лучей и ряда других факторов. Разрешающая способность оценивается по штриховым мирам в виде штриховых клиньев, зонных решеток и групп параллельных штрихов. Это осуществляется по числовым отметкам, соответствующим максимально различному числу строк разложения.

Искажения переходной характеристики в области малых времен приводят к искажениям фронтов импульсов (ухудшение резкости и появление окантовок),

в области средних времен – к перекосу (подъему или спаду) плоской части (вершины) импульса (горизонтально тянущиеся продолжения), а в области больших времен – к вертикальным тянущимся продолжениям. Эти искажения обнаруживаются при относительной величине выброса (или перекоса) не менее 3...5%. Тянущиеся продолжения оцениваются по черным прямоугольникам разной протяженности.

Контраст характеризуется отношением яркости наиболее светлых участков изображения к яркости наиболее темных участков. Его величина зависит от размеров и взаимного расположения темных и светлых мест изображения. При контрастности в крупных деталях порядка 30 изображение оценивается как хорошее, при увеличении до 100 качество изображения значительно улучшается.

Количество воспроизводимых градаций яркости, т.е. число ступеней серого цвета в интервале между максимальной и минимальной яркостями, отчетливо наблюдаемыми на экране, позволяет судить о правильной передаче полутонов серого на изображении. Оценка производится по градационным клиньям, состоящим из равномерных полутоновых полей, непрерывно следующих друг за другом (в центральном круге ИТ-72). Для хорошего качества изображения на экране должны воспроизводиться не менее 8 градаций яркости.

Количество воспроизводимых градаций яркости при правильно установленных яркости и контрастности изображения зависит от амплитудной характеристики тракта и модуляционной характеристики кинескопа.

Телевизионная система должна обеспечить геометрическое подобие воспринимаемого зрителем масштабного измененного изображения относительно соответствующей части оригинала или относительно первоначально передаваемого изображения, под которым понимается изображение на светочувствительной поверхности передающей трубки. Нарушение геометрического подобия связано с искажениями телевизионного изображения, которые из-за различного характера их зрительного восприятия принято разделять на нелинейные и геометрические.

Проверка нелинейных и геометрических искажений раstra производится по элементам, имеющим правильную геометрическую форму (окружности, квадраты и т.п.). Нелинейные искажения возникают вследствие непостоянства скорости развертывающего луча передающей или приемной трубки во время прямого хода строчной (кадровой) развертки, что приводит к растягиванию или сужению отдельных участков раstra по горизонтали (вертикали). Практически нелинейные искажения оцениваются коэффициентом нелинейных искажений:

$$K_n = [2 (a_{\max} - a_{\min}) / (a_{\max} + a_{\min})] 100, \% \quad (1.1)$$

где a_{\max} и a_{\min} – соответственно ширина или высота наиболее широкого и наиболее узкого квадратов на ИТ или на испытательном изображении типа сетчатого или шахматного поля.

При $K_n < 5\%$ нелинейные искажения визуально обычно не обнаруживаются.

Геометрические искажения раstra возникают вследствие неравенства радиуса кривизны экрана радиусу отклонения электронного луча в кинескопе, а также из-за дефектов сборки кинескопа и отклоняющей системы. Эти искажения приводят к нарушению прямоугольности раstra, а также к искривлению краев раstra и прямых линий воспроизводимого изображения. Принято различать геометрические искажения следующих типов: “бочка”, “подушка”, “трапеция” и “параллелограмм”.

Геометрические искажения возникают также при плохой фильтрации питающих напряжений и неисправностях выпрямителей питания и проявляются в искривлении вертикальных линий изображения и смещении строк раstra.

Интенсивность повторных изображений (многоконтурность) легко обнаруживается по появлению светлых и темных штрихов справа от одиночных штрихов (в квадратах В-2, 7, Г-2, 7 на ИТ-72).

Качество чересстрочной развертки, характеризуемое взаимным расположением строк четного и нечетного полей, оценивают по степени изломанности черных наклонных линий (треугольников), расположенных в квадратах Е-4, 5 на ИТ-72.

В связи с отсутствием интегрального критерия качества ТВ изображения оценка его производится путем субъективных экспертиз. Для этого широко применяются 5-балльные шкалы оценок (таблица 1.1), рекомендованные МСЭ-Р [7].

Таблица 1.1 – Шкалы оценок качества

Балл	Оценка качества	
	Шкала качества	Шкала ухудшения
5	отлично	незаметно
4	хорошо	заметно, но не мешает
3	удовлетворительно	немного мешает
2	плохо	мешает
1	очень плохо	сильно мешает

3. Описание лабораторной установки

В лаборатории имеется 8 однотипных учебных столов, оборудованных комплектом лабораторных работ для фронтального их проведения. Полный ТВ сигнал по коаксиальным кабелям подается на столы по видеочастоте от центрального пульта – аудиторного ТВ комплекса АТК (переключатель SA1 – в положениях 1 или 2) или от генератора испытательных ТВ сигналов ГИТС (SA1 – в положении 3), установленного на каждом столе. От АТК (SA1 → 1) может быть подан один из следующих ТВ сигналов: от эпи- или диапроектора, видеомагнитофона, комплексного ТВ генератора или прикладной ТВ установки, либо сигнал любой из вещательной ТВ программ (SA1 → 2).

В состав макета лабораторной работы №1 входят также: набор фильтров с разными АЧХ и ФЧХ для исследования влияния линейных искажений на качество ТВ изображения; видеоконтрольные устройства – черно-белое (ВКУ) и цветное (ЦВКУ); ТВ осциллограф С9-1 (или С1-81); генераторы флуктуационных шумов, импульсных помех, синусоидальных и прямоугольных периодических колебаний.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовка к измерениям

После уяснения цели и содержания работы, сдачи коллоквиума включить макет, осциллограф, ВКУ и ГИТС.

4.2. Проведение измерений

4.2.1. Исследование сигналов от ГИТС (SA1 – в положении 3):

1). Поочередно подавая различные сигналы ГИТС (с № 1 по № 10), уяснить взаимосвязь между формой ТВ сигнала на осциллографе и характером получаемого изображения на ВКУ. Сигналы № 5...№ 10 наблюдать с включенным ФНЧ 0...2 МГц на осциллографе.

Зарисовать форму ТВ сигнала № 2 в масштабе строки и объяснить изменение осциллограммы сигнала при включении ФНЧ осциллографа (развертка – в ждущем режиме, синхронизация – от строк).

Пояснить причину уменьшения количества воспроизводимых градаций яркости при уменьшении яркости на ВКУ.

2). Включить сигнал №6 или №7 и ФНЧ. Измерить и отметить на осциллограмме длительность и период следования ССИ и СГИ (синхронизация – от строк).

3). Измерить период следования и длительность КСИ и КГИ (синхронизация – от БВС, длительность развертки – 2 мс/см и 0,2 мс/см). Зарисовать осциллограммы сигналов в области КСИ для I и II полей (длительность развертки – 50 мкс/см, выбор номера поля осуществляется на блоке выделения строки).

4). Исследовать в масштабе строки сигналы № 3 (создает 8 вертикальных полос от белой до черной) и № 4 (создает 8 вертикальных цветных полос). Зарисовать друг под другом осциллограммы четырех сигналов: № 3 (ФНЧ осциллографа отключен), № 4 (ФНЧ отключен), № 4 (ФНЧ включен) и № 4 (включен ПФ 3...5 МГц). Объяснить состав сигналов и различие между первой и третьей осциллограммами (синхронизация – от строк).

5). Включить сигнал №9 и зарисовать осциллограмму сигнала в масштабе кадра (ФНЧ включен, синхронизация – от поля). Объяснить характер получаемого изображения.

4.2.2. Исследование сигнала от АТК (SA1 – в положении 1). Зарисовать форму ТВ сигнала в масштабе строки и измерить (в отн.ед.) уровни гашения и черного, приняв уровень синхронизации за нуль, а уровень белого – за единицу.

4.2.3. Исследование взаимосвязи между частотой сигнала и характером воспроизводимого изображения (SA2 → 10, SA3 → 1).

Подать сигнал от генератора НЧ. Определить: а) при каких соотношениях между частотами сигнала f_C и полей $f_{пол}$ на экране ВКУ будут воспроизводиться горизонтальные полосы; б) при каких соотношениях между частотами f_C и $f_{стр}$ будут вертикальные полосы; в) при каких соотношениях между частотами f_C и $f_{пол}$, f_C и $f_{стр}$ будут наклонные полосы; г) пояснить, как связано число полос на экране ВКУ с частотой сигнала, например, сколько полос будет на экране при подаче импульса с периодом 5 мс ($f_C = 200$ Гц).

4.2.4. Исследование влияния помех и шумов

Зарисовать осциллограммы помех и шумов (SA2 → 10, SA3 – в положениях соответственно 2 и 3). Подать на вход ВКУ сигнал ТВ программы (SA1 → 2, SA2 → 1) и помехи (или шумы) от соответствующего генератора, пояснить их влияние на воспроизводимое изображение.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) осциллограммы ТВ сигналов с указанием их параметров;
- 2) результаты измерений по п.4.2.1...4.2.5 и соответствующие объяснения.

Данные по параметрам ТВ сигнала сравнить с расчетными значениями.

6. Вопросы для самопроверки

1. На чем основано образование сигналов в ТВ?
2. Объясните назначение СИ.
3. Какую роль выполняют ГИ?
4. Каким образом передаются СИ в полном телевизионном сигнале?
5. Объясните состав полного телевизионного сигнала.
6. Поясните принцип нумерации строк в кадре.
7. Объясните размещение ССИ в интервале СГИ.
8. С какой целью сделаны врезки в КСИ?
9. Объясните назначение уравнивающих импульсов.
10. Как используются свободные строки в интервале КГИ?
11. Какие причины могут привести к ухудшению чересстрочности раstra?
12. По каким параметрам производится оценка качества телевизионного изображения?
13. Какие искажения переходной характеристики вызывают:
 - а) ухудшение резкости;
 - б) появление окантовок;
 - в) появление тянущихся продолжений.
14. Поясните природу геометрических и нелинейных искажений раstra.
15. Какие причины могут привести к уменьшению количества воспроизводимых градаций яркости?
16. Что такое и как определяется четкость телевизионного изображения?
17. Какие искажения АЧХ тракта приводят к ухудшению резкости изображения?
18. Одинаково ли изменится четкость телевизионного изображения (по горизонтали и вертикали) при сокращении полосы пропускания тракта со стороны верхних частот?

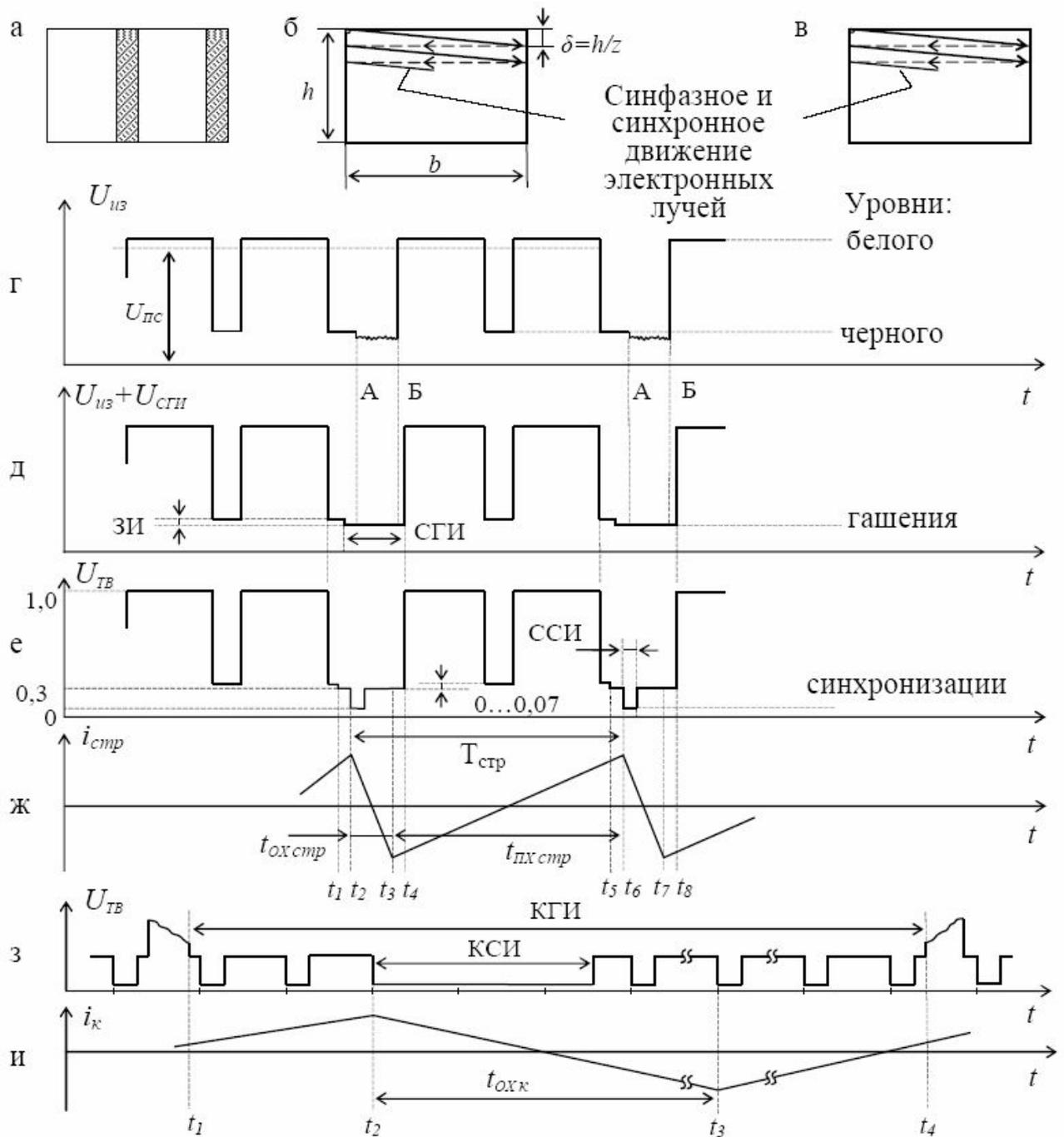


Рисунок 1.2 – Осциллограммы, поясняющие формирование полного телевизионного сигнала

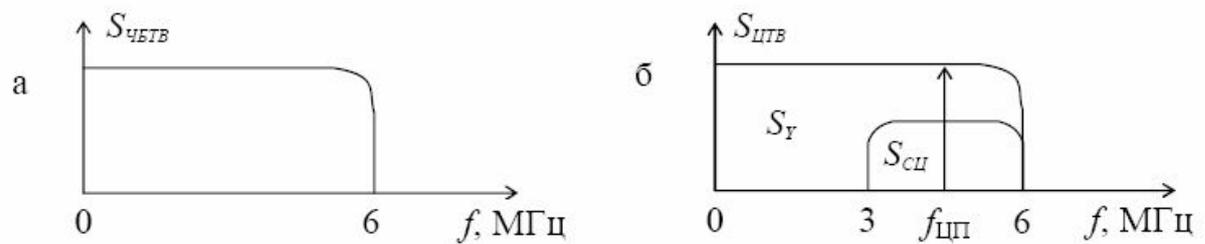


Рисунок 1.3 – Полоса частот, занимаемая сигналами черно-белого (а) и цветного (б) телевидения

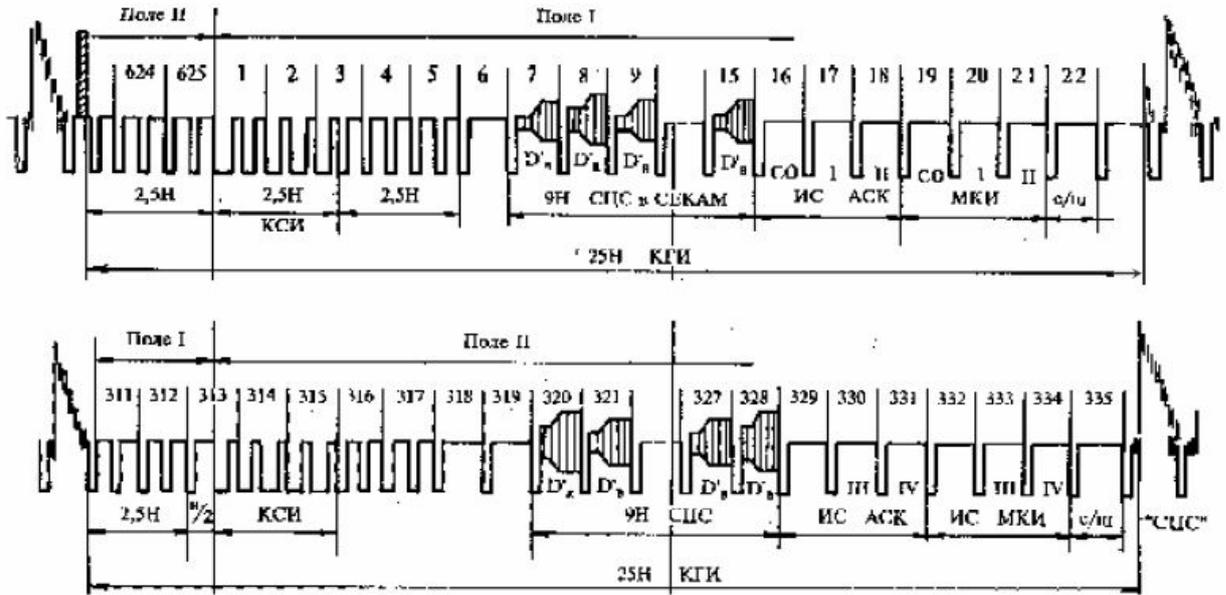


Рисунок 1.4 – Осциллограммы полного ТВ сигнала в интервалах КГИ

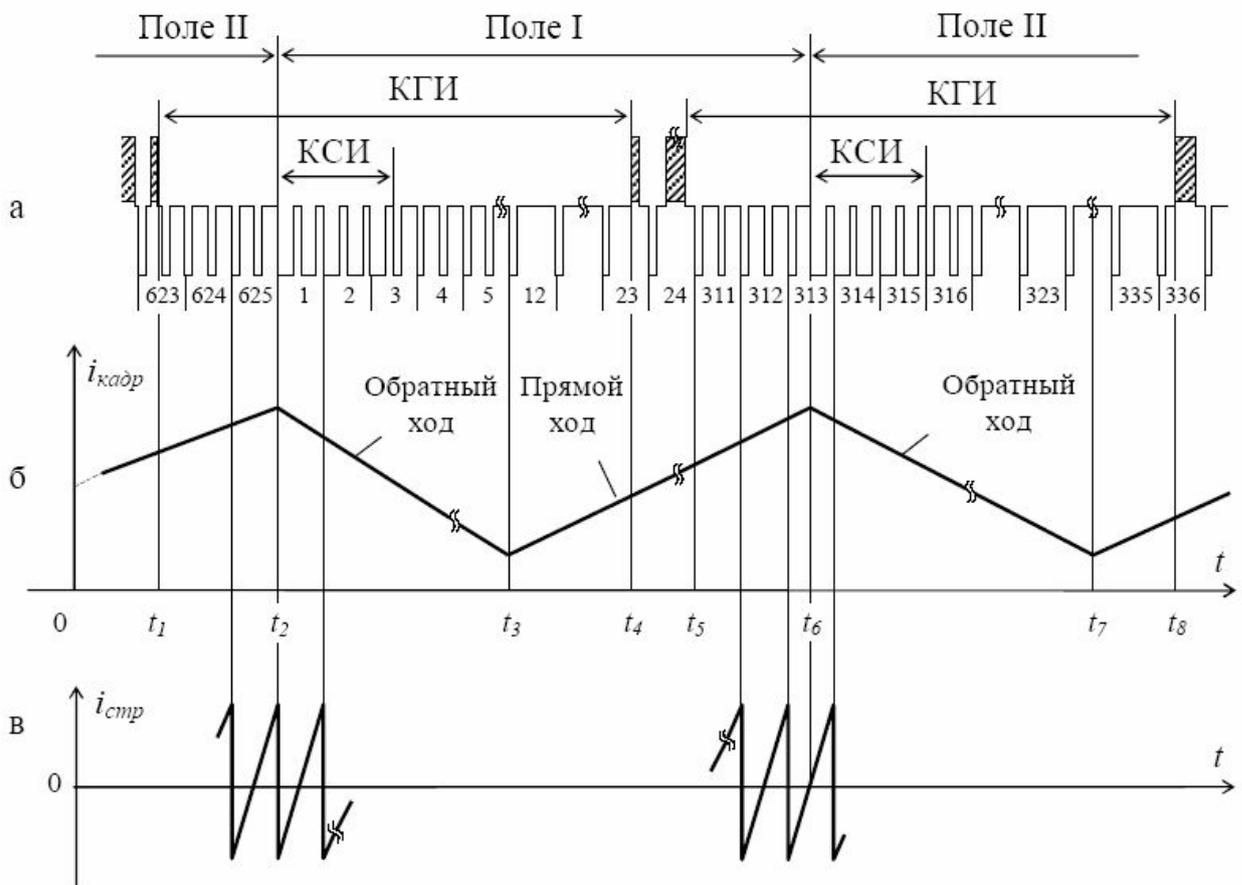


Рисунок 1.5 – Осциллограммы полного ТВ сигнала (а) и токов в кадровых (б) и строчных (в) отклоняющих катушках

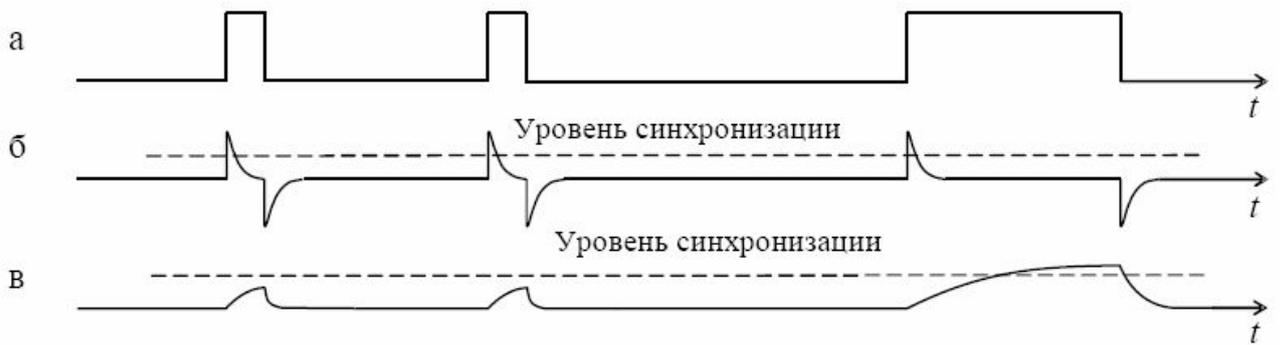


Рисунок 1.6 – Осциллограммы сигналов, поясняющие разделение СИ на ССИ и КСИ

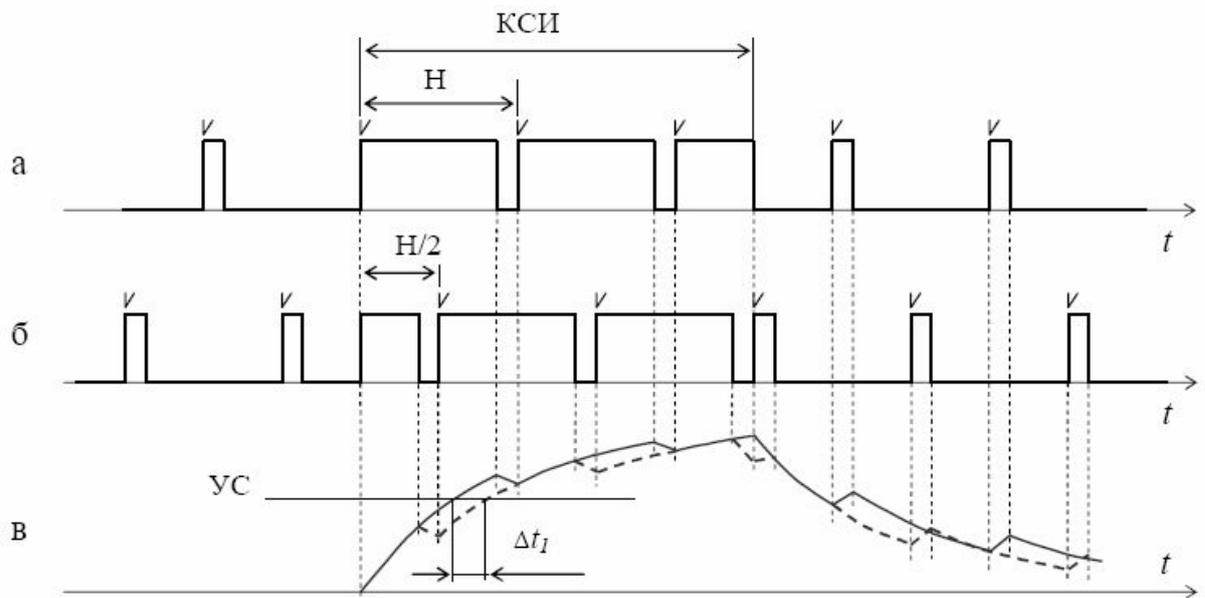


Рисунок 1.7 – Осциллограммы сигналов, поясняющие необходимость врезок в КСИ с двойной строчной частотой

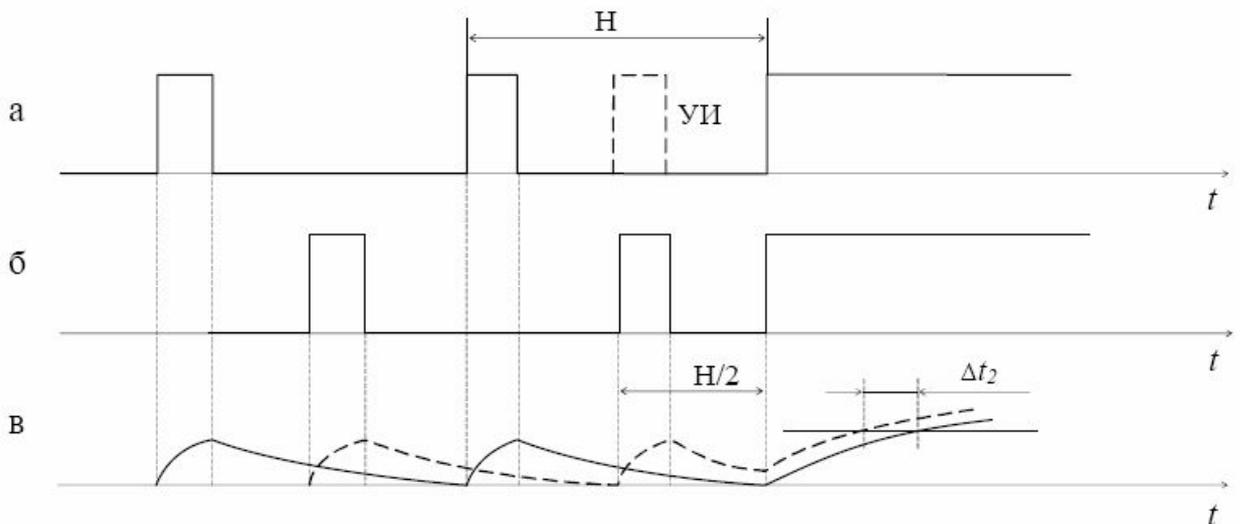


Рисунок 1.8 – Осциллограммы сигналов, поясняющие необходимость уравнивающих импульсов

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТРОВ

1. Цели работы

Ознакомление с элементами синхрогенератора и условиями получения чересстрочного разложения; исследование методов формирования построчного и чересстрочного растров.

2. Краткие теоретические сведения

Соотношение между частотами строк $f_{стр}$ и полей $f_{пол}$ в синхрогенераторе устанавливается таким, чтобы обеспечивалось формирование чересстрочного раstra. Применение во всех стандартах вещательного телевидения чересстрочной развертки можно объяснить следующим образом [3...5].

Высшая частота спектра видеосигнала достаточно точно определяется выражением

$$f_B = p k z_k^2 n / 2 = p k z_k^2 f_k / 2, \quad (2.1)$$

где p – коэффициент Келла, равный 0,92 [4];

$k = 4/3$ – формат кадра;

z_k – количество строк в кадре;

n – количество кадров в секунду, т.е. частота кадров f_k .

Подставляя в (2.1) значения $z_k = 625$ и $f_k = 50$ Гц, выбранные исходя из пространственной и временной разрешающей способности зрения, получим $f_B = 12$ МГц. Если видеосигнал передается без постоянной составляющей, то низшая частота его спектра $f_H = 50$ Гц. Обработка и передача видеосигнала со столь широкой полосой частот представляют значительные трудности, которые усугубляются проблемой "тесноты" в эфире.

Сокращать полосу частот путем уменьшения количества строк разложения z_k нежелательно, так как это приведет к понижению четкости телевизионного изображения и заметности строчной структуры раstra. Частоту кадров также нельзя уменьшить, поскольку она выбирается из условия отсутствия яркостных мельканий.

Однако использование особенностей зрительного восприятия мельканий позволяет сократить ширину спектра видеосигнала. Эта особенность состоит в

том, что критическая частота мельканий практически не зависит от четкости изображения ($f_{кр} \neq \varphi(z)$) и снижается с уменьшением размеров изображения.

Указанные свойства зрения нашли отражение в чересстрочной развертке с кратностью 2:1, при которой каждый кадр изображения передается двумя полукадрами (полями). Вначале передаются нечетные строки – первое поле, а затем четные – второе поле. Два последовательных поля образуют один кадр с полной четкостью. Если частоту передачи полей выбрать больше критической частоты мельканий, например $f_{пол} = 50$ Гц, то изображение будет казаться слитным, без яркостных мельканий. Следствием чересстрочной развертки является уменьшение вдвое частоты кадров, что, как видно из (2.1), ведет к сокращению в два раза ширины спектра видеосигнала. Создаваемые в результате перемежения строк двух полей межстрочные яркостные мелькания с частотой кадров практически незаметны в силу приведенного выше свойства зрения.

Дальнейшее сокращение ширины спектра путем применения чересстрочного разложения с кратностью 3:1 или 4:1 нецелесообразно потому, что:

становятся заметными межстрочные яркостные мелькания (при кратности 4:1 $f_m = f_k = 12,5$ Гц);

уменьшается четкость изображения объектов, движущихся в вертикальном направлении;

появляется эффект скольжения строк – изображение будет как бы перемещаться по вертикали в пределах одного кадра.

Чересстрочная развертка с кратностью 2:1 обеспечивается при выполнении двух условий. Количество строк в кадре должно быть нечетным

$$z_k = 2m + 1, \quad (2.2)$$

где m – любое число (для отечественного стандарта $m = 312$).

Это необходимо для того, чтобы в каждом поле прочерчивалось $z_k / 2$ строк и, следовательно, происходило перемежение строк двух полей. Второе условие устанавливает связь между частотами строк и полей

$$f_{стр} = (z_k / 2) f_{пол}. \quad (2.3)$$

Для получения построчного разложения необходимо выполнить условие

$$f_{стр} = z_k f_k \quad (2.4)$$

при любом (четном или нечетном) количестве строк в кадре.

Жесткая связь между частотами строк и полей (кадров) осуществляется за счет применения в синхрогенераторе – генераторе синхроимпульсов (ГС) общего задающего генератора, работающего при построчной развертке на частоте $f_{Г} = f_{стр}$, как это следует из (2.4). Для получения частоты кадров применяют деление частоты строк на z_k (рисунок 2.1).

При чересстрочной развертке получение частоты $f_{пол}$ согласно (2.3) связано с делением частоты $f_{стр}$ на дробный коэффициент деления $z_k / 2$, так как число строк в кадре z_k нечетное. Способов же деления частоты в дробное число раз не существует. Однако, если (2.3) записать в виде

$$2f_{стр} = z_k f_{пол}, \quad (2.5)$$

то из этого выражения следует, что задающий генератор должен работать на удвоенной частоте строк $f_{Г} = 2f_{стр}$, а путем ее деления на 2 и z_k можно получить соответственно частоту строк и полей (рисунок 2.2).

Общая упрощенная структурная схема ГС приведена на рисунке 2.3 и содержит задающий генератор с делителями частоты для получения импульсов с частотой строк и полей, которые являются опорными для работы формирующего устройства (ФУ). Построение схемы получения опорных импульсов зависит от назначения ГС – для работы с аппаратурой черно-белого или цветного телевидения, в синхронном или несинхронном режиме с частотой сети, в ведомом режиме по сигналу другого телецентра.

Режим, синхронный с сетью, может применяться только в аппаратуре черно-белого телевидения. Этому режиму соответствует изображенное на рисунке 2.3 положение переключателей $П_1$ и $П_2$. Напряжение сети (фоновая помеха) создает на изображении широкую горизонтальную темную и светлую полосы. Если частота полей равна частоте сети, что обеспечивается с помощью схемы ФАПЧ, то полосы малозаметны, вернее, не раздражают зрителя, поскольку они неподвижны. При малейшем расхождении этих частот изображение помехи начинает перемещаться по вертикали и заметность ее резко возрастает. Системы, синхронные с сетью, естественно, позволяют уменьшить заметность помех только синхронных с частотой полей, т.е. возникающих от воздействия той же сети, которая питает и передающее оборудование. Однако при междугородном или международном обмене телевизионными программами могут возникнуть несинхронные помехи при питании передающей аппаратуры и телевизионных приемников от разных энергосистем, а также от автономных источников электропитания промежуточных станций радиорелейных линий. Следовательно, режим,

синхронный с сетью, не обеспечивает во всех случаях снижение заметности помех от сети переменного напряжения. Поэтому предусматриваются специальные меры для предотвращения попадания помех от сети в канал изображения.

В системах цветного телевидения (ЦТВ) режим, синхронный с сетью, исключается. Объясняется это тем, что в этих системах между поднесущей частотой (на которой передается информация о цветности) и частотой строк устанавливается определенное соотношение с целью уменьшения заметности поднесущей на экранах черно-белых телевизоров.

В системе ЦТВ СЕКАМ частота немодулированной поднесущей, вырабатываемой частотно-модулируемым генератором (ЧМГ), должна равняться четной гармонике строчной частоты: в одной строке частота покоя ЧМГ $f_{0B} = 272f_{cmp}$, а в другой – $f_{0R} = 282f_{cmp}$ [4, 6]. Такое соотношение устанавливается точно путем поочередной по строкам подстройки частоты ЧМГ во время задних площадок СГИ под частоту эталонных кварцевых генераторов. В качестве последних применяются кварцевые резонаторы, возбуждаемые импульсами строчной частоты и настроенные на частоты f_{0R} и f_{0B} (см. рисунок 2.3).

Наиболее сложной частью ГС является формирующее устройство, предназначенное для формирования всех импульсов, необходимых для работы телевизионной аппаратуры. Существуют различные методы построения формирующих устройств в зависимости от применяемых элементов и требований к параметрам импульсов, оговариваемых стандартом [2].

Задающий генератор в ГС является генератором синусоидальных колебаний, работающим на частоте $f_{Г} = 2f_{cmp} = 31250$ Гц (или на более высокой кратной $2f_{cmp}$ частоте) для отечественного стандарта разложения. Синусоидальное колебание путем ограничения преобразуется в прямоугольные импульсы, частота которых затем делится на 2 и 625 для получения импульсов соответственно с частотой строк и полей. При синхронизации указанными импульсами разверток телевизионной передающей и приемной аппаратуры обеспечивается формирование чересстрочного раstra.

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой упрощенный макет синхрогенератора, структурная схема которого приведена на рисунке 2.4. С целью упрощения лабораторной установки и достижения наглядности сформированные на выходе ГС импульсы с частотой строк и полей преобразуются в пилообразные

напряжения, которые используются в качестве развертывающих для получения раstra с небольшим числом строк на экране осциллографа.

4. Порядок выполнения работы

4.1. После уяснения цели и содержания работы, изучения структурной схемы установки необходимо получить у преподавателя разрешение на выполнение лабораторной работы, включить макет и осциллограф.

4.2. Получение растров

4.2.1. На экране осциллографа получить чересстрочный растр с числом строк в кадре $z_K = 25$ и кратностью 2:1. Для этого:

а) переключателем SA1 на макете установить коэффициент деления делителя частоты в канале $K_X = 2$, переключатель SA2 установить в положение “Y(растр)”;

б) выключить внутреннюю развертку осциллографа, перевести его в режим внешней синхронизации и подать на вход усилителя горизонтального отклонения пилообразное напряжение строчной частоты от гнезда “X” макета, а на вход усилителя вертикального отклонения – пилообразное напряжение частоты полей от гнезда “Y”;

в) вращением движка переменного резистора R1 скорректировать горизонтальный размер осциллограммы, зарисовать форму полученного раstra.

4.2.2. Получить растры с другими параметрами разложения. Для этого:

а) с помощью переключателя SA1 последовательно установить в цепи “X” кратность деления, равную 1, 3, 4...10, зарисовать формы полученных растров, пояснить их характер (построчный, чересстрочный), указать параметры разложения (количество строк в поле и кадре, кратность разложения), определить частоту полей, кадров и строк;

б) зарисовать осциллограммы во всех контрольных точках схемы при одном из значений кратности деления в цепи “X”;

в) определить полосу частот, которую будет занимать видеосигнал на выходе телевизионной камеры, устройства развертки которой синхронизируются от данного синхрогенератора.

4.3. Установить взаимосвязь между изменениями формы раstra и сигналов в контрольных точках “Y” и “X” при переключении тумблера SW1 и изменениями положения движка резистора R1.

Результаты измерений свести в таблицу:

K_X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_k										
$z_{пол}$										
$f_{стр}, \text{Гц}$										
$f_{пол}, \text{Гц}$										
$f_k, \text{Гц}$										
Вид развертки										
Кратность										
$f_B, \text{кГц}$										

5. Содержание отчета

1. Результаты экспериментов по получению растров (п.п. 4.2.1 и 4.2.2, а).
2. Осциллограммы сигналов в контрольных точках (п. 4.2.2, б).
3. Результаты расчета верхней частоты спектра видеосигнала (п. 4.2.2, в).
4. Выводы по п. 4.3.

6. Вопросы для самопроверки

1. Объясните назначение синхрогенератора. Какие сигналы вырабатывает синхрогенератор?
2. Почему в вещательном телевидении применяется исключительно чересстрочная развертка?
3. Назовите необходимые и достаточные условия обеспечения чересстрочности раstra.
4. Каким образом обеспечивается жесткая связь между частотами строк и полей?
5. Почему задающий генератор в синхрогенераторе должен работать на двойной строчной частоте для получения чересстрочного раstra?
6. В каких режимах может работать ГС в черно-белом и цветном телевидении?
7. В каком режиме работы ГС в черно-белом телевидении уменьшается заметность помех от сети переменного напряжения?
8. В чем состоит особенность работы ГС в цветном телевидении?
9. В исходном состоянии $K_Y = 2$, $K_X = 625$. Определите число строк в растре, если коэффициент деления одного из делителей (K_Y или K_X) увеличится (уменьшится) на единицу.

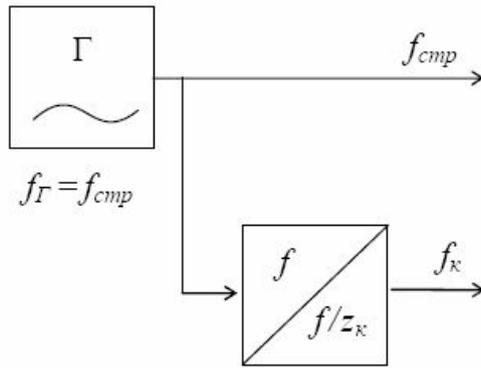


Рисунок 2.1 – Схема деления частоты в ГС при построчной развертке

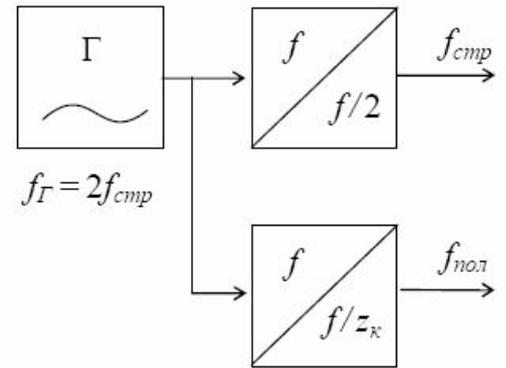


Рисунок 2.2 – Схема деления частоты в ГС при чересстрочной развертке

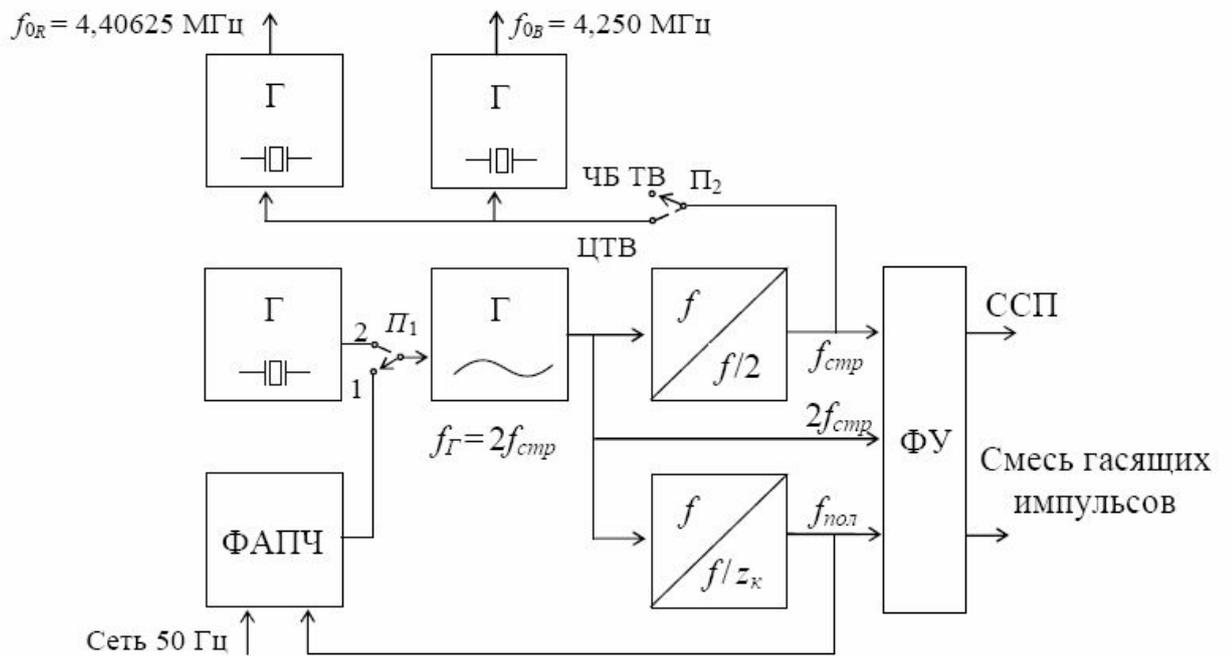


Рисунок 2.3 – Обобщенная структурная схема ГС

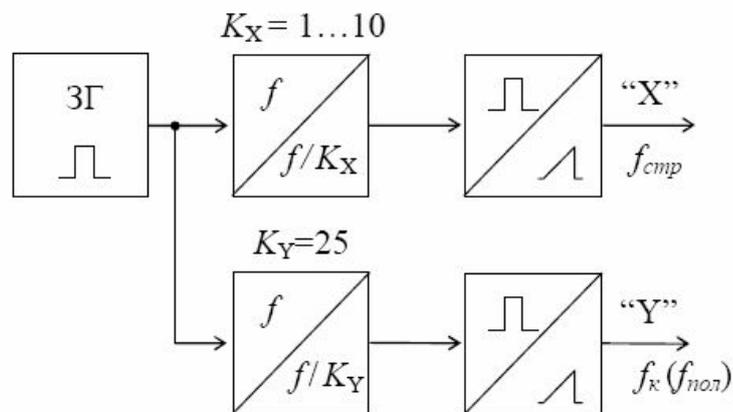


Рисунок 2.4 – Структурная схема лабораторного макета

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ НА КАЧЕСТВО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

1. Цели работы

Изучение характера влияния периодических, импульсных (непериодических) и флуктуационных помех на качество телевизионного изображения. Измерение отношения сигнала к помехе. Исследование заметности периодической помехи в зависимости от соотношения между частотами помехи и развертки. Учет визуального восприятия помех при их измерении. Расчет затуханий, вносимых взвешивающим фильтром, для нескольких типов помех.

2. Краткие теоретические сведения

Среди многих параметров и характеристик ТВ системы, от которых зависит качество воспроизводимого изображения, важным является помехозащищенность, оцениваемая отношением сигнала к помехе (ОСП), которое измеряется в тракте передачи видеосигналов, т.е. до модулятора на передающей стороне ТВ системы или после видеодетектора приемника¹. Поэтому необходимо понимать характер влияния различных помех на качество изображения и правильно измерять ОСП.

Виды помех. Помехи по-разному проявляют себя в ТВ тракте и на изображении. В зависимости от характера воздействия на сигнал различают аддитивные и мультипликативные помехи. Аддитивные помехи, проникая в тракт, суммируются с ТВ сигналом, мультипликативные – возникают только в процессе передачи ТВ сигнала и вызывают регулярные или нерегулярные изменения коэффициента передачи канала (уровня сигнала). В первом случае ТВ сигнал на выходе тракта (или какого-либо устройства) можно записать в виде $U_{ТВ}^*(t) = U_{ТВ}(t) + U_{ном}(t)$, во втором – $U_{ТВ}^*(t) = U_{ТВ}(t) \cdot r(t)$, где $r(t)$ – множитель, учитывающий влияние мультипликативной помехи (например, замираний, возникающих при распространении радиосигнала).

В ТВ тракте существуют три основных вида помех: периодические, импульсные (непериодические) и флуктуационные. Первый и второй виды помех

¹ В трактах передачи модулированного сигнала (т.е. между выходом модулятора и входом детектора) нормируют и измеряют отношение несущая/шум.

порождаются преимущественно внешними устройствами. При этом, если они создаются непреднамеренно во время работы различных электрических и радиоустройств, их считают индустриальными радиопомехами. Источниками таких помех могут быть другие радиостанции, в том числе и телевизионные (например помехи от соседних и зеркальных каналов), электродвигатели транспортных средств и бытовых приборов и т.п.

Уровень таких помех особенно высок в городах, поэтому все предприятия и организации, на которых изготавливаются или эксплуатируются приборы и оборудование, являющиеся источниками радиопомех, обязаны принимать меры по их ослаблению до уровня, соответствующего нормам Государственной инспекции по электросвязи (БелГИЭ).

Флуктуационные помехи (шумы) обусловлены дискретной природой электрического тока, т.е. являются внутренними помехами ТВ системы.

Полезные сигналы при определенных обстоятельствах порождают помехи, которые описываются как сигналы. К ним относятся эхо-сигналы, обусловленные многолучевым приемом прямого и отраженных радиотелевизионных сигналов, а также рассогласованием в линии связи; перекрестные помехи между сигналами яркости и цветности, вызванные их совместной передачей в общей полосе частот и плохим разделением в приемнике.

При преобразовании аналогового сигнала в цифровой в связи с ограниченным числом уровней квантования появляются помехи, получившие название шумы квантования.

ОСП. В ТВ под отношением сигнала к флуктуационной помехе $\psi_{эф}$ (периодической помехе ψ_n) понимают отношение размаха ТВ сигнала U_C между контрольными уровнями черного и белого к эффективному значению помехи $U_{n\text{эф}}$ (максимальному размаху помехи U_n) в рабочей полосе видеочастот, которое выражают в децибелах [4, 7, 8]:

$$\psi_{эф} = 20 \lg U_C / U_{n\text{эф}}, \quad (3.1)$$

$$\psi_n = 20 \lg U_C / U_n. \quad (3.2)$$

Визуальное восприятие помех зависит от ряда факторов, основным из которых является характер распределения помех по спектру: низкочастотные помехи более заметны, чем высокочастотные той же мощности. Это объясняется тем, что зрительная система является пространственно-временным фильтром нижних частот [3, 4]. Менее заметна также помеха, создающая неподвижный узор на изображении. Ослабление восприятия высокочастотных составляющих

помех происходит потому, что зрительная система сглаживает выбросы помех, имеет пониженную контрастную чувствительность при наличии помех, а также вследствие сглаживающего действия послесвечения люминофора экрана.

Восприятие помех зависит и от яркости участков экрана (уровня ТВ сигнала): наиболее заметны помехи на уровне серого, что объясняется зависимостью контрастной чувствительности зрения от яркости (в силу закона Вебера-Фехнера глаз реагирует не на абсолютное изменение яркости, а на относительное) [3, 4].

Влияние периодических помех. В зависимости от соотношения частот помехи $f_{ном}$, полей $f_{пол}$ и строк $f_{стр}$ они могут по-разному проявляться на изображении (m и n – целые числа):

$f_{ном} < f_{пол}$ – в виде периодических изменений яркости всего изображения с разностной частотой;

$f_{ном} < f_{стр}$, $f_{ном} = nf_{пол}$ – в виде неподвижных чередующихся горизонтальных темных и светлых полос;

$f_{ном} < f_{стр}$, $f_{ном} \neq nf_{пол}$ – в виде горизонтальных полос, перемещающихся вверх или вниз по экрану;

$f_{ном} > f_{стр}$, $f_{ном} = mf_{стр}$ – в виде неподвижных вертикальных полос;

$f_{ном} > f_{стр}$, $f_{ном} \neq mf_{стр}$, $f_{ном} = nf_{пол}$ – в виде неподвижных чередующихся наклонных темных и светлых полос;

$f_{ном} > f_{стр}$, $f_{ном} \neq mf_{стр}$, $f_{ном} \neq nf_{пол}$ – в виде наклонных темных и светлых полос, перемещающихся по экрану.

Периодические помехи могут создаваться и непосредственно в тракте передачи ТВ сигнала, например, при преобразовании частот в аппаратуре линии связи и в ТВ приемниках. Особое место занимают низкочастотные периодические помехи, проникающие в ТВ сигнал и в развертывающие устройства из цепей электропитания. Периодическую помеху с частотой питающей сети и с частотами ее гармоник до 1 кГц называют фоновой помехой.

Зависимости $\psi_n = \varphi(f)$ для черно-белых ТВ изображений показаны на рисунке 3.1, а – в; для системы ЦТВ СЕКАМ от немодулированной синусоидальной помехи – на рисунке 3.1, г.

Фоновая помеха, частота которой $f_{\phi} = f_{пол}$, едва заметна на изображении при $\psi_n \geq 14$ дБ, так как она создает неподвижный узор; если $f_{\phi} = f_{пол} \pm (6 \dots 8)$ Гц, то та же степень заметности обеспечивается при $\psi_n = 43$ дБ (см. рисунок 3.1, б). При этом заметность периодических импульсных помех той же мощности больше (см. рисунок 3.1, в). Для того чтобы фоновая помеха не искажала цветное изображение, ψ_n должно быть не менее 46 дБ.

Известно, что синусоидальная помеха, частота которой кратна нечетной гармонике полустрочной частоты

$$f_{ном} = (2n+1)(f_{cmp} / 2) \quad (3.3)$$

примерно на 20 дБ заметна меньше, чем помеха с частотой $f_{ном} = nf_{cmp}$ [7, 8]. Такая помеха приводит к дополнительному увеличению (например, во время положительных полуволн) и уменьшению (во время отрицательных полуволн) яркости изображения. При этом, как следует из условия (3.3), в течение строки укладывается нецелое число $(n + 1/2)$ периодов (нечетное число полупериодов) помехи, что приводит к изменению на 180° ее фазы от строки к строке. Ввиду нечетного числа строк в кадре фаза синусоидальной помехи изменяется и от кадра к кадру. В результате помеха, отвечающая условию (3.3), создает на ТВ изображении шахматную структуру из светлых и темных точек, которые с каждым кадром меняются местами: на какую величину яркость каждого элемента увеличивается в одном кадре, на столько же в другом она уменьшается. При наблюдении (благодаря инерционности зрения) происходит пространственное и временное усреднение мешающего влияния помехи, т.е. создаваемые ею изображения как бы компенсируют друг друга. Это свойство, называемое самокомпенсацией, используется, например, в цветном телевидении при выборе значения поднесущей частоты, на которой передается информация о цветности.

Влияние импульсных (непериодических) помех. Источники таких помех уже были рассмотрены. НЧ помехи, попадая в тракт ТВ сигнала, приводят к появлению на изображении хаотических горизонтальных полос разной длины в зависимости от параметров помехи.

Влияние флуктуационных помех. Эти помехи имеют широкий спектр частот с практически равномерным распределением энергии (поэтому часто их называют белым шумом по аналогии с белым светом, имеющим равномерное распределение энергии в видимом диапазоне). Они снижают четкость, контраст изображения и количество воспроизводимых градаций яркости. Их действие вызывает у зрителя неприятное ощущение из-за хаотического изменения яркости и цветности мелких участков изображения. Уменьшение четкости происходит потому, что помехи размывают резкие границы в изображении. Действие помех увеличивает яркость темных мест экрана и уменьшает контраст изображения, а также количество различимых градаций яркости. Детали с небольшой контрастностью становятся менее заметными.

Учет визуального восприятия помех при измерении ОСП. Взвешивающий фильтр. В настоящее время при измерении ОСП учитывается только первое из рассмотренных выше свойств зрения: большая заметность НЧ помех, чем ВЧ той же мощности. Если этого не делать, результаты измерений не будут соответствовать визуальной оценке. Рассмотрим пример. Пусть имеются два ТВ канала, на выходах которых ОСП (измеренное прибором) одинаково, но в первом спектр помех спадает с ростом частоты, а во втором, наоборот, растет (мощность помех одинакова в обоих каналах). Ясно, что на экране телевизора, подключенного ко второму каналу, заметность помехи в силу указанного свойства зрения будет меньшей. Следовательно, для полной характеристики помех недостаточно знать только величину ОСП, поскольку при традиционном способе измерений ОСП не учитываются особенности визуального восприятия помех.

Для измерения уровня помех с учетом их видимости вводят понятие электрической модели частотной характеристики глаза, представляемой в виде ФНЧ. АЧХ этого фильтра и определяет относительную степень мешающего действия (“вес”) частотных составляющих помех на различных участках спектра ТВ сигнала, поэтому ее называют весовой функцией помех $\Phi(f)$, а сам фильтр – взвешивающим [3, 7, 8]. В соответствии с рекомендациями МСЭ-Р квадрат АЧХ взвешивающего фильтра при измерениях помех в каналах передачи сигнала черно-белого ТВ, а также в каналах сигналов яркости и основных цветов в цветном телевидении, описывается выражением:

$$\Phi(f)_{\text{ЧБТВ}} = 1 / [1 + (2\pi f\tau)^2], \quad (3.4)$$

где τ – постоянная времени взвешивающего фильтра, мкс;

f – частота, МГц,

а характеристика затухания, выраженная в децибелах (рисунок 3.2, кривая 1)

$$a(f) = 10 \lg 1/\Phi(f) = 10 \lg [1 + (2\pi f\tau)^2]. \quad (3.5)$$

Постоянная времени взвешивающего фильтра для канала передачи сигнала черно-белого ТВ (сигнала яркости ЦТВ) принята равной $\tau = 0,33$ мкс, а для каналов сигналов основных цветов “красного”, “синего” и “зеленого” – соответственно $\tau_R = 0,17$ мкс, $\tau_B = 0,15$ мкс, $\tau_G = 0,21$ мкс.

Мощность помехи определяется по известной спектральной плотности мощности $G_n(f)$:

$$P = \int_{f_n}^{f_в} G_n(f) df, \text{ Вт}, \quad (3.6)$$

где f_n и $f_в$ – нижняя и верхняя частоты ТВ канала.

Если теперь на входе прибора, измеряющего мощность помехи, включить взвешивающий фильтр с АЧХ (3.4), его показания будут соответствовать визуально воспринимаемой мощности помехи $P_{виз}$, которая характеризует видность помехи ($P_{виз}$ – это по сути мощность помехи на выходе некоторого светочувствительного прибора, аналогичного аппарату зрения). Таким образом, мощность помехи на выходе взвешивающего фильтра

$$P_{вых} = P_{взв} = \int_{f_n}^{f_в} G_n(f) \Phi(f) df, \text{ Вт}, \quad (3.7)$$

и равна визуально воспринимаемой $P_{виз}$.

При использовании взвешивающего фильтра, независимо от спектрального состава помех $G_n(f)$, равные результаты измерений $P_{вых}$ будут соответствовать практически одинаковому восприятию флуктуационных помех на изображении.

Затухание, вносимое взвешивающим фильтром, определяется как отношение мощности помехи на входе фильтра $P_{вх}$ (3.6) к мощности помехи на его выходе $P_{вых}$ (3.7):

$$A = 10 \lg \frac{P_{вх}}{P_{вых}} = 10 \lg \frac{\int_{f_n}^{f_в} G_n(f) df}{\int_{f_n}^{f_в} G_n(f) \Phi(f) df}, \text{ дБ}, \quad (3.8)$$

и характеризует эффективность подавления зрительной системой помех на изображении.

В цветном ТВ в ВЧ области спектра полного сигнала (примерно от 3 до 6 МГц) передается информация о цветности. В ТВ приемниках находящиеся в этой полосе частот спектральные составляющие флуктуационных помех демодулируются вместе с сигналом цветности. Продетектированная флуктуационная помеха, являющаяся более низкочастотной (ΔF определяется полосой частот цветоразностных сигналов 0...1,3 МГц) и, следовательно, визуально более заметной, воздействует на изображение совместно с флуктуационной помехой в канале яркости, увеличивая тем самым общий уровень помех. В связи с этим для измерений в трактах передачи полного цветового ТВ сигнала применяется другой взвешивающий фильтр [3, 7, 8]:

$$\Phi(f)_{\text{ЦТВ}} = [1 + (2\pi f\tau/\alpha)^2] / [1 + (2\pi f\tau)^2(1+1/\alpha)^2], \quad (3.9)$$

где $\tau = 0,245$ мкс, $\alpha = 4,5$.

Затухание этого фильтра в ВЧ области (см. рисунок 3.2, кривая 2) меньше, чем фильтра (3.4): при $f \rightarrow \infty$ значение затухания, определяемого по выражению (3.5), равно $a_{\text{ЧБТВ}} \rightarrow 0$, $a_{\text{ЦТВ}} \rightarrow 14,8$ дБ.

Характеристика фильтра (3.9) подобрана таким образом, чтобы его можно было применять для измерений помех при международном обмене ТВ программами, когда по линиям связи передаются сигналы различных систем черно-белого и цветного телевидения. Поэтому фильтр называется универсальным.

Отношение сигнала к взвешенной помехе на выходе фильтра $\psi_{\text{эф взв}}$ определяют суммированием в децибелах ОСП $\psi_{\text{эф}}$ на входе фильтра и затухания A , вносимого взвешивающим фильтром:

$$\psi_{\text{эф взв}} = \psi_{\text{эф}} + A. \quad (3.10)$$

Для наиболее характерных типов помех, например с равномерной или квадратичной спектральной плотностями, затухания A , вносимые взвешивающим фильтром, определены математически, что позволяет упростить процесс измерения $\psi_{\text{эф взв}}$ [7].

Измерение ОСП. Существует много способов измерения ОСП, определяемого выражениями (3.1), (3.2), подробно описанных в [7, 8]. Рассмотрим осциллографический способ, который, однако, позволяет измерять отношение размаха сигнала U_C не к эффективному напряжению флуктуационной помехи $U_{n \text{эф}}$, а к ее размаху – квазипиковому значению U_{kn} :

$$\psi_{kn} = 20 \lg U_C / U_{kn}. \quad (3.11)$$

Под размахом помехи понимают некоторый условный размах светящейся размытой полосы – “шумовой дорожки”, образуемой помехой на экране осциллографа, сверху и снизу которой наблюдаются хаотически возникающие узкие выбросы. При этом, чем больше мгновенные выбросы превышают $U_{n \text{эф}}$, тем они менее вероятны. Отношение квазипикового размаха помехи U_{kn} к эффективному напряжению помехи $U_{n \text{эф}}$ называют пик-фактором:

$$K_n = U_{kn} / U_{n \text{эф}}. \quad (3.12)$$

Величина пик-фактора K_n определена экспериментально и для флуктуационной помехи с нормальным законом распределения считается равной $K_n = 6,5 \dots 7$ (16...17 дБ).

Представление об $U_{n \text{эф}}$ и U_{kn} можно получить, если воспользоваться выражением для распределения плотности вероятности мгновенных значений флуктуационной помехи с нормальным законом и нулевым средним (рисунок 3.3):

$$p(u) = \frac{1}{U_{n \text{эф}} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-0,5 \left(\frac{u}{U_{n \text{эф}}} \right)^2 \right]. \quad (3.13)$$

Тогда при $u = 0$ $p(0) = p_{\max} = \frac{1}{U_{n \text{эф}} \sqrt{2\pi}}$, а при $u = U_{n \text{эф}}$

$$p(U_{n \text{эф}}) = \frac{1}{U_{n \text{эф}} \sqrt{2\pi}} \exp(-0,5), \text{ а их отношение}$$

$$p(U_{n \text{эф}}) / p(0) = \exp(-0,5) = 0,607 = L_{n \text{эф}} / L_{\max}, \quad (3.14)$$

где $L_{n \text{эф}}$ и L_{\max} – средние яркости свечения экрана осциллографа в точках $u = U_{n \text{эф}}$ и $u = 0$.

Действительно, средняя яркость свечения экрана осциллографа вдоль вертикальной оси распределена по тому же закону, что и помеха. Поэтому значение $U_{n \text{эф}}$ можно определить в соответствии с (3.14) фотоэлектрическим преобразователем с узкой горизонтальной щелью, параллельной линии развертки.

Расчет ОСП при измерении с помощью осциллографа ведут по выражению (3.11), а затем, учитывая (3.12), пересчитывают в соответствии с определением (3.1) по выражению:

$$\psi_{\text{эф}} = 20 \lg U_C / (U_{kn} / K_n) = 20 \lg U_C / U_{kn} + 20 \lg K_n = \psi_{kn} + (16 \dots 17), \text{ дБ.} \quad (3.15)$$

Преимущество осциллографического способа – простота, основной недостаток – невысокая точность измерений из-за трудностей четкого определения границ, между которыми следует измерять размах помехи, что ведет к большим расхождениям результатов измерений. Действительно, при $\psi_{\text{эф}} = 40$ дБ (помеха едва заметна) и размахе сигнала на экране осциллографа, равном 50 мм, эффективное напряжение помехи составляет 0,5 мм, а видимый на экране осциллографа размах помехи – примерно 3,5 мм. Если при визуальном отсчете линейных размеров помехи и сигнала ошибка составит всего лишь ± 1 мм, ошибка измерений будет около 6 дБ.

Повысить точность измерений можно путем увеличения масштаба помехи на экране осциллографа. Чтобы при этом не происходило ограничения помехи, наложенной на сигнал, необходимо, например, разделить помеху и сигнал (в макете предусмотрена возможность раздельного измерения размахов сигнала и помехи). Другие методы повышения точности измерений с помощью осциллографа описаны в [7, 8].

Три варианта измерения и расчета ОСП $\psi_{эф}$ И $\psi_{эф\ в3в}$. Первый вариант соответствует сравнению по величине ОСП ТВ систем (или устройств), имеющих одинаковый характер спектра флуктуационных помех (равномерный, квадратичный или другой). В этом случае сравнение достаточно проводить по измеренным величинам $\psi_{эф}$ ($\psi_{кп}$), так как при одинаковом характере спектра помех значения $\psi_{эф\ в3в}$ в двух сравниваемых системах будут отличаться от $\psi_{эф}$ на одну и ту же величину затухания A взвешивающего фильтра.

Во втором варианте характер спектра флуктуационных помех различен, но соответствует типовому или задан математически. Тогда необходимо определить $\psi_{эф\ в3в}$ в каждой системе. Как и в первом варианте измеряют $\psi_{эф}$, а $\psi_{эф\ в3в}$ рассчитывают по (3.10), если затухание A известно для данного типа помех, если нет, то его предварительно определяют по (3.8), зная $G_n(f)$ и $\Phi(f)$.

Третий вариант отличается от второго тем, что зависимости $G_n(f)$ для сравниваемых систем (или устройств) математически не заданы. Для нахождения $\psi_{эф\ в3в}$, как и ранее, сначала определяют $\psi_{эф}$. Затем, аппроксимируя форму кривой спектральной плотности $G_n(f)$ помех, наблюдаемую на анализаторе спектра, получают математическое выражение для $G_n(f)$ и рассчитывают $\psi_{эф\ в3в}$ как во втором варианте. Более простым способом определения $\psi_{эф\ в3в}$ в этом случае является включение взвешивающего фильтра на входе измерительного прибора.

Нормы на ОСП. Связь между ОСП и качеством изображения очевидна: чем выше ОСП, тем лучше качество. Однако количественные соотношения имеют довольно большой разброс [4, 7]. Считается, что изображение отличного качества воспроизводится ТВ системой, ОСП на выходе которой для помех с равномерным спектром выше 46 дБ (200 раз); пороговое значение (помеха едва заметна) – 41...46 дБ; допустимое значение (при котором обеспечивается достаточно высокое качество черно-белого изображения) – 30...40 дБ. При ОСП, равном 40 дБ, количество различимых градаций яркости на 20% меньше, чем при отсутствии помех. Для системы СЕКАМ установлено следующее примерное со-

ответствие между качеством изображения и ОСП: оценка 5 – 40 дБ; 4,5 – 36 дБ; 4 – 30 дБ; 3 – 24 дБ; 2 – 19 дБ и 1 – 14 дБ.

3. Описание лабораторной установки

Источниками ТВ сигналов являются те же датчики, что и в работе № 1. В качестве генератора периодических помех используется внешний генератор, установленный на каждом рабочем месте. Импульсные и флуктуационные помехи генерируются специальными устройствами. Флуктуационные помехи с квадратичным или спадающим спектром имитируются путем пропускания помехи через дифференцирующую или интегрирующую цепочки с соответствующими параметрами.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Расчет затухания

Каждый студент получает индивидуальное задание (в рамках самостоятельной работы) по расчету затухания, вносимого взвешивающим фильтром. Исходными данными для расчетов, выполняемых до проведения лабораторной работы, являются различные аналитические выражения для $G_n(f)$ и $\Phi(f)$.

4.2. Исследование влияния периодических помех на качество ТВ изображения:

4.2.1. Подать на вход ВКУ ТВ сигнал от ГИТС (например, вертикальные полосы) или от АТК вместе с периодической помехой прямоугольной формы частотой 50 Гц, при которой она неподвижна на изображении. Установить на генераторе такое напряжение помехи, при котором она едва заметна или допустима (условие, соблюдаемое при всех измерениях). Качество изображения в соответствии с рекомендациями МСЭ-Р может оцениваться по шкале ухудшений: 5 – помеха незаметна; 4 – заметна, но не мешает; 3 – заметна, немного мешает; 2 – мешает, надоедает; 1 – сильно мешает.

Измерить размахи сигнала, помехи и рассчитать ОСП по выражению (3.2).

Убедиться, что при отклонении частоты помехи от 50 Гц, т.е. при $f_{ном} <> f_{пол}$, заметность перемещающейся помехи возрастает. Измерить ОСП для любых двух частот, отличающихся от 50 Гц на $\pm (1 \dots 5)$ Гц. По результатам трех измерений построить график, аналогичный представленному на рисунке 3.1, в.

Сделать вывод о заметности помех на разных уровнях яркости изображения.

4.2.2. Переключить генератор на формирование синусоидального колебания и произвести измерения, аналогичные п. 4.2.1.

4.2.3. Определить допустимый уровень синусоидальной помехи, частота которой: а) кратна частоте строк, б) удовлетворяет условию (3.3). Объяснить полученный результат.

4.2.4. Аналогично п. 4.2.1 или п. 4.2.2 измерить ОСП при подаче на вход ВКУ ТВ сигнала реального изображения вместе с периодической помехой 50 Гц. Сделать вывод о допустимом уровне помех на реальных и испытательных изображениях.

4.3. Исследование влияния случайных импульсных помех на качество ТВ изображения. Включить генератор импульсных помех и подать их в тракт ТВ сигнала. Изменяя мощность помехи, добиться изображений хорошего и плохого качества, каждый раз измеряя ОСП. Измерить ОСП для реальных и испытательных изображений.

4.4. Исследование влияния флуктуационных помех на качество ТВ изображения:

4.4.1. Измерить ОСП в каждом из ТВ сигналов, поступающих с эфира, АТК и ГИТС соответственно. Расчет невзвешенного ОСП производится по выражению (3.15), взвешенного – по (3.10) в предположении что помеха имеет равномерную спектральную плотность. Если помеха на изображении незаметна, результаты измерений будут соответствовать изображению отличного качества.

4.4.2. Включить генератор флуктуационных помех и подать их в тракт ТВ сигнала, например, от АТК. Изменяя мощность помехи, добиться изображений хорошего и плохого качества, каждый раз измеряя ОСП.

По результатам измерений и расчетов (п. 4.1) определить взвешенное ОСП для трех типов помех: с равномерным, квадратичным и спадающим спектром.

5 Содержание отчета

1. Результаты расчетов – п. 4.1.
2. Результаты исследований – пп. 4.2...4.4 (данные измерений, графики, пояснение результатов измерений и расчетов).

6 Вопросы для самопроверки

1. Какие виды помех наиболее характерны для ТВ трактов?
2. Назовите источники помех и их основные характеристики.

3. Как влияют на качество ТВ изображения периодические, импульсные и флуктуационные помехи?
4. Что понимают под ОСП в телевидении?
5. При каких соотношениях между частотами периодической помехи, строк и полей они создают неподвижные или перемещающиеся полосы?
6. Какие периодические помехи менее заметны: частота которых кратна или не кратна частотам развертки? Приведите пример по результатам измерений.
7. Объясните механизм меньшей заметности синусоидальной помехи, частота которой удовлетворяет условию (3.3).
8. Как зависит визуальное восприятие флуктуационных помех от распределения их энергии по спектру?
9. Почему и как зависит заметность помех от яркости ТВ экрана?
10. Объясните назначение взвешивающего фильтра.
11. От каких факторов зависит визуальное восприятие помех и какие из них учитываются при измерении ОСП?
12. Почему визуально оцениваемая зашумленность изображений на двух ТВ приемниках может оказаться разной при одинаковом ОСП?
13. Поясните принцип измерения ОСП с помощью осциллографа.
14. Поясните разницу между эффективным и квазипиковым значениями флуктуационной помехи.
15. Как можно измерить $U_{n\text{эф}}$ на экране осциллографа с помощью фотоэлектрического преобразователя?
16. Одинакова ли видность помех на изображении, если спектр у одной равномерен, у другой – спадает с ростом частоты, а показания измерителя мощности с взвешивающим фильтром равны?
17. Как изменятся показания прибора (см. 16-й вопрос), если измерения произвести без взвешивающего фильтра?
18. При каком условии флуктуационные помехи с разными спектрами одинаково заметны на изображении?
19. Почему характеристика взвешивающего фильтра, являющегося электрической моделью глаза, для цветного телевидения изменена по сравнению с черно-белым?

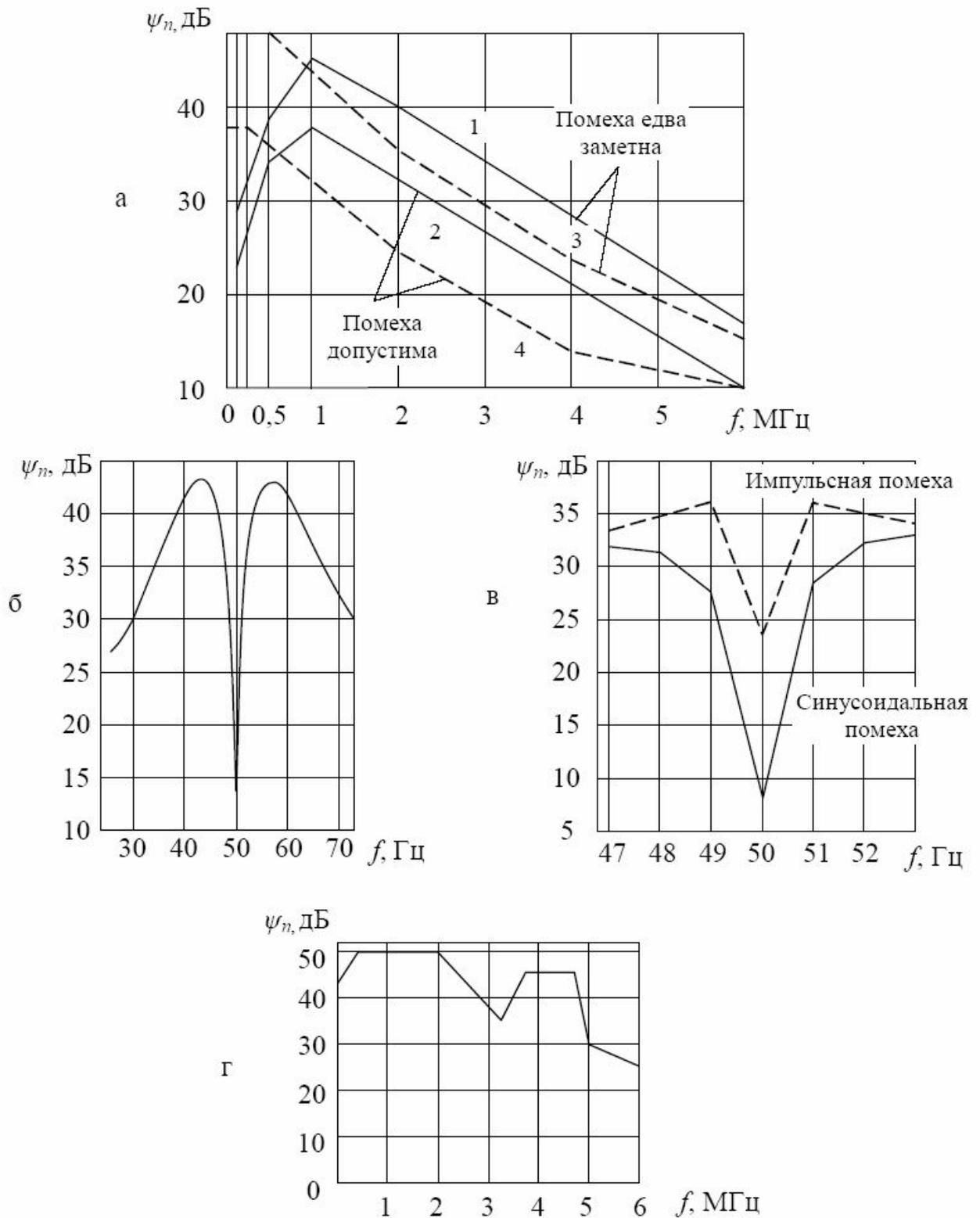


Рисунок 3.1 – Зависимости отношения сигнала к периодической помехе от частоты помехи: а – частота помехи кратна (кривые 1, 2) и не кратна (кривые 3, 4) частотам разверток; б – фоновая помеха едва заметна; в – помеха допустима; г – защитные отношения для системы ЦТВ СЕКАМ

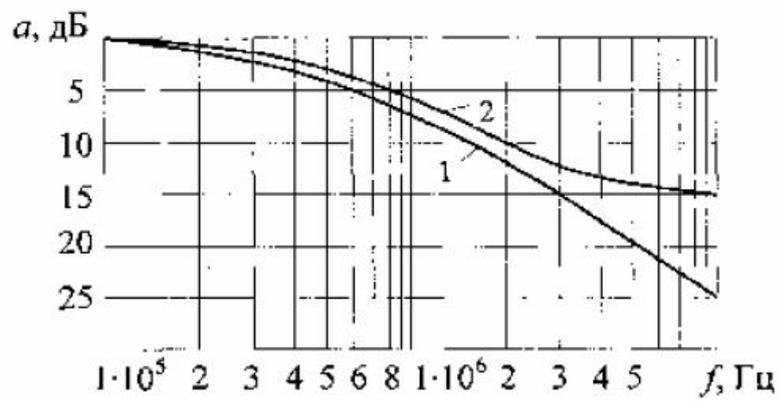


Рисунок 3.2 – Характеристики затухания взвешивающих фильтров для измерения флуктуационных помех:
 1 – в трактах черно-белого ТВ;
 2 – в трактах черно-белого и цветного телевидения

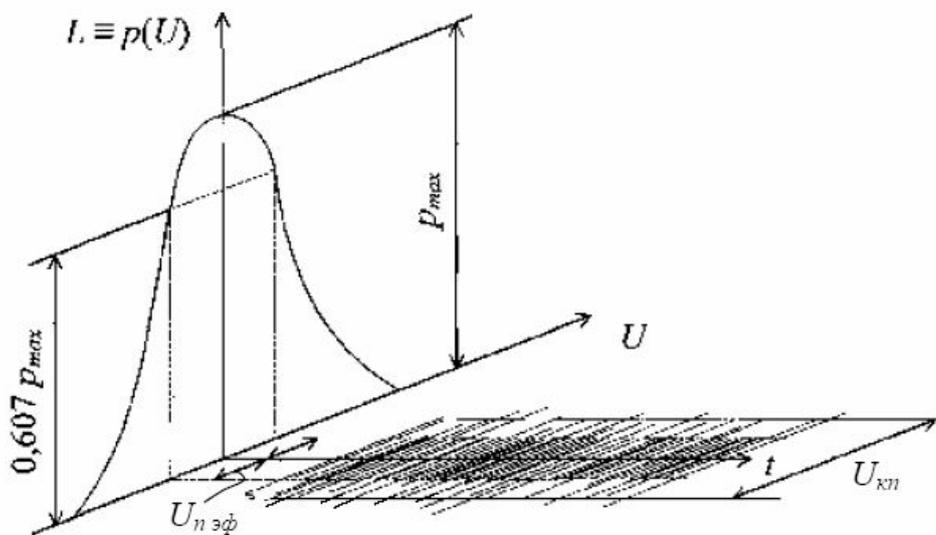


Рисунок 3.3 – К определению понятий $U_{nэф}$ и $U_{кп}$ для флуктуационной помехи

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ СОВМЕСТИМОЙ СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1. Цели работы

Изучение основных принципов построения совместимой системы цветного телевидения; измерение параметров сигналов совместимой системы ЦТВ.

2. Краткие теоретические сведения

Общие требования к системе ЦТВ. Вещательная система цветного телевидения должна обеспечивать:

1. Совместимость с системой черно-белого телевидения, под которой понимается возможность высококачественного приема без помех черно-белым телевизионным приемником цветного телевидения программ в черно-белом виде. Принцип совместимости обеспечивает возможность одновременного существования цветных и черно-белых телевизоров с перспективой постепенного вытеснения последних цветными. В связи с этим при разработке принципов построения систем цветного телевидения должны быть учтены параметры стандарта черно-белого телевидения. Основные параметры этого стандарта – частоты строчной и кадровой разверток и полоса частот, занимаемая телевизионным сигналом.

2. Высокое качество цветовоспроизведения, которое оценивается степенью соответствия ТВ изображения оригиналу. В телевидении идеалом верности цветовоспроизведения принято считать колориметрическую тождественность изображения оригиналу, означающую, что цветность каждого элемента изображения не отличается от цветности соответствующего элемента оригинала, а отношение яркостей соответствующих элементов изображения и оригинала является величиной постоянной для всех передаваемых цветностей.

Критерий колориметрической тождественности целесообразно использовать в ТВ системах, предназначенных для научных целей при классификации объектов по их цветовым характеристикам, при телевизионной объективной колориметрии и т.д. В ТВ вещании, где колориметрическая точность воспроизведения цвета недостижима из-за ограничений, накладываемых воспроизводящим устройством, а зритель лишен возможности сравнивать изображение с оригиналом, используют психологический критерий точности, учитывающий, что вос-

приятие цветности знакомых предметов является более критичным, чем незнакомых, что широко используется при определении допусков на отдельные параметры системы.

3. Дальнейшее совершенствование, развитие и расширение функциональных возможностей ТВ системы, включающие повышение качества преобразования, обработки и передачи изображения, а также передачу зрителю дополнительной информации с выводом ее на телевизионный экран.

Для обеспечения совместимости сигнал системы ЦТВ должен содержать сигнал яркости U_Y , несущий информацию о яркости передаваемой сцены и предназначенный для создания черно-белого изображения на черно-белых и цветных телевизионных приемниках, а также сигнал цветности $U_{СЦ}$ – для создания цветного изображения на цветных телевизионных приемниках:

$$U_{ЦТВ} = U_Y + U_{СЦ}. \quad (4.1)$$

Поскольку цветность – величина двумерная, то для ее воспроизведения требуются два сигнала, которые в совокупности с сигналом яркости (СЯ) полностью определяют цвет передаваемой сцены. Причем СЯ не должен зависеть от сигнала цветности (СЦ), так как он предназначен для воспроизведения изображения цветного объекта в градациях яркости (полутонах) на экранах черно-белых телевизоров.

Учитывая пониженную способность зрения к цветовым переходам по сравнению с переходами яркости, СЦ можно передавать в меньшей полосе частот, чем СЯ.

Для обеспечения возможности использования уже существующих каналов передачи сигналов черно-белого телевидения для передачи сигналов ЦТВ необходимо, чтобы полоса частот полного цветового телевизионного сигнала (ПЦТС) осталась такой же, что и в системах черно-белого телевидения, т.е. $\Delta F_{ЦТВ} = \Delta F_{ЧБТ}$. С учетом выражения (4.1) СЦ может передаваться только в пределах полосы частот СЯ. Поэтому сигнал цветности будет помехой для черно-белых телевизионных приемников. Следовательно, при построении системы ЦТВ необходимо применить такие методы формирования СЦ, при которых он будет оказывать минимальное мешающее воздействие на экранах черно-белых телевизоров.

Получение сигналов основных цветов. В практике цветного телевизионного вещания в качестве датчиков цветных сигналов наибольшее распространение

получили трех- и четырехтрубчатые камеры. Они намного сложнее камер черно-белого телевидения. Для создания репортажных камер ЦТВ, к которым предъявляются требования простоты и легкости, наряду с трехтрубчатыми иногда используют двухтрубчатые и однострубчатые.

Описываемые ниже методы формирования сигналов основных цветов являются общими для всех совместимых систем ЦТВ (NTSC, PAL и SEKAM). Отличие систем состоит в методах формирования и передачи СЦ.

Рассмотрим получение сигналов основных цветов (называемых также цветоделенными) с помощью трехтрубчатой передающей камеры (рисунок 4.1). Три передающие трубки, предназначенные для формирования сигналов U_R , U_G и U_B , должны “смотреть” на объект передачи под одним и тем же углом зрения, подобно тому, как это имеет место в зрительной системе. Другими словами, три передающие трубки должны находиться в одной и той же точке пространства, что невозможно. Практически это достигается косвенным путем – при делении светового потока от объекта с помощью светоразделительной оптики на три цветоделенных потока F_R , F_G и F_B , направляемых к мишеням соответствующих передающих трубок.

Световой поток, идущий от объекта, через объектив O_1 попадает на два дихроических зеркала Z_1 и Z_2 , которые пропускают энергию одной части спектра и отражают энергию другой его части. Зеркало Z_1 отражает красную и пропускает зеленую и синюю части спектра; Z_2 – отражает синюю и пропускает зеленую части спектра; Z_3 и Z_4 – неселективные зеркала; Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 – корректирующие светофильтры; O_2 , O_3 , O_4 – дополнительные объективы.

В результате деления светового потока на мишень каждой передающей трубки (ПТ) попадает световой поток, соответствующий так называемому цветоделенному изображению (черно-красному, черно-зеленому и черно-синему). В результате оптико-электронного преобразования светового потока на выходах ПТ формируются сигналы основных цветов, по сути являющиеся сигналами яркости цветоделенных изображений.

Общая спектральная характеристика каждого из каналов (произведение спектральных характеристик чувствительности трубки, пропускающего (отражения) дихроических зеркал и корректирующего светофильтра) должна соответствовать кривым смещения в системе основных цветов приемника. Однако из-за наличия отрицательных и побочных положительных ветвей на кривых смещения реализовать точное соответствие при использовании трех ПТ не удастся. Поэтому сигналы основных цветов приемника образуются после прохождения цвето-

корректирующей матрицы (ЦКМ), в которой осуществляется линейная комбинация входных сигналов. Коэффициенты, с которыми сигналы U_R^* , U_G^* и U_B^* алгебраически суммируются в ЦКМ для образования сигналов U_R , U_G и U_B , зависят от спектральных характеристик камеры. Они рассчитываются обычно с помощью ЭВМ для оптимального приближения цвета и яркости к идеальной передаче набора из многих (не менее 20) контрольных цветов при максимальной чувствительности камеры.

Поскольку и передающие и приемные телевизионные трубки имеют нелинейные модуляционные характеристики (показатель нелинейности $\gamma_{кин}$ для цветных кинескопов принимают равным 2,8), то сигналы основных цветов на передающей стороне подвергаются предварительной гамма-коррекции с целью линеаризации амплитудной характеристики сквозного телевизионного тракта. В результате образуются гамма-корректированные сигналы основных цветов $U_R^{1/\gamma_{кор}}$, $U_G^{1/\gamma_{кор}}$ и $U_B^{1/\gamma_{кор}}$, которые обычно обозначаются как U'_R , U'_G и U'_B .

Теоретически $\gamma_{кор} = 1/\gamma_{пт}\gamma_{кин}$. Однако результирующее значение показателя нелинейности с учетом включенного гамма-корректора $\gamma_{общ} = \gamma_{пт}\gamma_{кор}\gamma_{кин}$ рекомендуется принимать несколько больше единицы ($\gamma_{общ} = 1,2...1,3$), так как это приводит к небольшому увеличению насыщенности цвета по сравнению с оригиналом, но повышает психологическую точность цветопередачи, частично компенсируя снижение абсолютного значения яркости и контраста на телевизионном экране.

Формирование сигнала яркости. Сигнал яркости может быть либо получен на выходе дополнительной ПТ, включаемой в состав передающей камеры ЦТВ, либо сформирован схемным путем в кодирующей матрице КМ (см. рисунок 4.1), где сигналы основных цветов суммируются в определенном соотношении. В первом случае дополнительная трубка должна иметь спектральную характеристику, соответствующую кривой стандартной относительной видности глаза. Во втором случае, весовые коэффициенты, с которыми осуществляется сложение сигналов основных цветов, определяются спектральной чувствительностью глаза к основным цветам излучений люминофоров цветного кинескопа. Математически СЯ определяется выражением

$$U'_Y = \alpha U'_R + \beta U'_G + \gamma U'_B, \quad (4.2)$$

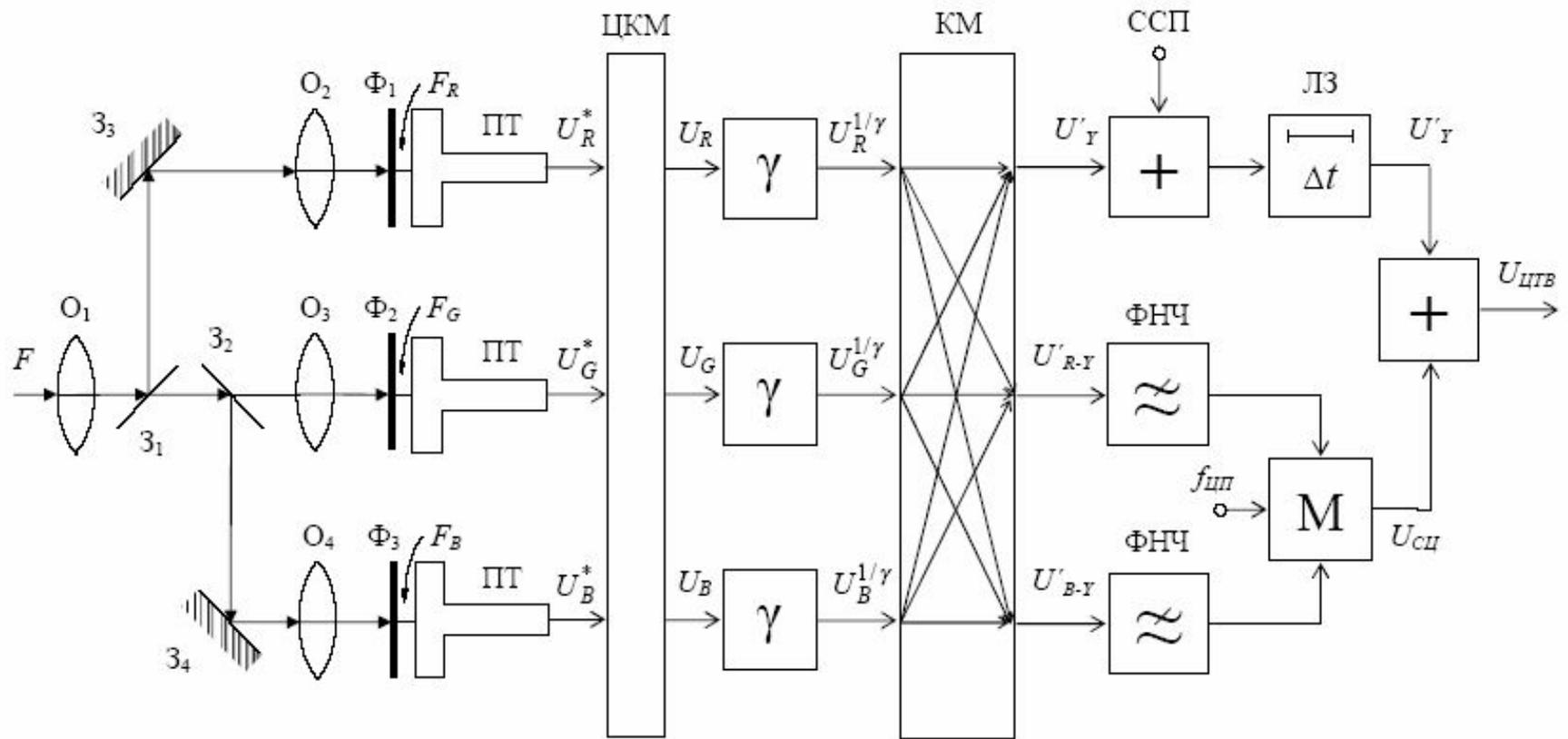


Рисунок 4.1 – Структурная схема RGB камерного канала и кодирующего устройства совместимой системы ЦТВ

где α, β, γ – относительные яркости основных цветов приемника, смесь которых образует равносигнальный (эталонный) белый цвет.

Для треугольника основных цветов NTSC (опорный белый цвет С) расчет сигнала яркости должен производиться по выражению

$$U'_Y = 0,299U'_R + 0,587U'_G + 0,114U'_B . \quad (4.3)$$

В соответствии со стандартом на систему ЦТВ [2] в нашей стране расчет спектральных характеристик передающих камер ЦТВ производится исходя из треугольника основных цветов приемника типа ЕС при опорном белом цвете D6500 К (к ним наиболее близки цвета свечения люминофоров реальных кинескопов). Хотя для треугольника ЕС сигнал яркости определяется выражением

$$U'_Y = 0,222U'_R + 0,706U'_G + 0,071U'_B , \quad (4.4)$$

стандартизированным для формирования СЯ является выражение (4.3). Возникшее отличие не оказывает влияния на качество цветного изображения, но нарушает верность воспроизведения яркости на черно-белых телевизорах. Ухудшение это, однако, незначительное по сравнению с уже имеющимся искажением яркости из-за гамма-коррекции сигналов основных цветов.

Сформированный в трехтрубчатой камере типа RGB сигнал яркости обладает существенным недостатком: так как он образуется путем сложения трех сигналов U'_R , U'_G и U'_B , то четкость и резкость изображения (в черно-белых и цветных приемниках) весьма сильно зависят от точности совмещения трех оптических изображений и электронных растров на мишенях передающих трубок. В связи с этим чаще применяют другие методы построения трехтрубчатых камер ЦТВ.

Формирование цветоразностных сигналов. Сформированный в соответствии с выражением (4.3) СЯ теоретически содержит всю информацию о распределении яркости передаваемой сцены. Следовательно, для передачи полной информации о цвете объекта необходимо сформировать еще сигнал, который содержал бы все сведения о цветности (цветовом тоне и насыщенности). Кроме сигнала U'_Y имеются еще три сигнала – U'_R , U'_G и U'_B . Последние, как известно, в совокупности полностью характеризуют яркость и цветность передаваемой сцены.

Если из этих сигналов устранить (вычесть) информацию о яркости, то об-

разуются цветоразностные сигналы:

$$U'_{R-Y} = U'_R - U'_Y = 0,701U'_R - 0,587U'_G - 0,114U'_B ; \quad (4.5)$$

$$U'_{G-Y} = U'_G - U'_Y = -0,299U'_R + 0,413U'_G - 0,114U'_B ; \quad (4.6)$$

$$U'_{B-Y} = U'_B - U'_Y = -0,299U'_R - 0,587U'_G + 0,886U'_B . \quad (4.7)$$

В кодирующем устройстве (см. рисунок 4.1) цветоразностные сигналы (ЦРС), как и СЯ, формируются в кодирующей матрице.

Учитывая пониженную разрешающую способность зрения к цветовым переходам (мелкие детали в цвете не видны), можно без ущерба для качества передаваемого изображения сократить с помощью фильтров нижних частот (ФНЧ) полосу частот цветоразностных сигналов до 1,5 МГц.

Теперь имеются сигнал U'_Y с полосой 6 МГц и три цветоразностных сигнала, каждый из которых занимает полосу 1,5 МГц. Так как цветность – величина двумерная, то для ее представления достаточно иметь два сигнала. Определяемые же выражениями (4.5)...(4.7) цветоразностные сигналы являются линейно зависимыми, т. е. любой из них может быть получен, если известны два других.

Предпочтение передаче сигналов U'_{R-Y} и U'_{B-Y} отдано по соображениям обеспечения большей помехоустойчивости.

В принципе можно было бы передавать сигналы U'_Y и два сокращенных по полосе до 1,5 МГц сигнала основных цветов, например U'_R и U'_B , так как третий U'_G легко получить по выражению (4.3). Однако передача цветоразностных сигналов дает значительные преимущества по сравнению с таким вариантом. Во-первых, СЦ, формируемый из цветоразностных сигналов, не должен создавать заметных помех при приеме сигналов ЦТВ на черно-белые телевизоры. Это условие выполняется при передаче цветоразностных сигналов, амплитуда которых на белом цвете (и всех его градациях) равна 0. Действительно, при передаче белого цвета $U'_R = U'_G = U'_B = 1$, тогда, согласно выражению (4.3), и $U'_Y = 1$, а $U'_{R-Y} = U'_{B-Y} = 0$. К тому же амплитуда ЦРС мала и при передаче слабонасыщенных цветов, а поскольку такие цвета преобладают, то средняя амплитуда ЦРС меньше максимальной и намного меньше той средней амплитуды, которая была бы при передаче сигналов U'_R и U'_B .

Кроме этого, цветоразностные сигналы более удобны и на приемной стороне. Достаточно три цветоразностных сигнала сложить с СЯ, и будут получены сигналы основных цветов в исходной полосе частот (6 МГц), необходимые

для модуляции электронных лучей цветного кинескопа. Причем в качестве сумматора может выступать сам кинескоп, если на три модулятора подать соответствующие цветоразностные сигналы, а на катоды – СЯ в отрицательной полярности. Если бы передавались сигналы U'_R и U'_B в сокращенной полосе частот (1,5 МГц) то, получив в приемнике третий сигнал U'_G , нужно было бы к ним добавить высокочастотные составляющие из СЯ, что схемотехнически сложнее.

Наконец, передача цветоразностных сигналов способствует уменьшению влияния помех канала цветности на общую яркость воспроизводимого изображения по сравнению с вариантом передачи пары сигналов основных цветов, что очень важно, так как глаз значительно более чувствителен к искажениям яркости, чем цветности. При передаче сигналов U'_Y , U'_{R-Y} , U'_{B-Y} или U'_Y , U'_R , U'_B помехи будут влиять на все три сигнала. Однако если в первом случае информация о яркости изображения передается одним сигналом, то во втором – тремя и, следовательно, влияние помех на воспроизводимую яркость здесь будет большим. Действие помех на цветоразностные сигналы (из которых в значительной степени исключена информация о яркости) будет приводить только к искажению цветности и не будет дополнительного искажения яркости. В то же время при передаче сигналов U'_R и U'_B (из которых информация о яркости не устранена) влияние помех сказалось бы не только на воспроизведении цветности, но и на яркости: увеличилось бы ее искажение.

Формирование сигнала цветности. Принцип уплотнения спектров сигналов яркости и цветности. Цветоразностные сигналы необходимо передать в полосе частот СЯ. Возможность такой передачи основана на том, что спектры образующихся на выходе камеры сигналов основных цветов U'_R , U'_B и U'_G дискретны и их энергия концентрируется вокруг гармоник строчной частоты [3..5]. Следовательно, у СЯ и ЦРС, являющихся линейными комбинациями сигналов U'_R , U'_B и U'_G , также дискретный характер спектра.

Сложить непосредственно цветоразностные сигналы с СЯ нельзя, потому что их спектральные составляющие совпадут и разделить три сигнала на приемной стороне будет невозможно. К тому же передавать цветоразностные сигналы, являющиеся помехой для черно-белых телевизоров, в области низких частот СЯ нецелесообразно, так как это существенно ухудшит совместимость: заметность низкочастотных помех значительно выше, чем высокочастотных [7, 8]. В связи с этим цветоразностные сигналы передаются в области высокочастотных составляющих спектра СЯ. Такой подход приводит также к уменьше-

нию перекрестных искажений “яркость – цветность”, что объясняется достаточно быстрым спадом мощности спектральных компонент СЯ с ростом их частоты [3...5]. Для переноса спектра ЦРС в область ВЧ компонент СЯ используется модуляция цветовой поднесущей частоты $f_{ЦП}$. Поднесущая частота, промодулированная цветоразностными сигналами, собственно и называется сигналом цветности.

В совместимых системах ЦТВ NTSC, PAL и SEKAM вопрос о передаче цветоразностных сигналов на одной поднесущей частоте решается по-разному; если в системах NTSC и PAL два цветоразностных сигнала передаются одновременно, то в системе SEKAM – последовательно через строку. При этом используются и различные виды модуляции.

В общем случае сигналы U'_{R-Y} и U'_{B-Y} подаются на модулятор (М) для формирования сигнала цветности, который вместе с сигналом яркости U'_Y образует полный цветовой телевизионный сигнал $U_{ЦТВ}$. К СЯ предварительно добавляются гасящие импульсы и сигнал синхронизации приемников (ССП), которые являются неотъемлемой частью полного телевизионного сигнала.

Время задержки сигнала обратно пропорционально полосе частот канала. Полоса частот каналов СЯ и СЦ различна: у первого – 6 МГц, у второго – 1,5 МГц до модулятора и 3 МГц – после модулятора, поэтому задержка фронта сигнала в канале цветности будет большей. Для уравнивания времени задержки в канале СЯ устанавливается линия задержки (ЛЗ) с временем задержки, равным примерно 0,7 мкс.

Выбор точного значения $f_{ЦП}$ оказывает большое влияние на совместимость системы ЦТВ. Он влияет также на качество цветного изображения, поскольку от этого во многом зависит характер перекрестных искажений между СЯ и СЦ. Например, если частоту $f_{ЦП}$ выбрать равной нечетной гармонике полустрочной частоты $(2k + 1) f_{cmp} / 2$, то при формировании СЦ с использованием амплитудной модуляции или ее разновидностей обеспечивается перемежение спектров сигнала цветности и высокочастотных составляющих СЯ. Это приводит к снижению заметности помехи от сигнала цветности на экранах черно-белых телевизионных приемников за счет ее самокомпенсации, а также позволяет осуществить полное разделение спектров СЯ и СЦ в цветном телевизионном приемнике.

Следует указать на взаимосвязь между перемежением спектров и самокомпенсацией поднесущей частоты. Поскольку между частотным и временным представлениями сигнала существует однозначная связь, то можно утверждать,

что каким бы образом ни обеспечивалось перемежение спектров, при этом всегда будет иметь место самокомпенсация поднесущей частоты. В трех системах ЦТВ перемежение спектров СЯ и СЦ достигается разными путями.

Описание изображения цветных полос. Принцип формирования сигналов основных цветов и цветоразностных сигналов легко проследить в случае передачи изображения цветных полос (ЦП). Данное изображение включает 8 полос (вертикальных или горизонтальных): 3 полосы с основными цветами приемника (красная, зеленая и синяя), 3 полосы с цветами, дополнительными к основным (голубая, пурпурная и желтая), а также 2 неокрашенные полосы с максимальной и минимальной яркостями (белая и черная). Так как изображение это неподвижное и простое по характеру, то для формирования соответствующих сигналов используется генератор цветных полос, который как бы является электрическим эквивалентом идеальной передающей камеры. По этим сигналам удобно проверять и настраивать многие звенья телевизионной системы, особенно телевизионные приемники.

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р сигнал цветных полос описывается четырехчисловым кодом типа 100/0/100/0, 100/25/75/25. В данном обозначении числовые значения задают уровни сигналов основных цветов в процентах от уровня белого (который принимается за 100%, а уровень гашения – за нулевой уровень): первое число – уровень сигналов основных цветов на наиболее яркой полосе (белой); второе – уровень сигналов основных цветов на наименее яркой полосе (черной); третье и четвертое – соответственно максимальный и минимальный уровни сигналов основных цветов на любой из окрашенных полос.

Вторая возможная форма описывает изображение цветных полос с точки зрения яркости и насыщенности окрашенных полос, например ЦП со 75%-й яркостью и 100%-й насыщенностью, ЦП с 100%-й яркостью и 75%-й насыщенностью. Значения яркости и насыщенности окрашенных полос приводятся в процентах по отношению к максимально достижимым на экране телевизионного приемника.

Взаимосвязь между этими формами описания следующая: максимальный уровень сигналов основных цветов U_{max} на любой из окрашенных полос (третье число в первой форме описания) определяет значение яркости изображения ЦП, а совокупность максимального U_{max} и минимального U_{min} уровней сигналов основных цветов (третье и четвертое числа) – значение насыщенности в соответствии с выражением:

$$H = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max}} 100, \%$$

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой упрощенный генератор сигналов цветных полос (полей), включающий формирователь сигналов основных цветов с возможностью независимой регулировки максимального и минимального уровней любого из сигналов основных цветов и кодирующую матрицу для получения сигнала яркости и цветоразностных сигналов. С целью упрощения лабораторной установки формирование сигналов осуществляется под управлением сигнала синхронизации приемников, вырабатываемого внешним источником.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Рассчитать уровни сигналов основных цветов, цветоразностных сигналов и сигнала яркости для каждой цветовой полосы изображения вертикальных цветных полос со следующими параметрами (в зависимости от варианта, указанного преподавателем):

- | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| а) 100/0/100/0; | г) 100/25/100/25; | ж) 100/50/100/50; |
| б) 75/0/75/0; | д) 75/25/75/25; | з) 80/40/80/40; |
| в) 80/25/80/25; | е) 90/30/90/30; | и) 90/60/90/60. |

Результаты расчетов свести в таблицу:

Полоса	Сигнал						
	U_R	U_G	U_B	U_Y	U_{R-Y}	U_{G-Y}	U_{B-Y}
Белая							
Желтая							
Голубая							
Зеленая							
Пурпурная							
Красная							
Синяя							
Черная							

4.2. Рассчитать уровни сигналов основных цветов, цветоразностных сигналов и сигнала яркости для изображений цветных полей со следующими па-

раметрами (цвет поля – в зависимости от варианта, указанного преподавателем; Я – яркость, Н – насыщенность):

Вариант	а	б	в	г	д	е	ж	з	и
100% Я, 100% Н	Зел.	Крас.	Син.	Жел.	Гол.	Пурп.	Зел.	Крас.	Син.
50% Я, 50% Н	Гол.	Пурп.	Зел.	Син.	Жел.	Гол.	Пурп.	Зел.	Крас.
75% Я, 100% Н	Син.	Жел.	Жел.	Крас.	Син.	Жел.	Гол.	Пурп.	Зел.
100% Я, 25% Н	Пурп.	Зел.	Крас.	Зел.	Крас.	Син.	Жел.	Гол.	Пурп.

Результаты расчетов представить в виде таблиц.

4.3. Включить лабораторную установку, ГИТС, осциллограф и ЦВКУ. Переключатель SW1 установить в положение “ВЦП”. Вращением движков переменных резисторов R1...R6 установить требуемые максимальные и минимальные уровни сигналов основных цветов на выходах формирователя, контролируя их по соответствующим осциллограммам. Последовательно подключая к осциллографу выходы кодирующей матрицы, зарисовать форму цветоразностных сигналов и сигнала яркости, измерить уровни, соответствующие передаче каждой из полос.

Результаты измерений свести в таблицу.

4.4. Переключатель SW1 установить в положение “Поля”. Для изображения каждого из заданных цветовых полей вращением движков переменных резисторов R1, R3 и R5 установить требуемые уровни сигналов основных цветов на выходах формирователя, контролируя их по соответствующим осциллограммам; последовательно подключая к осциллографу выходы кодирующей матрицы, измерить уровни цветоразностных сигналов и сигнала яркости.

Результаты измерений свести в таблицы.

4.5. Исследовать, какие изменения в уровнях сигналов основных цветов приводят к изменению: цветового тона, яркости, насыщенности изображений цветных полей.

5. Содержание отчета

1. Результаты расчетов по пп. 4.1, 4.2.
2. Осциллограммы, результаты измерений по пп. 4.3, 4.4.
3. Выводы по п. 4.5.

6. Вопросы для самопроверки

1. Поясните, что понимают под совместимостью систем черно-белого и цветного телевидения.
2. Какими параметрами характеризуется цветность изображения?
3. Что такое физическое, колориметрическое и психологическое соответствие цветного изображения оригиналу? Какое соответствие должно быть реализовано в вещательной системе цветного телевидения?
4. Объясните назначение составляющих полного цветового телевизионного сигнала.
5. Что такое сигнал основного цвета?
6. Поясните назначение светоразделительной оптики в передающей камере.
7. Чему должны соответствовать спектральные характеристики оптических каналов камеры черно-белого и цветного телевидения?
8. Поясните назначение цветокорректирующей матрицы.
9. Как скажется на воспроизводимом цветном изображении отсутствие гамма-корректора на передающей стороне системы ЦТВ?
10. Почему гамма-корректор не устанавливают в телевизионном приемнике?
11. Какие достоинства и недостатки присущи RGB камерному каналу?
12. Почему в качестве сигналов, несущих информацию о цветности, выбирают цветоразностные сигналы U'_{R-Y} и U'_{B-Y} ?
13. Разработайте функциональную схему декодирующей матрицы телевизионного приемника цветного телевидения, если по каналу передаются сигналы U'_Y в полосе 6 МГц и U'_{R-Y} , U'_{B-Y} в полосе 1,5 МГц.
14. Разработайте функциональную схему декодирующей матрицы телевизионного приемника цветного телевидения, если по каналу передаются сигналы U'_Y в полосе 6 МГц и U'_R , U'_B в полосе 1,5 МГц.
15. Что понимают под сигналом цветности?
16. Почему сигнал цветности располагают в области высокочастотных компонент сигнала яркости?
17. Почему при выборе цветовой поднесущей, кратной нечетной гармонике полустрочной частоты, помеха от сигнала цветности на экранах черно-белых телевизионных приемников обладает свойством самокомпенсации?
18. В телевизионном приемнике цветного изображения из-за неисправности отсутствует сигнал яркости. Как будет воспроизводиться на его экране полный цветовой телевизионный сигнал вертикальных цветных полос?
19. Какую яркость (в процентах) будет иметь черная полоса на изображении цветных полос с параметрами 100/25/100/25?
20. Чем отличается 100%-я насыщенность цветных полос от 100%-й насыщенности с точки зрения колориметрии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ ЦТВ ПАЛ

1. Цели работы

Изучение основных принципов построения системы цветного телевидения ПАЛ; измерение параметров полного ТВ сигнала системы ПАЛ.

2. Краткие теоретические сведения

Система ПАЛ относится к классу совместимых систем цветного телевидения. Она была разработана в 1962...1966 гг. инженерами фирмы Telefunken (ФРГ).

Отличительной особенностью формирования сигнала цветности в системе ПАЛ является использование амплитудной с подавлением несущей (балансной) модуляции поднесущей частоты $f_{ЦП}$ двумя цветоразностными сигналами (ЦРС) U'_{R-Y} и U'_{B-Y} , причем опорное колебание, подаваемое на балансный модулятор (БМ) канала красного ЦРС, имеет сдвиг по фазе в 90° или 270° по отношению к фазе опорного сигнала в канале синего ЦРС, т.е. они находятся в квадратуре. Коммутация фазы поднесущей на 180° (90° или 270°) осуществляется от строки к строке телевизионного сигнала [3, 4, 6].

В каждом из балансных модуляторов поднесущая частота модулируется по амплитуде одним из цветоразностных сигналов. В результате на выходах модуляторов образуются сигналы:

в канале цветоразностного сигнала U'_{B-Y}

$$U_{ЦЦ В} = k_B U'_{B-Y} \sin(2\pi f_{ЦП} t) = U \sin(\omega_{ЦП} t), \quad (5.1)$$

а в канале цветоразностного сигнала U'_{R-Y} , с учетом коммутации фазы поднесущей, в одной строке ($\varphi_{ЦП} = 90^\circ$)

$$U_{ЦЦ R} = k_R U'_{R-Y} \sin(2\pi f_{ЦП} t + 90^\circ) = V \cos(\omega_{ЦП} t) \quad (5.2)$$

и в следующей ($\varphi_{ЦП} = 270^\circ$)

$$U_{ЦЦ R} = k_R U'_{R-Y} \sin(2\pi f_{ЦП} t + 270^\circ) = -V \cos(\omega_{ЦП} t), \quad (5.3)$$

в которых для упрощения анализа амплитуда сигнала поднесущей частоты принята равной 1, а ее начальная фаза – 0° .

Получаемые на выходах балансных модуляторов две квадратурные (сдвинутые на 90°) составляющие $U_{СЦВ}$ и $U_{СЦR}$ суммируются и образуют сигнал цветности. Такой метод передачи двух сигналов на одной поднесущей получил название квадратурной модуляции. Его сущность можно наглядно продемонстрировать с помощью векторной диаграммы (рисунок 5.1), на которой две квадратурные составляющие показаны в виде векторов с амплитудами U и V и фазами 0° и 90° (270°) соответственно. Результирующее колебание – сигнал цветности $U_{СЦ}$ – образуется путем сложения квадратурных составляющих, определяемых по выражениям (5.1)...(5.3):

$$U_{СЦ} = U \sin(\omega_{ЦП} t) \pm V \cos(\omega_{ЦП} t) = S \sin(\omega_{ЦП} t + \varphi_{СЦ}). \quad (5.4)$$

Очевидно, что в данном случае сигнал цветности представляет собой колебание с амплитудно-фазовой модуляцией, где амплитуда сигнала цветности S и его фаза $\varphi_{СЦ}$ определяются как

$$S_{СЦ} = \sqrt{U^2 + V^2}; \quad (5.5)$$

$$\varphi_{СЦ} = \arctg(V/U). \quad (5.6)$$

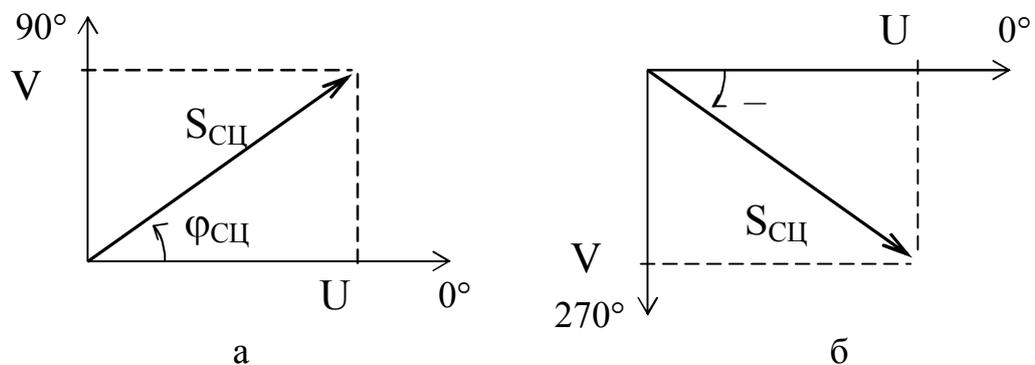


Рисунок 5.1 – Векторная диаграмма сигнала цветности ПАЛ:
 а – при фазе поднесущей в канале V $\varphi_V = 90^\circ$;
 б – при $\varphi_V = 180^\circ$

Достоинством применения балансной модуляции является отсутствие сигнала цветности при передаче черно-белых изображений, так как в этом случае цветоразностные сигналы равны нулю, а немодулированная поднесущая подавляется в модуляторе. Кроме того, балансная модуляция позволяет увеличить уровень модулирующего напряжения по сравнению с обычной амплитудной модуляцией при неизменном уровне сигнала на выходе модулятора. Это

повышает помехоустойчивость канала цветности системы ПАЛ. Коммутация фазы канала V на 180° от строки к строке позволила уменьшить влияние фазовых искажений тракта передачи изображения на сигнал цветности.

Коммутация фазы в канале красного цветоразностного сигнала накладывает ограничения на выбор поднесущей частоты $f_{ЦП}$. Как известно, спектры сигнала яркости и цветоразностных сигналов имеют гребенчатый характер [3] с максимумами спектральной плотности, приходящимися на гармоники частоты строк ($nf_{стр}$, где $n = 0, 1, 2, \dots$). При использовании балансной модуляции спектр ЦРС переносится на поднесущую и оказывается, что для сигнала U на выходе модулятора спектральные составляющие располагаются на частотах ($f_{ЦП} \pm nf_{стр}$), а для сигнала на выходе модулятора канала красного цветоразностного сигнала – ($f_{ЦП} \pm \frac{2m+1}{2} f_{стр}$). Различие в спектральных составах объясняется коммутацией фазы поднесущей в канале красного ЦРС на 180° от строки к строке.

При использовании в качестве поднесущей $f_{ЦП}$ нечетной гармоники полустрочной частоты $(2k+1)f_{стр}/2$ (как это делается в системе НТСЦ [3, 6]) получается, что для спектральных компонент сигнала цветности, образованных за счет ЦРС U и расположенных на частотах

$$f_U = \frac{2k+1}{2} f_{стр} \pm nf_{стр} = \frac{2l+1}{2} f_{стр}, \quad (5.7)$$

перемежение со спектральными составляющими сигнала яркости обеспечивается, а для компонент СЦ, образованных сигналом V , – нет, так как

$$f_V = \frac{2k+1}{2} f_{стр} \pm \frac{2m+1}{2} f_{стр} = lf_{стр}, \quad (5.8)$$

и они будут накладываться на компоненты сигнала яркости. Поэтому в системе ПАЛ для поднесущей частоты обеспечивают так называемый четверть-строчный сдвиг относительно гармоники строчной частоты с дополнительным смещением на половину частоты полей [3, 6]:

$$f_{ЦП} = (n - \frac{1}{4})f_{стр} + \frac{1}{2}f_{пол}. \quad (5.9)$$

Принимая $n = 284$ и с учетом того, что $f_{стр} = 15625$ Гц, $f_{пол} = 50$ Гц, получаем:

$$f_{\text{ПЦ}} = \left(284 - \frac{1}{4}\right) \cdot 15625 + 25 = 44361875 \text{ Гц.} \quad (5.10)$$

При выборе поднесущей в соответствии с выражением (5.9) обеспечивается перемежение спектральных компонент сигналов яркости и цветности не только для гармоник строчной частоты, но и гармоник частоты полей, присутствующих в спектрах СЯ и ЦРС. Перемежение спектров приводит к тому, что помеха от сигнала цветности на экранах черно-белых телевизионных приемников обладает свойством самокомпенсации – как пространственной (в соседних строках двух полей изображения), так и временной (через шесть полей) [6].

Формирование поднесущей по условию (5.9) обеспечивает еще и перемежение спектральных составляющих $U_{\text{СЦR}}$ и $U_{\text{СЦB}}$. Это позволяет в декодерах ПАЛ разделить сигнал цветности $U_{\text{СЦ}}$ на его составляющие $U_{\text{СЦR}}$ и $U_{\text{СЦB}}$ до синхронных детекторов (в отличие от приемника НТСЦ) и исключить перекрестные искажения между ЦРС [6, 11].

Разделение в приемнике сигналов U и V , передаваемых в совмещенной полосе частот, основано на фазовой селекции и осуществляется путем синхронного детектирования [11]. Поскольку

$$U = U_{\text{СЦ}} \cos \varphi, \quad (5.11)$$

$$V = U_{\text{СЦ}} \sin \varphi, \quad (5.12)$$

то разделение сигналов есть как бы операция проецирования вектора $U_{\text{СЦ}}$ на две ортогональные оси, совпадающие с осями модуляции (см. рисунок 5.1). Следовательно, в приемнике надо иметь информацию о фазе одной из осей модуляции. Ее передает сигнал цветовой синхронизации (СЦС), так называемая вспышка – пакет колебаний поднесущей частоты $f_{\text{ПЦ}}$ с опорной фазой, расположенный на задней площадке строчного гасящего импульса. Кроме того, для передачи информации о фазе поднесущей, подаваемой на балансный модулятор сигнала V , опорная фаза вспышки меняется от строки к строке и составляет 135° (относительно фазы поднесущей канала U) при фазе поднесущей канала V $\varphi_V = 90^\circ$ и 225° при $\varphi_V = 270^\circ$.

Кодирующее устройство системы ПАЛ. Структурная схема кодирующего устройства системы ПАЛ, представленная на рисунке 5.2, является “классическим” вариантом реализации формирователя полного цветового телевизионного сигнала системы ПАЛ [3, 6]. В кодирующей матрице А1 гамма-корректированные сигналы основных цветов U'_R , U'_G и U'_B преобразуются в

сигнал яркости U'_Y и два цветоразностных сигнала U'_{R-Y} и U'_{B-Y} в соответствии с выражениями:

$$U'_Y = 0,299U'_R + 0,587U'_G + 0,114U'_B ; \quad (5.13)$$

$$U'_{R-Y} = U'_R - U'_Y = 0,701U'_R - 0,587U'_G - 0,114U'_B ; \quad (5.14)$$

$$U'_{B-Y} = U'_B - U'_Y = -0,299U'_R - 0,587U'_G + 0,886U'_B . \quad (5.15)$$

Далее цветоразностные сигналы U'_{R-Y} и U'_{B-Y} подвергаются компрессии с коэффициентами k_R и k_B с целью нормализации уровней полного цветового ТВ сигнала, и на выходах усилителей А3 и А4 формируются стандартные для системы ПАЛ цветоразностные сигналы V и U

$$V = k_R U'_{R-Y} = 0,877U'_{R-Y} ; \quad (5.16)$$

$$U = k_B U'_{B-Y} = 0,493U'_{B-Y} . \quad (5.17)$$

Далее сигналы U и V ограничиваются по полосе в фильтрах нижних частот Z1 и Z2, имеющих частоту среза 1,3 МГц, и поступают на первые входы модуляторов UB1 и UB2, на вторые входы которых подается поднесущая цветности с начальными фазами 0° и 90° (или 270°) соответственно. После сложения модулированных поднесущих на выходе сумматора А7 образуется сигнал цветности.

Сигнал яркости U_Y с выхода кодирующей матрицы в сумматоре А2 объединяется с сигналом синхронизации приемников (ССП) и затем задерживается на время Δt с целью совмещения фронтов в сигналах яркости и цветоразностных. Различная задержка этих сигналов обусловлена различной полосой пропускания каналов яркости и цветности кодирующего устройства.

В сумматоре А8 сигналы яркости и цветности объединяются, в результате чего получается полный цветовой телевизионный сигнал системы ПАЛ.

Поднесущая $f_{цп}$, отвечающая условию (5.10), образуется в формирователе поднесущей частоты G2 (ФПЧ). На балансный модулятор UB1 канала U поднесущая подается непосредственно, а на модулятор UB2 канала V – через коммутатор S1, который управляется импульсами полустрочной частоты H . За счет действия фазовращателей U1 и U2 поднесущая на входах коммутатора S1 имеет сдвиг по фазе в 90° и 270° ($90^\circ + 180^\circ$) относительно колебания на выходе ФПЧ.

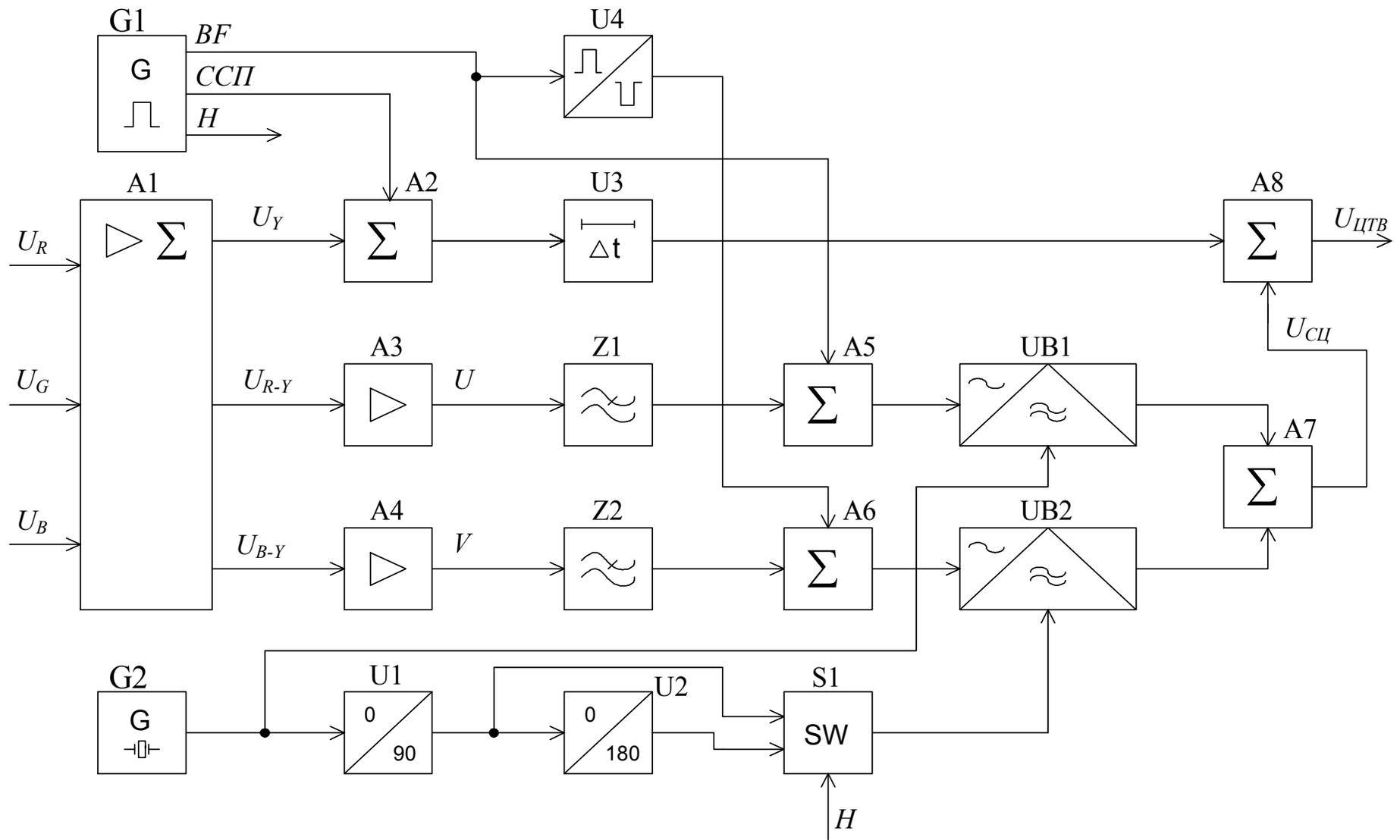


Рисунок 5.2 – Структурная схема кодирующего устройства системы ПАЛ

Формирование сигнала цветовой синхронизации, расположенного на задней площадке строчных гасящих импульсов, обеспечивается за счет введения в цветоразностные сигналы U и V образующих импульсов BF , причем для канала V полярность образующего импульса должна быть положительной, а для канала U – отрицательной. Такая полярность импульсов на входах сумматоров $A5$ и $A6$ позволяет сформировать СЦС с требуемой фазой для каждой строки ТВ сигнала системы ПАЛ.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Рассчитать параметры сигнала цветности полного цветового сигнала системы ПАЛ для каждой цветовой полосы изображения вертикальных цветных полос со следующими параметрами (в зависимости от варианта, указанного преподавателем):

- | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| а) 100/0/100/0; | г) 100/25/100/25; | ж) 100/50/100/50; |
| б) 75/0/75/0; | д) 75/25/75/25; | з) 80/40/80/40; |
| в) 80/25/80/25; | е) 90/30/90/30; | и) 90/60/90/60. |

Результаты расчетов свести в таблицу:

Полоса	Сигнал										
	U_R	U_G	U_B	U_Y	U_{R-Y}	U_{B-Y}	V	U	$U_{СЦ}$	$\varphi(90^\circ)$	$\varphi(270^\circ)$
Белая											
Желтая											
Голубая											
Зеленая											
Пурпурная											
Красная											
Синяя											
Черная											

3.2. Исследование ПЦТС изображения вертикальных цветных полос (ВЦП):

3.2.1. Исследовать ПЦТС в масштабе поля. Зарисовать осциллограмму ПЦТС. Установить соответствие между участками изображения ВЦП на экране ЦВКУ и ПЦТС.

3.2.2. Исследовать ПЦТС в масштабе строки для каждого из участков изображения ВЦП. Зарисовать осциллограммы ПЦТС. При помощи ФНЧ 0...1,5 МГц осциллографа выделить сигнал яркости, зарисовать его осциллограмму, измерить уровни. При помощи ПФ 3...5 МГц выделить сигналы цвет-

ности (для каждого из участков), зарисовать их осциллограммы, измерить уровни.

3.2.3. Исследовать сигнал цветовой синхронизации. Определить его временные и амплитудные параметры. Указать, в каких строках кадра происходит гашение СЦС.

Объяснить, почему при наличии СЦ и СЦС в ПЦТС в верхней части изображения отсутствует цвет; для настройки каких блоков декодера цветности ПАЛ в телевизоре может быть использован данный ИС.

3.3. Исследовать ПЦТС изображения красного поля. Зарисовать осциллограммы сигнала в масштабе поля и строки. Измерить уровни сигнала яркости и размах СЦ. Рассчитать значения этих величин при 75%-й яркости и 100%-й насыщенности изображения, сравнить с результатами измерений.

3.4. Исследовать ПЦТС изображения сетчатого поля. Зарисовать осциллограммы сигнала в масштабе поля и для характерных строк измерить амплитудные параметры сигнала яркости и цветности.

4. Содержание отчета

4. Результаты расчетов по п. 3.1.
5. Осциллограммы, результаты измерений по пп. 3.2...3.4 и соответствующие объяснения.

5. Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте принцип формирования сигнала цветности системы ПАЛ.
2. В каких параметрах СЦ системы ПАЛ заключается информация о цветовом тоне и насыщенности передаваемого изображения?
3. С какой целью в системе ПАЛ применена коммутация фазы поднесущей цветности в канале красного ЦРС от строки к строке на 180° ?
4. В чем заключаются преимущества применения балансной модуляции по сравнению с обычной амплитудной при формировании сигнала цветности?
5. Почему значение частоты поднесущей цветности в системе ПАЛ имеет четвертьстрочный сдвиг по отношению к гармонике строчной частоты?
6. К чему приводят на изображении искажения полного цветового телевизионного сигнала типа дифференциальная фаза и дифференциальное усиление?
7. Что представляет собой СЦС в системе ПАЛ? Как он формируется в кодирующем устройстве?
8. Рассчитайте параметры СЦ системы ПАЛ при передаче желтого цвета с 75%-й яркостью и 50%-й насыщенностью.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ ЦТВ СЕКАМ

1. Цели работы

Изучение основных принципов построения системы цветного телевидения СЕКАМ; измерение параметров полного ТВ сигнала системы СЕКАМ.

2. Краткие теоретические сведения

Система СЕКАМ относится к классу совместимых систем цветного телевидения и принята в качестве стандартной в 1966 г. Название системы СЕКАМ образовано от франц. “Seguentiel couleur a memoire” – поочерёдные цвета и память, что отражает способ передачи информации о цветности, заложенный в системе. В основу формирования сигнала цветности системы СЕКАМ положен следующий принцип: два цветоразностных сигнала U_{R-Y} и U_{B-Y} передаются последовательно через строку с использованием частотной модуляции.

Благодаря последовательной передаче цветоразностных сигналов полностью устранены перекрестные искажения между ними, а применение частотной модуляции позволило снизить чувствительность сигнала цветности к дифференциальным искажениям [3, 6].

В кодирующем устройстве (рисунок 6.1) выделяют канал обработки сигнала яркости (отмечен штриховой линией) и канал формирования сигнала цветности. В СЕКАМ, как и в других системах цветного телевидения цветоразностные сигналы передаются не в том виде, в котором они получаются на выходе кодирующей матрицы A_1 , а с учетом некоторых постоянных коэффициентов k_R и k_B . В связи с этим цветоразностные сигналы в системе СЕКАМ обозначаются буквами D'_R и D'_B :

$$D'_R = -k_R U'_{R-Y} = -1,9U'_{R-Y}, \quad (6.1)$$

$$D'_B = k_B U'_{B-Y} = 1,5U'_{B-Y}. \quad (6.2)$$

Значения коэффициентов k_R и k_B для получения сигналов D'_R и D'_B выбираются из условия равенства единице максимальных амплитуд этих сигналов при передаче цветных полос с 75%-й яркостью и 100%-й насыщенностью. Для такого изображения максимальное по модулю значение ЦРС U_{R-Y} достигается

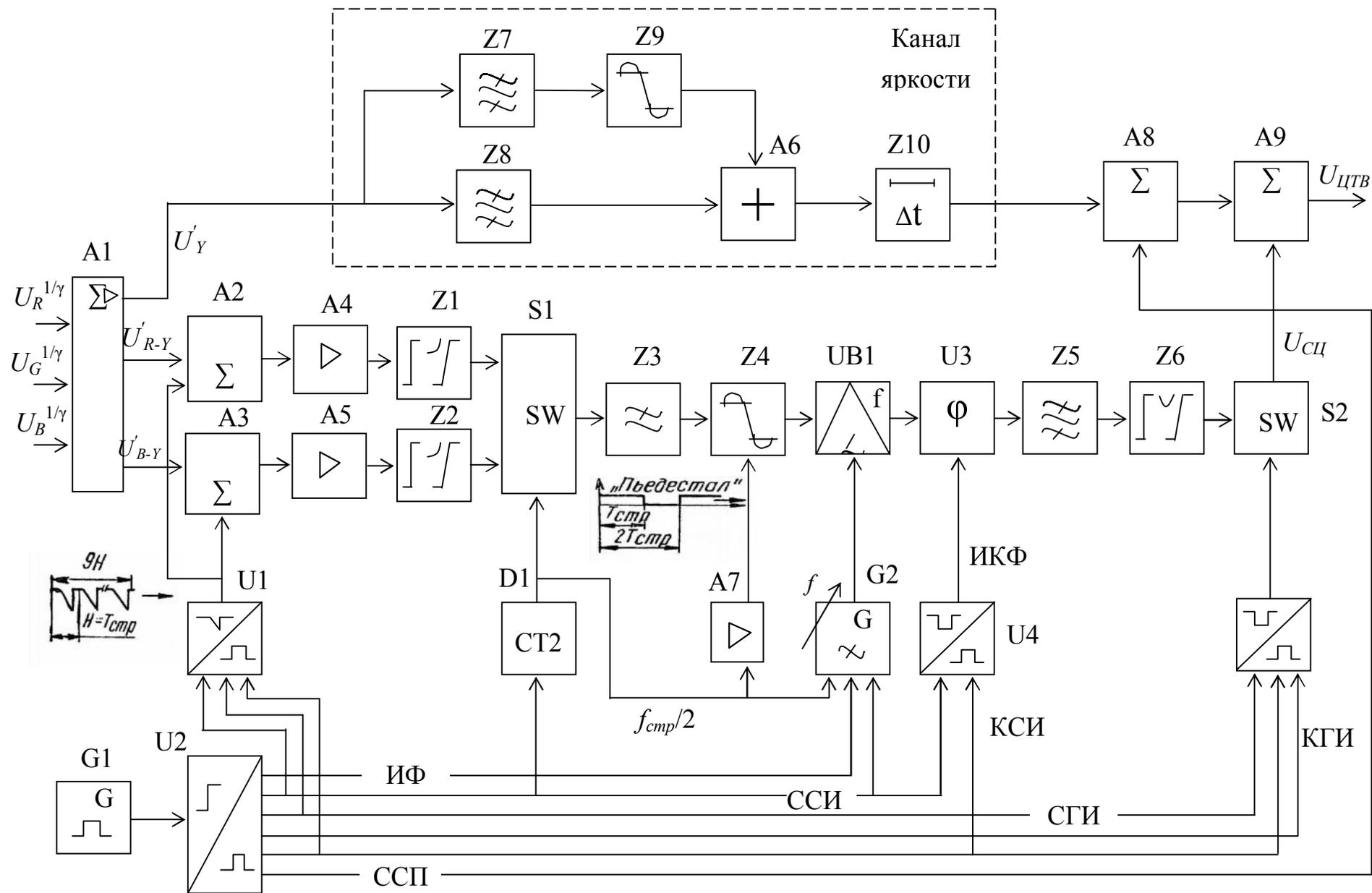


Рисунок 6.1 – Структурная схема кодирующего устройства системы SEKAM

на полосе красного (голубого) цвета и составляет 0,53, а ЦРС U_{B-Y} на полосе синего (желтого) цвета – 0,67. Следовательно:

$$k_R = \frac{1}{U_{R-Y(\max)}} = \frac{1}{0,53} = 1,9 , \quad (6.3)$$

$$k_B = \frac{1}{U_{B-Y(\max)}} = \frac{1}{0,67} = 1,5 . \quad (6.4)$$

Статистическое изучение показало, что в процессе передачи для большинства случаев преобладают положительные значения сигналов U_{R-Y} и отрицательные U_{B-Y} [3]. Чтобы большую часть времени работать с отрицательным значением девиации частоты, что увеличивает устойчивость системы к ограничению верхней боковой полосы СЦ, сигнал U_{R-Y} дополнительно инвертируют.

В сумматорах А2 и А3 к сигналам D'_R и D'_B добавляются импульсы, образующие сигналы цветовой синхронизации (СЦС) (в интервалах кадровых гасящих импульсов: с 7-й по 15-ю строку в первом поле и с 320-й по 328-ю строку во втором). Далее сигналы подаются на цепи низкочастотных предискажений сигналов D'_R и D'_B Z1, Z2, модуль коэффициента передачи которых $K_{НЧ}(f)$ (рисунок 6.2) равен:

$$K_{НЧ}(f) = 10 \lg \frac{1 + (f/85000)^2}{1 + (f/3 \cdot 85000)^2} , \text{ дБ}, \quad (6.5)$$

где f – текущая частота, Гц.

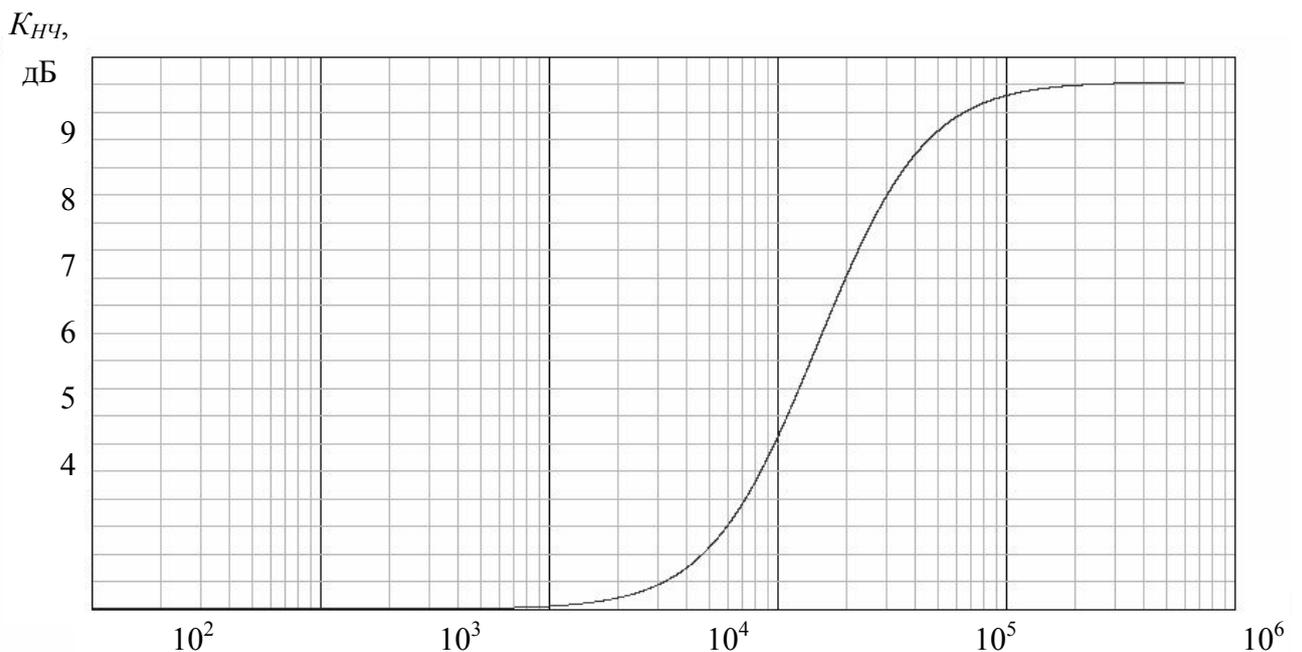


Рисунок 6.2 – Амплитудно-частотная характеристика цепи НЧ предискажений

НЧ предискажения сигналов применяется практически во всех системах с частотной модуляцией (ЧМ), в частности, при передаче программ УКВ радиовещания, телевизионных сигналов по радиорелейным и спутниковым линиям связи и др. Предискажение заключается в подъеме уровня высокочастотных (ВЧ) составляющих в спектре сигналов D'_R и D'_B . Эффективность предискажения в системах с ЧМ объясняется характером спектра помех на выходе частотного детектора (ЧД) в приемнике. Энергетический спектр флуктуационной помехи на выходе ЧД имеет параболический характер, т. е. среднеквадратичное (эффективное) напряжение помехи, пропорциональное разности частот (частоте биений f_b) между составляющими помехи и поднесущей частотой сигнала, изменяется по треугольному закону. В связи с этим помехозащищенность снижается для высших частот спектра модулирующего сигнала. Положение усугубляется еще и тем, что энергетический спектр цветоразностного сигнала имеет резко выраженный спадающий характер.

Так как $K_{НЧ}(f)K'_{НЧ}(f) = 1$ ($K'_{НЧ}(f)$ – характеристика контура корректора НЧ предискажений в приемнике), то форма сигнала не изменяется, а помехи канала связи ослабляются блоком коррекции $K'_{НЧ}(f)$. Если бы предискажения отсутствовали, то на выходе ЧД необходимо было бы устанавливать фильтр нижних частот (ФНЧ), АЧХ которого в идеальном случае имела бы прямоугольный вид. Мощность помех на выходе ФНЧ пропорциональна площади, ограниченной его АЧХ. Очевидно, что площадь под кривой $K'_{НЧ}(f)$ меньше, чем под кривой идеального ФНЧ, следовательно, в блоке коррекции предискажений помехи ослабляются в несколько раз, что эквивалентно увеличению отношения сигнала к помехе.

Преимущество применения ЧМ для передачи цветоразностных сигналов связано также с особенностями восприятия флуктуационных помех в зависимости от распределения их энергии по спектру: низкочастотные помехи более заметны, чем высокочастотные.

НЧ предискажения перераспределяют энергию цветоразностных сигналов по спектру при сохранении мощности сигнала, в результате чего увеличивается индекс модуляции для ВЧ составляющих спектра сигнала и улучшается отношение сигнала к помехе [6].

При подаче на фильтр НЧ предискажения сигналов D'_R и D'_B в виде импульсов прямоугольной формы на их фронтах возникают выбросы, которые в три раза превышают амплитуду сигнала на его плоских участках [4, 6]. ФНЧ Z3, установленный после электронного коммутатора (ЭК) S1, уменьшает вы-

бросы, но их амплитуда все еще остается значительной. При передаче таких фронтов увеличивается девиация частоты и расширяется спектр, занимаемый сигналом цветности. Однако полоса частот, отведённая для передачи СЦ (3...6 МГц), не может быть увеличена. В связи с этим предыскажённые сигналы с выхода ФНЧ Z3 подаются на двусторонний амплитудный ограничитель (АО) Z4, в котором выбросы частично ограничиваются. Амплитудное ограничение выбросов искажает переходную характеристику канала цветности для некоторых цветовых переходов. При поступлении на корректор предыскажений импульсов с частично ограниченными выбросами форма сигнала полностью не восстанавливается: начальный участок фронтов имеет исходную крутизну, остальной – меньшую. Это искажение при передаче деталей средних размеров (букв и цифр титров) создаёт короткое тянущееся продолжение. Поэтому степень НЧ предыскажений установлена исходя из требований обеспечения необходимой помехоустойчивости передачи информации о цветности и допустимого размытия границ вертикальных цветовых переходов. Этим требованиям отвечают уровни ограничения: для сигнала D'_B – плюс 2,18 и минус 1,52; для D'_R – плюс 1,25 и минус 1,81 [2].

Несимметричное ограничение в Z4 достигается при подаче на него специальных импульсов “пьедестала” (ИП), которые делают различной постоянную составляющую в сигналах D'_R и D'_B . Номинальное значение частоты поднесущей выбрано разным в строках D'_R и D'_B $f_{0R} = 4,40625$ МГц; $f_{0B} = 4,25$ МГц и поддерживается с точностью ± 2 кГц. Частота поднесущей в частотно модулируемом генераторе (ЧМГ) UB1 от строки к строке изменяется автоматически за счёт наличия в сигналах D'_R и D'_B импульсов “пьедестала”.

При разных значениях поднесущей частоты в строках D'_R и D'_B , несимметричном ограничении выбросов и, следовательно, разной девиации частоты при модуляции обеспечивается почти одинаковый диапазон изменения поднесущих, равный 3,9...4,7 МГц.

В полном сигнале на задних площадках строчного гасящего импульса присутствует немодулированная поднесущая соответствующей частоты $f_{0R} = F_{0R}$ или $f_{0B} = F_{0B}$. Эти пакеты поднесущих способствуют установлению переходных процессов в канале цветности телевизионного приемника до начала активной части строки, в которой передаётся модулированная поднесущая [3, 4, 6]. В противном случае в левой части растра появляются цветовые шумы. Защитные пакеты используются и для формирования в цветоразностных сигналах плоских участков для фиксации уровня чёрного. В современных приемниках

они же используются и как строчные сигналы цветовой синхронизации (СЦС_{стр}). Со временем отпадет необходимость в передаче СЦС в КГИ, по которым работают старые модели телевизионных приемников. Освободятся 18 строк (так и сделано во Франции) для передачи дополнительной информации [9, 10].

Для обеспечения совместимости фаза поднесущей частоты изменяется на 180° через две строки на третью и от поля к полю в коммутаторе фазы поднесущей (КФП) УЗ с помощью импульсов коммутации фазы (ИКФ). В полосовом фильтре Z5 сигнал цветности ограничивается по полосе (3...6 МГц) и подаётся на фильтр предискажения модулированной поднесущей Z6 (ВЧ предискажение), модуль коэффициента передачи которого $K_{ВЧ}(f)$ (рисунок 6.3) равен:

$$K_{ВЧ}(f) = 10 \lg \left(\frac{1 + (16x)^2}{1 + (1,26x)^2} \right), \text{ дБ}, \quad (6.6)$$

где $x = f/f_0 - f_0/f$;

$f_0 = 4,286$ МГц;

f – текущая частота, МГц.

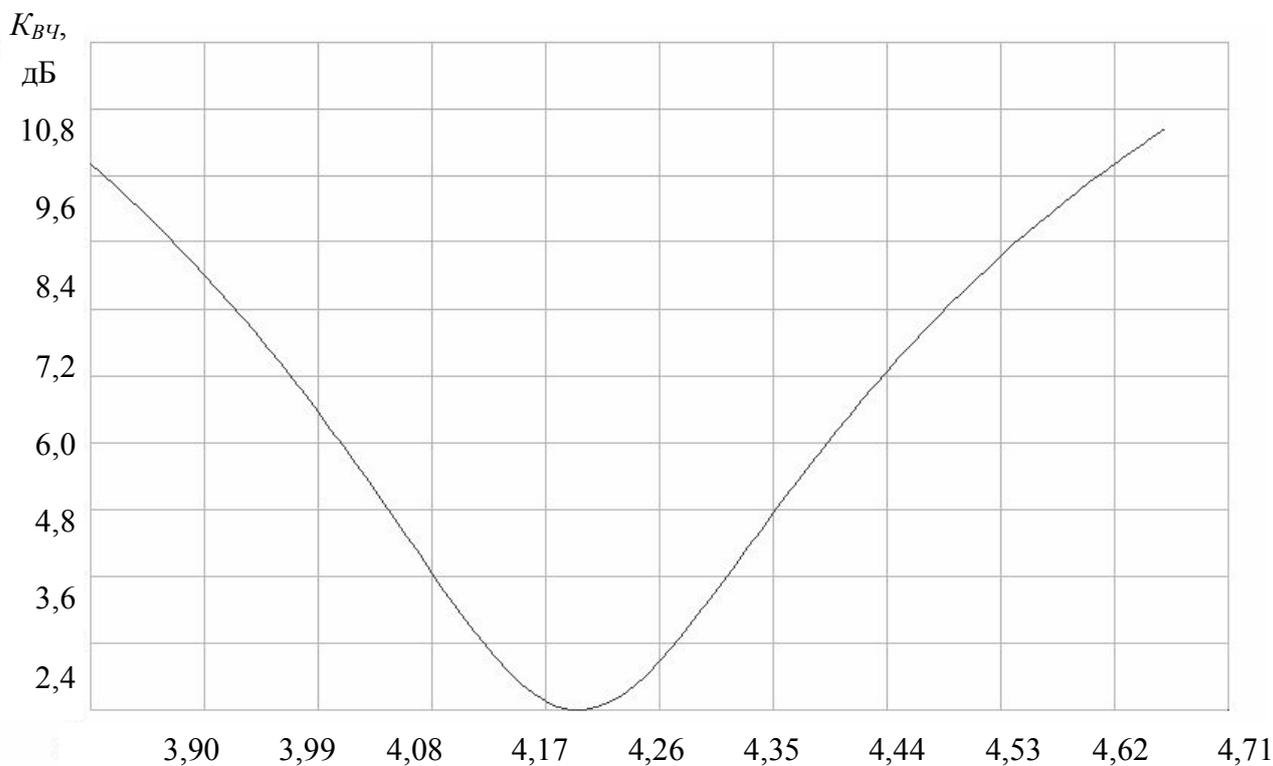


Рисунок 6.3 – Амплитудно-частотная характеристика фильтра ВЧ предискажений

В телевизоре на входе канала цветности устанавливается фильтр коррекции ВЧ предискажений с коэффициентом передачи $K'_{ВЧ}(f)$, обратным $K_{ВЧ}(f)$. При этом СЦ приобретает исходную форму, а помехи ослабляются [3].

Ослабление помех объясняется тем, что при отсутствии ВЧ предискажения на входе канала цветности в приемнике устанавливается полосовой фильтр, который в идеальном случае в полосе частот СЦ имеет АЧХ, прямоугольную и симметричную относительно частоты поднесущей. Мощность же помех определяется площадью, ограниченной АЧХ ПФ. Эта площадь значительно больше площади под кривой АЧХ схемы корректора ВЧ предискажения. При этом сильнее всего подавляются высокочастотные составляющие помех, которые имеют наибольший «вес» на выходе частотного детектора.

ВЧ предискажение улучшает также совместимость системы, так как амплитуда СЦ на выходе блока $K_{ВЧ}(f)$ зависит от отклонения частоты цветовой поднесущей $f_{ЦП}$ (чем меньше отклонение, тем меньше амплитуда СЦ). Поскольку в природе преобладают слабонасыщенные цвета, амплитуда сигналов D'_R и D'_B меньше максимальной, что ведет к небольшому отклонению частоты цветовой поднесущей $f_{ЦП}$ при модуляции. Поэтому СЦ в среднем мало влияет на черно-белые телевизоры, и только при передаче насыщенных цветов совместимость ухудшается (помехозащищенность СЦ возрастает), так как при этом увеличиваются отклонение частоты $f_{ЦП}$ и, следовательно, амплитуда СЦ. Чтобы поднесущая не приводила к срыву синхронизации генераторов разверток в телевизоре, она подавляется в устройстве подавления поднесущей (УПП) S2, которое препятствует прохождению $f_{ЦП}$ в моменты времени, соответствующие передаче синхроимпульсов в полном сигнале. На этом формирование СЦ заканчивается. После суммирования СЦ с сигналом яркости образуется полный цветовой телевизионный сигнал системы SEKAM.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Исследовать в масштабе двух строк (“красной” и “синей”) полный цветовой телевизионный сигнал, соответствующий изображению вертикальных цветных полос (сигнал № 4 ГИТС):

3.1.1. Убедиться с помощью фильтра нижних частот (ФНЧ 0...2 МГц) и полосового фильтра (ПФ 3...5 МГц) осциллографа, что ПЦТС является суммой сигнала яркости и сигнала цветности. Зарисовать осциллограммы трех сигналов. Измерить уровни СЯ.

3.1.2. Объяснить, чем отличается СЯ, выделенный из ПЦТС с помощью

ФНЧ, от СЯ, соответствующего сигналу № 3 ГИТС. Сравнить длительности фронтов указанных сигналов.

3.1.3. Пояснить, происходит ли полное разделение ПЦТС на СЯ и СЦ при помощи ФНЧ и ПФ.

3.1.4. Убедиться, что в пределах одной строки СЦ на интервалах в сигнале, соответствующих белой и черной вертикальным полосам на изображении и задней площадке строчного гасящего импульса, имеет одинаковый размах. Теоретически объяснить эту особенность.

3.1.5. Убедиться, что СЦ на задних площадках СГИ двух соседних строк имеет разный уровень. Измерить размахи СЦ и пояснить причину этого различия. Определить, в какой из двух строк, воспроизводимых на экране осциллографа, передается цветоразностный сигнал U_{R-Y} (“красная” строка), в какой U_{B-Y} (“синяя” строка).

3.2. Исследовать в масштабе двух строк ПЦТС при передаче синего, красного и зеленого полей (сигналы № 5, 6, 7 ГИТС). Зарисовать осциллограммы сигналов. Убедиться, что СЦ в двух соседних строках имеет разный уровень. Измерить размахи СЯ и СЦ.

3.3. Исследовать ПЦТС, соответствующий изображению горизонтальных полос (сигнал № 8 ГИТС):

3.3.1. В масштабе поля зарисовать осциллограмму сигнала.

3.3.2. Проследить, как изменяются уровни СЯ и СЦ при переходе от полосы одного цвета к полосе другого цвета. Измерить размахи СЯ и СЦ для каждой полосы.

3.4. Исследовать сигнал № 9 ГИТС:

3.4.1. В масштабе поля зарисовать осциллограмму ПЦТС. Изучить составляющую ПЦТС – сигнал цветовой синхронизации СЦС_к. Анализируя изображение на экране ЦВКУ и ПЦТС в интервале КГИ, объяснить, что происходит в канале цветности телевизора при воздействии такого сигнала.

3.4.2. Для двух соседних строк измерить размахи СЯ и СЦ, соответствующих верхней и нижней полосам изображения.

3.4.3. Зарисовать осциллограмму СЦС_к, измерить уровни.

3.5. Исследовать сигнал № 10 ГИТС.

3.5.1. Применительно к сигналу № 10 повторить п. 3.4.1.

3.5.2. Объяснить, как по такому сигналу можно настроить (убедиться в правильности настройки) нулевые точки частотных детекторов в канале цветности телевизора. Что будет на экране, если частотный детектор расстроен?

4. Содержание отчета

1. Осциллограммы, результаты измерений по пп. 3.1...3.5.
2. Выводы и объяснения по пп.3.1.2...3.1.5, 3.4.1, 3.5.2.

5. Вопросы для самопроверки

1. Какой принцип положен в основу формирования СЦ системы СЕКАМ?
2. В чем заключаются достоинства и недостатки передачи ЦРС последовательно через строку?
3. В чем заключаются достоинства и недостатки использования частотной модуляции при формировании СЦ системы СЕКАМ?
4. Из каких соображений выбираются коэффициенты нормализации ЦРС?
5. Поясните механизм повышения помехозащищенности ЦРС за счет низкочастотных предискажений?
6. Как сказывается на изображении двустороннее амплитудное ограничение ЦРС в кодирующем устройстве системы СЕКАМ?
7. Поясните назначение импульсов “пьедестала”.
8. Как можно реализовать амплитудный ограничитель с уровнями ограничения, изменяющимися от строки к строке?
9. Поясните, из каких соображений параметры частотной модуляции при передаче “красных” и “синих” строк выбраны различными?
10. Как можно реализовать ЧМГ с параметрами модуляции, изменяющимися от строки к строке?
11. С какой целью на задних площадках СГИ оставлены сигналы поднесущих цветности?
12. С какой целью осуществляется коммутация фазы поднесущей в сигнале цветности системы СЕКАМ?
13. Поясните, с какой целью в системе СЕКАМ применяются высокочастотные предискажения сигнала цветности?
14. За счет каких обработок сигналов в кодирующем устройстве системы СЕКАМ улучшается совместимость системы с черно-белым телевидением?
15. За счет каких обработок сигналов в кодирующем устройстве системы СЕКАМ повышается помехозащищенность?
16. Рассчитайте мгновенные частоты цветовой поднесущей в “красных” и “синих” строках при передаче желтого поля с 75%-й яркостью и 50%-й насыщенностью.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМЫ ТЕЛЕВИЗОРА ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

1 Цель работы

Изучение структурной, функциональной и принципиальной схем моно-платного цветного телевизора, ознакомление с его конструкцией, особенностями работы, исследование осциллограмм сигналов в основных контрольных точках схемы.

2 Краткие исторические и общие технические сведения о цветных телевизорах

Выпуск цветных телевизоров по системе SECAM в СССР, и в том числе, в Республике Беларусь, был освоен к 1967 г., т.е. к началу регулярного цветного телевизионного вещания [6]. Первые модели телевизоров были неунифицированными и выполнялись преимущественно на электронных лампах.

В конце 1970 г. было начато производство унифицированных (с взаимозаменяемыми для разных моделей модулями) лампово-полупроводниковых цветных телевизоров (УЛПЦТ), а затем, с применением гибридных интегральных схем (ИМС) серии K224 в модуле цветности – лампово-полупроводниково-интегральных (УЛПЦТИ) [15]. Эти телевизоры разных моделей (серия 700) до начала 80-х годов прошлого века являлись основным типом ТВ приемников, находившихся у населения.

Каждый из блоков (радиоканала, цветности, развертки, питания, управления) телевизоров УЛПЦТ и УЛПЦТИ имел относительно большие объем, вес и потребляемую мощность в связи с использованием электровакуумных ламп. Общая потребляемая мощность такого телевизора доходила до 250 Вт, а масса иногда превышала 70 кг.

В 1978 г. разработан унифицированный полупроводниково-интегральный модульный цветной телевизор УПИМЦТ (серия Ц200) [16]. Его отличительной особенностью являлось применение полупроводниковых ИМС серии K174. Это позволило при обработке сигнала применить ряд решений, реализация которых на дискретных элементах была нецелесообразной ввиду значительного усложнения телевизора.

УПИМЦТ содержал 18 модулей, каждый из которых представлял собой функционально законченный участок схемы, конструктивно объединенных в блоки: обработки сигнала, управления, разверток, трансформатора, питания и сведения.

Несмотря на снижение потребляемой мощности и массы в 1,4...1,6 раз, надежность этих телевизоров практически не улучшилась в связи с большим количеством (более 300) контактных соединений и недостаточной эффективностью некоторых схемотехнических решений. Поэтому УПИМЦТ не заменил предыдущие типы, а стал переходным этапом на пути к созданию принципиально нового поколения унифицированных стандартных цветных телевизоров УСЦТ (Ц255 и т.д., Ц355 и т.д.), обладающих существенно более высокими технико-экономическими характеристиками [17]. Первым телевизором этой серии стал «Горизонт-Ц255» (2УСЦТ-61), выпуск которого начался в конце 1982 г.

В первых моделях телевизоров нового поколения в некоторых узлах использовались имеющиеся ИМС серии К174 с применением гибридной технологии для создания больших интегральных микросборок (БГИМС). По функциональному назначению они включали в себя значительную часть схемы телевизора и были эквивалентны некоторым модулям на печатных платах, применяемых в УПИМЦТ, имея размеры значительно меньше последних.

Телевизоры, в которых применялись БГИМС, получили название 2УСЦТ («Горизонт-Ц255, -Ц257, -Ц355»), а те, в которых использованы новые полупроводниковые ИМС серии К174 (К174ХА16, ХА17), – 3УСЦТ («Электрон-Ц280, -Ц265, -Ц380»).

Еще одной отличительной особенностью телевизоров УСЦТ стало использование исключительно импульсных блоков питания (БП). В отличие от классических линейных БП с сетевым трансформатором импульсные БП имеют на 20...40% более высокий КПД и в 3...5 раз меньшую массу.

Конструктивно УСЦТ выполнялись на трех основных платах (кассетах), на первой из которых располагались модуль радиоканала (МРК) и модуль цветности (МЦ), на второй – модули строчной (МС) и кадровой (МК) разверток, на третьей – модуль питания (МП) и плата соединений (ПС).

Следующим этапом телевизоростроения стало появление в середине 80-х годов моделей 4-го поколения (4УСЦТ). Первые телевизоры 4УСЦТ («Горизонт-Ц410, -Ц411») имели много общего, прежде всего в конструктивном исполнении, с 3УСЦТ, значительные отличия появились в более поздних моделях. Именно в 4УСЦТ начали широко использоваться системы дистанционного управления (СДУ) на ИК-лучах («Горизонт -Ц421, -Ц431»). Среди телевизоров

4-го поколения появились первые многостандартные и многосистемные модели, позволявшие осуществлять прием ТВ программ в стандартах D/K, V/G, L и системах ЦТВ PAL/SECAM/NTSC («Горизонт -Ц418, -Ц441»). В последнем была также впервые применена СДУ с использованием микропроцессора. Еще одной отличительной особенностью телевизоров 4УСЦТ стало широкое использование зарубежной элементной базы, в частности, чрезвычайно распространенного в конце 80-х – начале 90-х годов комплекта ИМС для обработки видеосигнала фирмы Philips TDA3505 (канал яркости и матрицирования); TDA4555 (многостандартный декодер сигналов цветности); TDA4565 (схема коррекции четкости). За время выпуска телевизоров 4УСЦТ был полностью завершён переход на использование исключительно планарных кинескопов с самосвечением лучей.

Все элементы 4УСЦТ размещались также на трех основных платах (как и в 3УСЦТ), на которых за счет использования ИМС большой степени интеграции удалось сократить число дискретных элементов и разместить практически все функциональные модули без использования разъемных соединений, что положительно сказалось на надежности.

Следующим шагом стало появление в начале 90-х годов телевизоров 5-го поколения, базовым среди которых стал «Горизонт -51СТV510». Об унификации здесь речь уже не шла, поэтому аббревиатура УСЦТ прекратила свое существование, вместо нее стало использоваться буквенно-цифровое обозначение типа «XXXX – XXCTV5XX», в котором первое слово (XXXX) – фирменное название («Горизонт», «Витязь» и т.п.), первое число – размер кинескопа по диагонали в сантиметрах, СTV - латинская аббревиатура «цветной телевизор», второе число (5XX) – порядковый номер модели, первая цифра в котором указывает на принадлежность модели к определенному (в данном случае 5-му) поколению.

Одним из отличительных признаков телевизоров 5-го поколения стало использование микропроцессорной системы управления с экранной графикой (отображением значения изменяемого параметра на экране телевизора), из-за чего эти телевизоры стали иногда называть аналого-цифровыми, хотя в данном случае цифровая техника не имела никакого отношения к обработке видеосигнала.

В телевизорах 5-го поколения вместо отдельных селекторов каналов метрового (СКМ) и дециметрового (СКД) диапазона длин волн стал использоваться один всеволновый селектор (СКВ), причем антенный кабель подключался прямо на его вход, без промежуточных разъемов, что позволило снизить отра-

жения сигнала и повысить его защищенность от наводок и помех. Остальная часть радиоканала, включая тракт промежуточной частоты (ПЧ), демодуляторы радиосигналов изображения и звукового сопровождения, а также схемы коммутации сигналов и синхронизации, была реализована на базе одной сверхбольшой интегральной схемы (СБИС) – чаще всего TDA8305 фирмы Philips, что привело к еще большему сокращению числа навесных элементов и точек настройки (регулировки). Для обработки видеосигнала использовался тот же комплект ИМС TDA3505/TDA4555/TDA4565, что и в последних моделях телевизоров 4-го поколения.

Изменения коснулись также и блока разверток: активная часть кадровой развертки выполнена на базе одной ИМС, а в строчной развертке вместо выходного строчного трансформатора (ТВС) и умножителя напряжения (УН) для формирования высоковольтных напряжений питания кинескопа использован диодно-каскадный строчный трансформатор (ТДКС).

Перечисленные изменения в конструкции позволили значительно уменьшить число элементов схемы и разместить их на двух основных платах.

Функциональные возможности телевизоров 5-го поколения могли быть расширены путем применения модулей телетекста («Горизонт -54СТV510Е») и «кадр в кадре» («Горизонт -63СТV540»).

Телевизоры 5-го поколения выпускались более 10 лет и только к 2000 г. были полностью вытеснены на производстве моделями нового, 6-го поколения, которые выпускаются до сих пор. Начиналось 6-е поколение с телевизоров типа «Горизонт -51/54СТV601/603», отличий от аппаратов 5-го поколения у них было немного - это использование в радиоканале вместо ИМС TDA8305 новой ИМС TDA4504, включавшей в себя несколько меньшее количество функциональных модулей, но обладавшей лучшими техническими характеристиками, и незначительные изменения в схеме ИП. Функциональные же возможности телевизора были гораздо шире благодаря использованию модулей телетекста («Горизонт -51/54СТV602») и «кадр в кадре» («Горизонт -51/54СТV601»).

Наиболее характерными представителями 6-го поколениями стали телевизоры семейства «Горизонт -37/51/54СТV655/659» [18, 19], выпускающиеся и в настоящее время. Главная их отличительная особенность – моноплатная конструкция (все элементы телевизора, за исключением оконечных видеоусилителей и платы коммутации модуля управления, расположены на одной плате). Это оказалось возможным благодаря использованию ИМС TDA8362, включившей в себя всю активную часть тракта обработки сигналов изображения и звукового сопровождения – от усилителя промежуточной частоты до предварительных

усилителей сигналов основных цветов R, G, B. Единственный недостаток этой ИМС – отсутствие декодера сигнала цветности системы SECAM, поэтому требовались еще две дополнительные ИМС - внешний декодер и линия задержки.

Ввиду малого количества дискретных элементов размеры основной платы (шасси) были сокращены до минимума, в результате она без каких-либо изменений могла использоваться в телевизорах с разным размером кинескопа – от 37 до 63 см по диагонали.

В целом же телевизоры семейства 655/659 обеспечивают достаточно высокое качество изображения и звукового сопровождения, являются надежными в эксплуатации и простыми в регулировке. Учитывая их наибольшую распространенность, именно они подробно рассматриваются в дальнейшем в настоящем пособии.

В следующей модели «Горизонт -51/54CTV660» и последовавшими за ней моделями «Горизонт -51CTV662», «Горизонт -70CTV692» [20] появилось экранное меню настройки и управления. Кроме того, декодер телетекста совмещен с микроконтроллером синтезатора напряжений и управления. И все это благодаря микросхеме SAA5290.

Однако научно-технический прогресс не стоит на месте. Требования к качеству изображения и звука, количеству функциональных возможностей постоянно растут и удовлетворить им при использовании элементной базы, разработанной в середине 90-х годов, к коей относится и упомянутая ИМС TDA8362, становится все более затруднительно. Поэтому последние модели телевизоров 6-го поколения («Горизонт -51/54CTV664», «Горизонт -63/70CTV694» и т.п.) строятся на базе нового однокристального процессора обработки видеосигнала семейства TDA884X [21]. Его характеристики несколько лучше, чем у TDA8362, кроме того, в его состав входит всесистемный декодер сигналов цветности и интегральная линия задержки. Связь с микропроцессором модуля управления осуществляется исключительно по цифровой шине I²C.

Альтернативным методом повышения качества изображения и звука является использование цифровой обработки сигналов. Первым телевизором такого типа, выпущенным достаточно большой серией, стал «Горизонт-51/54DTV675», выполненный на базе комплекта ИМС обработки видеосигнала DIGIT2000 фирмы Micronas Intermetall. Радиоканал телевизора был аналоговым, в цифровую форму преобразовывались демодулированные полный цветовой телевизионный сигнал (ПЦТС) и сигнал звукового сопровождения (ЗС). Дальнейшая обработка, вплоть до подачи сигнала ЗС на усилитель мощности звуковой частоты и сигналов R, G, B на оконечные видеоусилители, была цифровой. Прак-

тически все параметры могли настраиваться (регулироваться) программным методом.

«Горизонт -51/54DTV675» не уступал по качественным показателям обычным аналоговым телевизорам, однако в связи со снятием с производства комплекта DIGIT2000 по причине его устаревания производство телевизоров этой модели было свернуто.

Модельный ряд телевизоров с цифровой обработкой сигнала получил продолжение в виде телевизора 7-го поколения «Горизонт -54/63/70DTV700» [22]. Он выполнен на современном комплекте ИМС цифровой обработки ТВ сигналов DIGIT3000. Как и в предыдущем поколении, радиоканал является аналоговым, в цифровую форму преобразовываются ПЦТС и радиосигнал звукового сопровождения на второй ПЧ. Тракт ПЧ выполнен по квазипараллельной схеме, что позволило улучшить его характеристики по сравнению с применявшимся ранее совместным трактом обработки радиосигналов изображения и звукового сопровождения. Вся обработка ПЦТС выполняется в одной ИМС – видеосинхропроцессоре VDP3108A. Она включает в себя два 8-разрядных АЦП (для преобразования в цифровую форму как ПЦТС, так и отдельных сигналов яркости и цветности, поступающих, к примеру, от видеоманитфона или другого источника сигнала формата S-VHS), всестандартный декодер сигналов цветности, схему матрицирования, коммутации и регулировок (экранный процессор), схему синхронизации и управления строчной и кадровой развертками истроенный 10-разрядный АЦП сигналов основных цветов. За обработку сигнала звукового сопровождения отвечает ИМС MSP3400. Сейчас в производстве находится обновленная модель телевизора «Горизонт -54/63/70DTV710», основным отличием которой является использование более нового видеопроцессора VDP3108B.

Налажен уже и массовый выпуск аналоговых телевизоров 7-го поколения. Основным их отличием является то, что вся малосигнальная часть и процессор управления построены всего на одной ИМС. Чаще всего это ИМС серии TDA935X/938X/95XX, принадлежащие к семействам UOC (Ultimate One Chip) и UOC+, разработанным и запущенным в производство в 1999 - 2001 годах фирмой Philips [23]. Достижения в области микроэлектроники позволили объединить в одном корпусе аналоговый модуль обработки сигналов изображения и звукового сопровождения, практически аналогичный тому, что включала в свой состав ИМС TDA884X и цифровой модуль управления с декодером телетекста. ИМС семейства UOC+ имеют более широкие функциональные возможности, позволяя, к примеру, реализовать в телевизоре прием сигналов МВ ЧМ вещания

и т.п. В настоящее время эти ИМС применяют в своих телевизорах около 35 фирм. Примером отечественных телевизоров на базе ИМС UOC и UOC+ может являться семейство «Горизонт –37/54/СТV730/732» [24].

Сейчас в производстве находится уже и третье поколение ИМС для полностью однокристалльного телевизора – UOC III, представленной ИМС серий TDA12XXX (для телевизоров с электронно-лучевой трубкой) и TDA15XXX (для телевизоров с жидкокристаллическим экраном или плазменной панелью). Это показывает, что научно-технический прогресс не стоит на месте, и следует ждать появления новых моделей (а может и поколений) телевизионной техники.

3 Описание лабораторной установки

3.1 Краткая характеристика используемого оборудования

В состав лабораторной установки входят (рисунок 7.1): моноплатный цветной телевизор «Горизонт-659» или аналогичный, генераторы испытательных телевизионных сигналов систем PAL и SECAM с возможностью формирования радиосигналов изображения и звукового сопровождения; высокочастотный генератор сигналов, допускающий внешнюю амплитудную модуляцию полным ТВ сигналом (Г4-116, Г4-176 или модулятор телевизионный МТ-300); осциллографы телевизионный (типа С9-1 или С1-81) с блоком выделения строки и высокочастотный (типа С1-91 или С1-104) с полосой пропускания не менее 50 МГц; анализатор спектра (СК4-58 или СК4-59), вольтметры постоянного (В7-42) и переменного (В3-27) тока; лабораторный макет, представляющий собой блок коммутации и сопряжения телевизионного приемника с измерительными приборами.

На антенный вход телевизора подается сигнал либо с ВЧ генератора после модуляции несущей ПЦТС, подаваемым с ГИТС, либо с антенны. При помощи переключателей, расположенных на передней панели лабораторного макета, на измерительные приборы (осциллограф и вольтметры) можно подать сигнал с любой из контрольных точек схемы телевизора.

Высокочастотная часть макета позволяет исследовать АЧХ фильтра УПЧИ телевизора (используется анализатор спектра СК4-59, выход ГКЧ которого подключают к ВЧ входу макета, а вход детекторной секции – к ВЧ выходу), просмотреть осциллограммы радиосигнала изображения на ПЧ (на ВЧ выход макета подключается осциллограф с полосой пропускания не менее 50

МГц) и его спектр (на ВЧ выход подключается анализатор СК4-59). Возможна также подача на телевизор радиосигнала изображения на ПЧ (при использовании модулятора МТ-300 или аналогичного, с выходом ПЧ).

3.2 Общая структурная схема цветного телевизора

Несмотря на огромное разнообразие выпускаемых в мире в настоящее время телевизионных приемников, строятся они все практически по однотипной структурной схеме (рисунок 7.2).

Селектор каналов всеволновый (СКВ) обеспечивает выделение радиосигнала вещательного телевидения $U_{РСВТ}$, требуемого телевизионного канала и преобразования его на первую промежуточную частоту (ПЧ).

СКВ обеспечивает также избирательность по зеркальному и прямому каналам, определяет чувствительность телевизора. В настоящее время используется два типа СКВ – с настройкой на заданный канал методом синтеза напряжения (VST – Voltage Syntheses Tuner) и с синтезатором частоты с петлей ФАПЧ (PLL – Phase Line Locked).

Основную избирательность телевизора обеспечивает фильтр на поверхностно-акустических волнах (ФПАВ), устанавливаемых между СКВ и трактом промежуточной частоты (ТПЧ). В зависимости от схемы построения ТПЧ (с совместной либо квазипараллельной обработкой радиосигналов изображения (РСИ) и звукового сопровождения (РСЗС) [25]) требуется один или два фильтра соответственно. В ТПЧ обеспечивается основное усиление РСИ и РСЗС, выполняется их демодуляция и формируются напряжения автоматической регулировки усиления (АРУ) $U_{АРУ}$ и автоподстройки частоты гетеродина (АПЧГ) $U_{АПЧГ}$ СКВ. Строится ТПЧ, как правило, на базе отдельной ИМС, реализующей указанные выше функции, либо входит в состав более многофункциональной ИМС.

Продетектированные полный цветовой телевизионный сигнал (ПЦТС) $U_{ПЦТС}$ и сигнал звуковой частоты $U_{ЗЧ}$ поступают на коммутатор внешних/внутренних сигналов (режимы AV/TV). Внешние $U_{ПЦТС}$ и $U_{ЗЧ}$ могут подаваться на телевизор либо через разъем SCART – Euroconnector, либо через RCA – разъем («тюльпан»). Также через SCART возможно подключение источников сигналов основных цветов (R, G, B) и других, причем, в зависимости от функциональной насыщенности телевизора, таких разъемов может быть несколько.

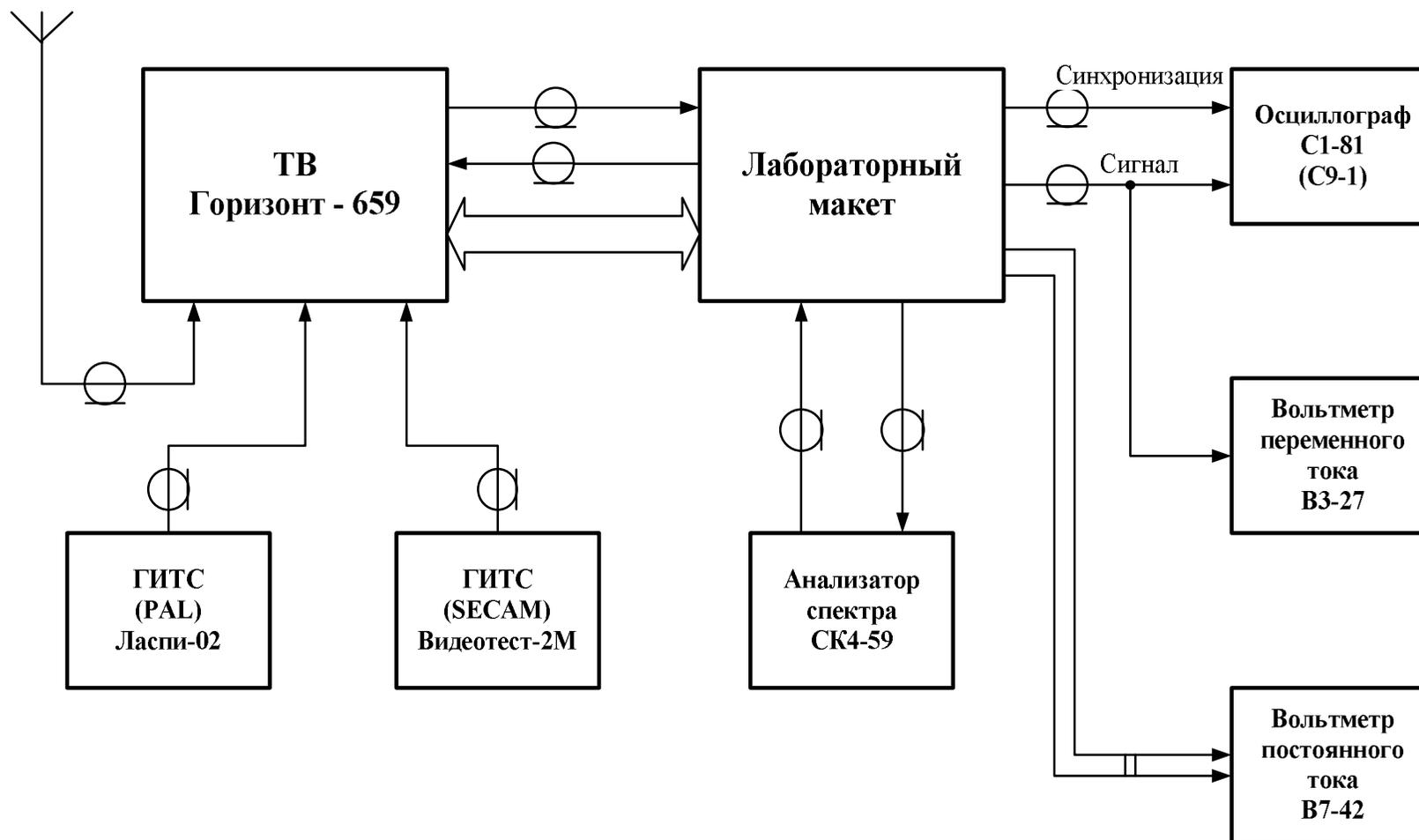


Рисунок 7.1 – Структурная схема лабораторной установки

Сигнал ЗЧ через усилитель звуковой частоты (УЗЧ) подается на акустическую систему (АС) ВА1. В УЗЧ осуществляется регулировка громкости и тембра звукового сигнала. В телевизорах высокого класса тракт ЗЧ строится по стереофонической (двухканальной) схеме, сигналы $U_{Зч}$ правого и левого каналов приходят либо с ТПЧ (если ведется ТВ вещание со стереозвуковым сопровождением – в нашей стране подобное, к сожалению, отсутствует), либо через SCART с любого внешнего источника. Если телевизор разрабатывается как основа для «домашнего кинотеатра», то он может иметь 6-канальный звуковой тракт (5 основных каналов + 1 сверхнизкочастотный).

ПЦТС поступает далее на блок разделения сигналов яркости и цветности (БРЯЦ), селектор синхроимпульсов (ССИ), модуль декодера телетекста (МДТ) и т.д.

БРЯЦ обеспечивает разделение сигналов яркости U_Y и цветности $U_{СЦ}$ и имеет множество вариантов построения – начиная от простой вилки из режекторного (РФ) и полосового фильтра (ПФ) до сложных гребенчатых фильтров (ГФ) на базе линий задержки на несколько строк. Последние используются, как правило, в телевизорах с цифровой обработкой сигналов и позволяют добиться практически полного разделения сигналов яркости и цветности, особенно для систем цветного телевидения NTSC и PAL.

Многостандартный декодер сигналов цветности (МДСЦ) обеспечивает демодуляцию СЦ систем ЦТВ NTSC/PAL/SECAM (или, в упрощенном, «европейском» варианте, PAL/SECAM). С его выхода цветоразностные сигналы U_{R-Y} , U_{B-Y} (или V , U), а также сигнал U_Y с выхода БРЯЦ поступают на матрицу RGB, обеспечивающую формирование сигналов основных цветов U_R , U_G , U_B .

Блок коммутации и регулировок обеспечивает выбор источника сигналов основных цветов (внутренние или внешние, со SCART), регулировку яркости, контрастности, насыщенности, воспроизведения сигналов экранной градации (OSD) с модуля управления и информации телетекста. Во всех современных телевизорах матрица RGB и блок коммутации и регулировок представляют собой один функционально законченный блок, реализованный на одной ИМС, получивший название «видеопроцессор». С его выхода сигналы U_R , U_G , U_B через трехканальный видеоусилитель (ВУ) подаются на катоды кинескопа VL1. В видеоусилителе путем измерения темновых тонов кинескопа формируется напряжение автоматического баланса белого цвета $U_{АББ}$.

Селектор синхроимпульсов (ССИ) обеспечивает выделение синхроследовательности из ПЦТС и разделение ее на кадровые и строчные синхроимпульсы $U_{КСИ}$, $U_{ССИ}$. Схема синхронизации формирует из последних специаль-

ный трехуровневый стробирующий импульс U_{SSC} (SSC – Super Sand Custle – такое название этот импульс получил в зарубежной литературе за свою форму), необходимый для работы МДСЦ и видеопроцессора, импульсы запуска строчной развертки $U_{СИЗ}$ и пилообразное напряжение $U_{КПЧ}$ для схемы кадровой развертки.

Блок строчной развертки (БСР) обеспечивает в строчной отклоняющей системе ток отклонения луча по горизонтали $I_{откл.(гор)}$, а также работу высоковольтного преобразователя, формирующего напряжение накала U_n , модулятора U_m , ускоряющее $U_{уск}$ и фокусирующее U_f , а также напряжение питания второго анода кинескопа U_{a2} .

Блок кадровой развертки совместно с кадровой отклоняющей системой обеспечивает отклонение луча (развертку) по вертикали.

Управление телевизором осуществляется из модуля управления (МУ). Достаточно часто используется другое его название: модуль синтезатора напряжений (МСН). Управление может быть либо аналоговым, с синтезом напряжений настройки и регулировок, под воздействием которых изменяются параметры основных узлов схемы, либо цифровым, когда сигналы управления подаются по двунаправленной цифровой шине. В качестве последней чаще всего используется двухпроводная шина I²S, разработанная фирмой Philips, хотя возможны и другие варианты, например трехпроводная шина IM – BUS фирмы IT International. Возможно (и часто применяется) комбинированное аналого-цифровое управление. В последнем случае цифровая шина связывает между собой только микроконтроллер и ИМС памяти внутри модуля управления, а также модуль декодера телетекста.

Все современные телевизоры оснащаются системой дистанционного управления на ИК лучах, в состав которой входит пульт дистанционного управления (ПДУ), фотоприемник (ФП) и декодер команд, входящий в состав модуля управления. Сигналы управления чаще всего передаются в кодах RC-4 или RC-5 [26], предложенных фирмой Philips, или в их разновидностях.

Модуль питания (МП) выполняется по импульсной схеме и обеспечивает узлы и модули телевизора необходимыми напряжениями (95 ... 155 В для БСР, 12...26 В для БКР, 12...24 В для УЗЧ, 12 В или 8 В для большинства аналоговых устройств телевизора, 5 В для цифровых узлов). Плата фильтра питания обеспечивает подавление как сетевых помех, так и ВЧ помех источника питания.

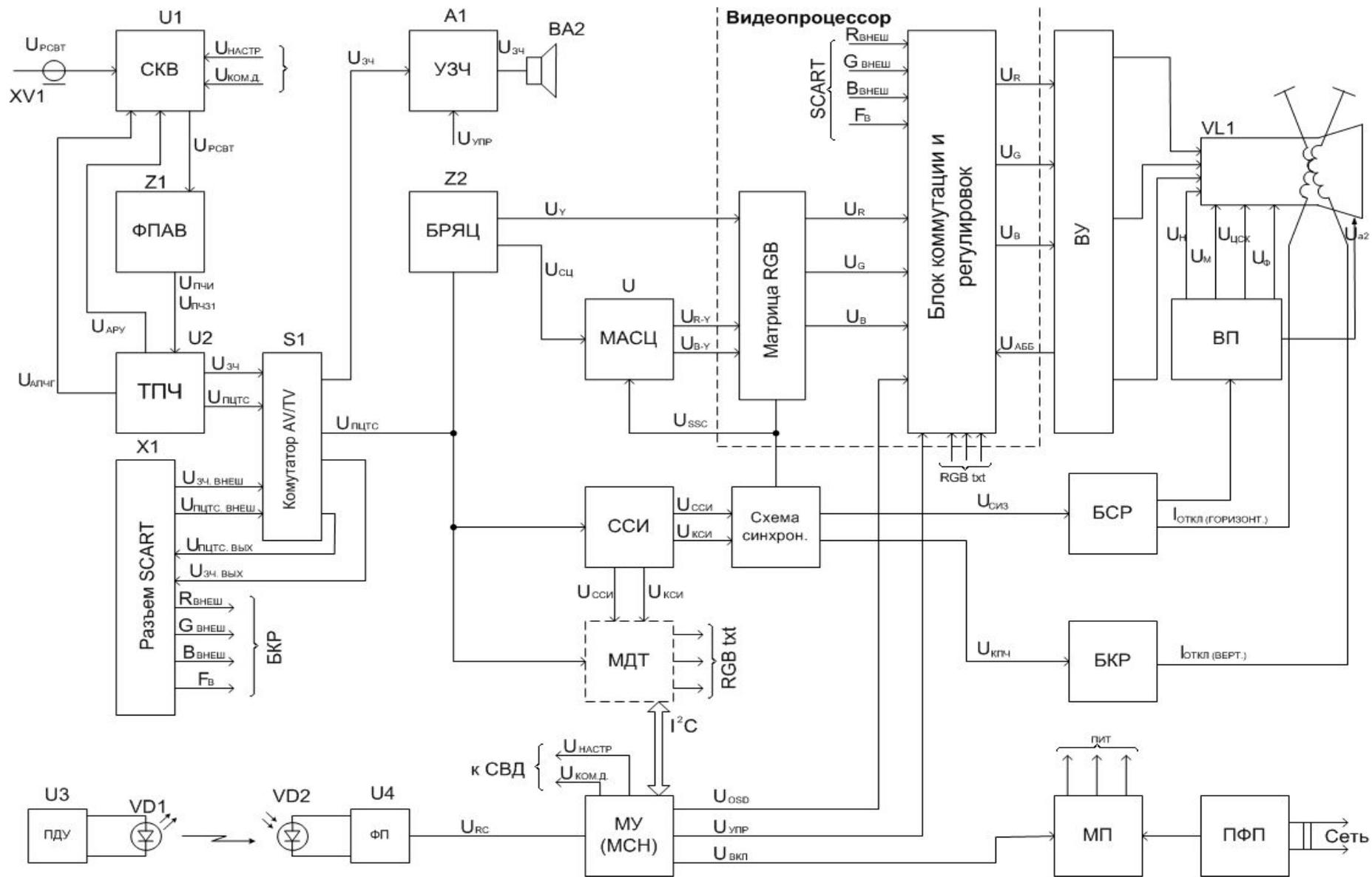


Рисунок 7.2 – Обобщенная структурная схема цветного телевизора

3.3 Функциональные схемы основных узлов телевизионного приемника

3.3.1 Селектор каналов всеволновый

Селектор каналов всеволновый (СКВ) предназначен для выбора РСТВ одной из телевизионных программ, передаваемых в диапазоне метровых или дециметровых волн, и преобразования его на промежуточную частоту.

Эфирное телевизионное вещание в нашей стране осуществляется по стандартам D/K в определенных участках МВ и ДМВ, разбитых на пять поддиапазонов:

- I – 1-й и 2-й ТВ каналы (48,5...66,0 МГц);
- II – 3 – 5-й ТВ каналы (76,0...100,0 МГц);
- III – 6 – 12-й ТВ каналы (174,0...230,0 МГц);
- IV – 21 – 34-й ТВ каналы (470,0...582,0 МГц);
- V – 35 – 60-й ТВ каналы (582,0...790,0 МГц).

В кабельных распределительных сетях также возможно использование частотных диапазонов, запрещенных для эфирного вещания: в диапазоне МВ – СК1...СК8 (110,0...174,0 МГц), СК9...СК19 (230,0...302,0 МГц); в диапазоне ДМВ – СК20...СК40 (302,0...470,0 МГц). Кроме того, диапазон ДМВ может быть расширен с 60 до 69 каналов (до 862 МГц).

Учитывая, что СКВ должен перекрывать весь диапазон частот, отведенный для ТВ вещания (как эфирного, так и кабельного), определим коэффициент перекрытия по частоте

$$q = \frac{f_{MAX}}{f_{MIN}} = \frac{862}{48} \approx 18.$$

Реализовать тракт с таким коэффициентом перекрытия по частоте схемотехнически невозможно, поэтому все современные СКВ строятся по трехканальной схеме (рисунок 7.3) – с делением на поддиапазоны А (48...170 МГц), В (170...450 МГц) и С (450...855 МГц). В этом случае максимальный коэффициент перекрытия по частоте составляет

$$q_{MAX} = q_A = \frac{168}{48} = 3,5,$$

что позволяет реализовывать электронную перестройку по частоте как входных фильтров УВЧ, так и гетеродинов.

Действительно, чтобы изменить частоту в 3,5 раза, необходимо изменить емкость варикапов в q^2 , т.е. примерно в 12,5 раз, так как изменение частоты обратно пропорционально корню квадратному из величины емкости (или индуктивности):

$$f = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Коэффициент перекрытия по емкости лучших современных варикапов составляет 20...25 раз, так что последнее условие достаточно легко выполнимо.

Тракты каждого диапазона в СКВ независимы и содержат отдельные входные цепи Z1.1, Z2.1 и Z3.1, УВЧ А1...А3, полосовые фильтры Z1.2, Z2.2 и Z3.2, смесители UZ1...UZ3 и гетеродины G1...G3. Общими для всех трактов являются выходной ФНЧ Z4 и предварительный УПЧ А4.

Входные цепи и полосовые фильтры каждого поддиапазона выполняются перестраиваемыми по частоте и обеспечивают подавление зеркального и прямого каналов приема, а также частичную избирательность по соседнему каналу. Полоса пропускания каждого канала составляет от 8 до 11 МГц в нижнем (А) поддиапазоне, 8...13 МГц в среднем (В) и 12...14 МГц в верхнем (С) поддиапазонах. Центральная частота определяется напряжением настройки $U_{НАСТР}$, подаваемым на СКВ, выбор требуемого поддиапазона – подачей управляющего напряжения (U_A , U_B или U_C) на соответствующий УВЧ (А1, А2 или А3). На УВЧ также подается напряжение $U_{АРУ}$ автоматической регулировки усиления (АРУ). Напряжение настройки $U_{НАСТР}$ подается одновременно на все перестраиваемые элементы (входные цепи, ПФ, гетеродины).

Есть два способа настройки СКВ на заданный канал – при помощи напряжения настройки или с использованием синтеза частоты. В последнем случае в схему селектора вводится ряд дополнительных функциональных блоков (на рисунке 7.4 изображены штриховыми линиями): делитель U1 с переменным коэффициентом деления (ДПКД), фазовый детектор UR1, делитель частоты U2, опорный кварцевый генератор G4, сумматор U3 и ФНЧ Z5.

В отличие от СКВ с синтезатором напряжения в данном случае на схему подается не только напряжение настройки, но и значение коэффициента деления ДПКД по цифровой шине I²S. Частота гетеродина, поделенная в n раз, сравнивается с частотой опорного генератора G4 в фазовом детекторе UR1. Напряжение ошибки фильтруется ФНЧ Z5 и суммируется с напряжением настройки, подстраивая таким образом частоту гетеродина. В результате ее отно-

сительная нестабильность будет определяться нестабильностью частоты кварцевого генератора, которая крайне мала (менее 10^{-5}). Шаг перестройки (сканирования) определяется частотой опорного сигнала, поступающего на фазовый детектор с делителем U2. Как правило, в современных СКВ с синтезом частоты коэффициент деления частоты этого делителя имеет несколько фиксированных значений, задаваемых по I²C шине; в результате шаг перестройки можно установить, к примеру, равным 62,5 кГц, 50 кГц, 31,25 кГц и т.д.

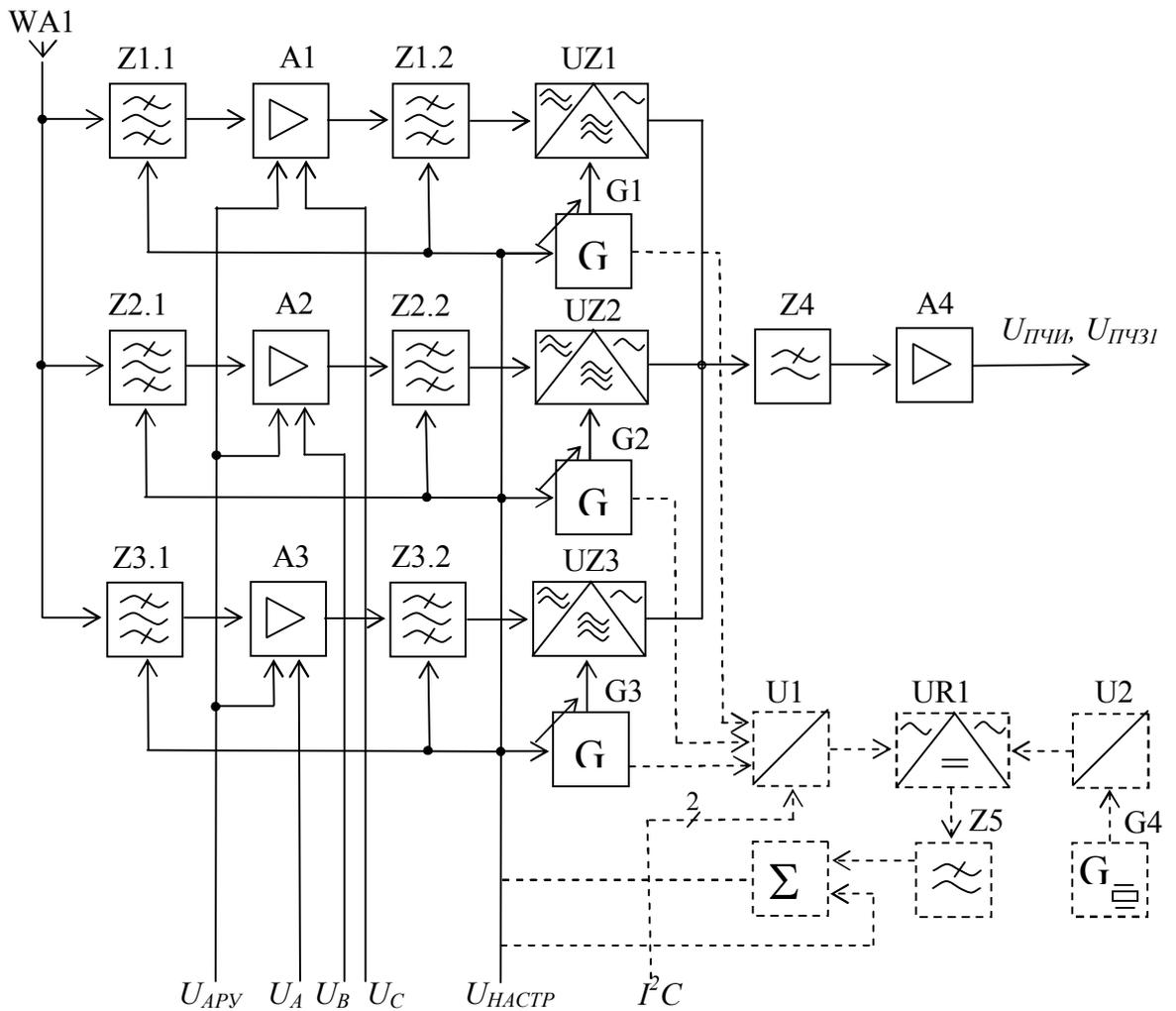


Рисунок 7.3 – Функциональная схема всеволнового селектора каналов

Основные характеристики СКВ, наиболее часто встречающихся в современных телевизорах [27...29], приведены в таблицах 7.1 и 7.2. Из них видно, что основные технические характеристики СКВ практически идентичны, отличие лишь в том, что последние модели (серия UV1300) обладают несколько лучшей чувствительностью и избирательностью, а также требуют напряжения питания + 5 В.

Таблица 7.1 – Основные типы селекторов каналов, используемых
в современных телевизионных приемниках

Тип селектора	Аналог	Полоса частот	Способ настройки	Выход ПЧ	Размеры, мм
UV617		Эфирное ТВ	СН	Сим.	84×55×20
UV618		Эфирно-каб. ТВ	СН+ДЧ	Сим.	– // –
UV815	KS-H-61	Всеволновый	СН	Сим.	– // –
UV816	KS-H-64	Всеволновый	СЧ	Сим.	– // –
UV915	KS-V-91	Всеволновый	СН	Сим.	66×46,5×20
UV916	KS-H-96, СКВ-310	Всеволновый	СЧ	Сим.	– // –
UV917	KS-H-95, СКВ-301	Эфирно-каб. ТВ	СН	Сим.	– // –
UV1315	СКВ-411, KS-H-133, KS-H-131	Всеволновый	СН	Сим.	53×43,5×14
UV1316	СКВ-410, KS-H-134	Всеволновый	СЧ	Сим.	– // –
UV1317	СКВ-401, KS-H-133EA	Эфирно-каб. ТВ	СН	Сим.	– // –
KS-V-73		Эфирно-каб. ТВ	СН	Асим.	54×46,5×18,5
KS-H-79		Всеволновый	СН	Асим.	– // –

Таблица 7.2 – Основные технические характеристики современных
селекторов каналов

Тип селектора	Коэф. усиления, дБ	Напряжение настройки		Избирательность		Коэф. шума, дБ	U _{пит.} , В
		min, В	max, В	по ПЧ, дБ	по ЗК, дБ		
UV617	38	0,8	28	60	60...70	8...11	12
UV618	38	0,8	28	60	60...70	8...11	12
UV815	38	0,7	28	60	66	< 11	12
UV816	38	0,7	28	60	66	< 11	12
UV915	38	0,7	28	60	66	< 11	12
UV916	38	1	28	60	66	< 11	12
UV917	38	0,7	28	60	66	< 11	12
UV1315	38	0,5	28	60...70	66...70	9...10	5
UV1316	38	0,5	28	60...70	66...70	9	5
UV1317	38	0,5	28	60...70	66...70	9...10	5
KS-V-73	20	0,5	28	60	45	12	12
KS-H-79	40	0,5	28	60	55	10	12

Кроме того, совершенствование элементной базы и технологии производства позволило уменьшить габаритные размеры СКВ. По этой же причине шаг выводов у этих селекторов уменьшен с 4,45 мм (семейство UV900) до 4 мм (UV1300), поэтому они конструктивно не совместимы, что необходимо учитывать при возможной замене СКВ.

3.3.2 Функциональная схема тракта промежуточной частоты

Функциональная схема тракта ПЧ изображения (ПЧИ) и первой ПЧ звукового сопровождения (ПЧЗ1) представлена на рисунке 7.4. Он выполнен по схеме с совместной обработкой сигналов изображения и звукового сопровождения, а все его активные элементы реализованы на ИМС TDA8362. Сигнал с симметричного выхода ПЧ СКВ (выводы 16, 17) поступает на полосовой фильтр ZQ1 на поверхностных акустических волнах типа КФПА2992 или аналогичный, обеспечивающий необходимую форму АЧХ и ФЧХ УПЧИ.

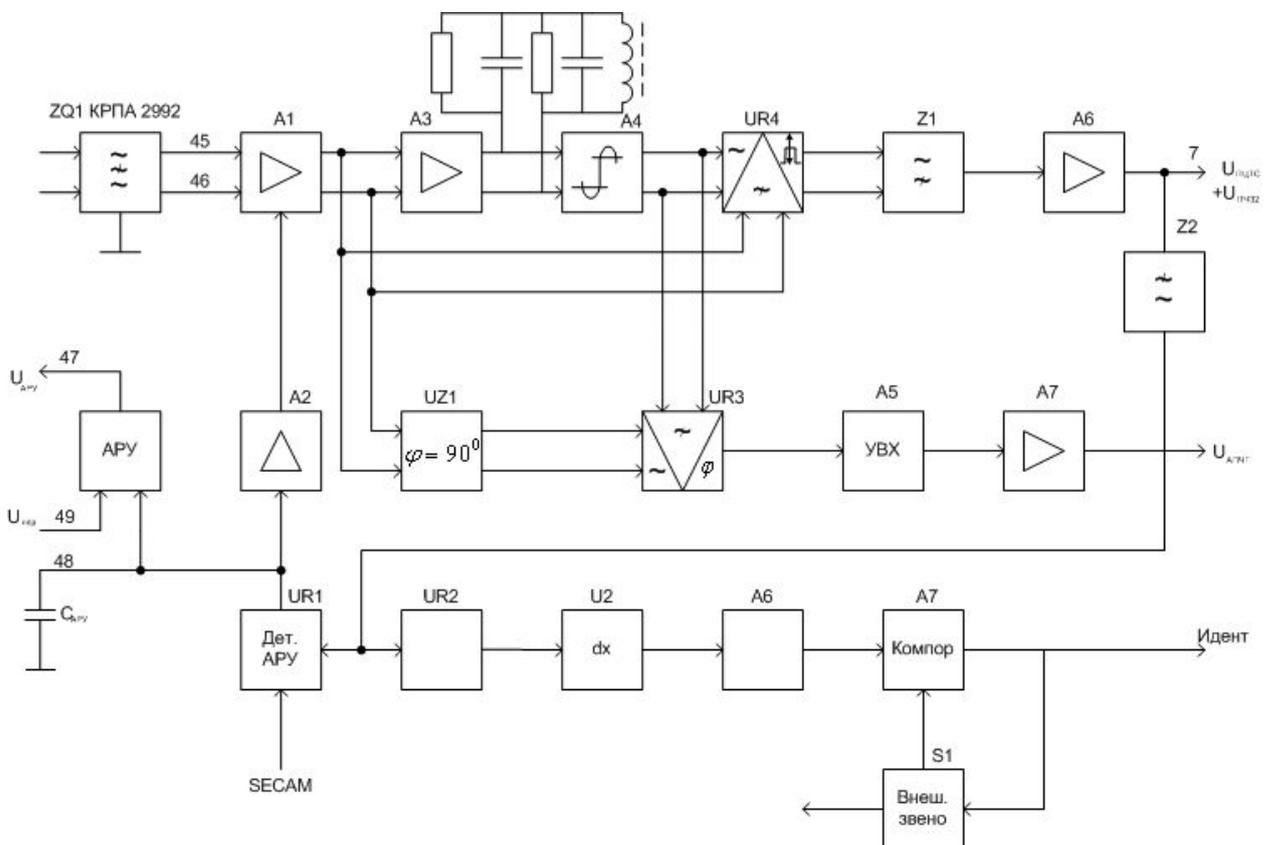


Рисунок 7.4 – Функциональная схема тракта ПЧИ и ПЧЗ1

Основное усиление сигналов ПЧИ и ПЧЗ1 обеспечивается в трехкаскадном дифференциальном усилителе А7. Каскады усилителя охвачены отрицательной обратной связью по переменному току, коэффициент передачи управляется схемой АРУ, состоящей из пикового детектора UR1 и усилителя А2. Диапазон регулировки – 64 дБ, чувствительность по входу, при которой вступает в действие схема АРУ, составляет 70 мкВ.

Детектирование РСИ и преобразование РСЗС с первой ПЧ на вторую производится в синхронном демодуляторе UR4. Он выполнен по схеме балансного перемножителя, на один из входов которого поступают РСИ и РСЗС на первой ПЧ, на второй – опорное колебание, представляющее собой выделенный опорным контуром на внешних элементах R1, R2, C1, C2, L1 сигнал промежуточной частоты изображения. Каскады усиления - ограничения А3, А4 способствуют подавлению амплитудной модуляции.

Рассмотрим подробнее процессы, происходящие в синхронном демодуляторе. Представим РСИ и РСЗС на его входе в следующем виде [30]:

$$U_{РСИ}(t) = U_{ПЧИ} \cdot [1 - MU_{ПЦТС}(t)] \cos(\omega_{ПЧИ}t + \varphi_0), \quad (7.1)$$

$$U_{РСЗС}(t) = U_{ПЧЗ1} \cdot \cos \left[\omega_{ПЧЗ1}t + m \int_{-\infty}^{+\infty} U_{ЗЧ}(t) dt \right], \quad (7.2)$$

где $U_{ПЧИ}$, $U_{ПЧЗ1}$ – амплитуды несущих изображения из звукового сопровождения на первой ПЧ;

$U_{ПЦТС}$, $U_{ЗЧ}$ – сигналы изображения и звукового сопровождения;

M – глубина АМ;

m – индекс ЧМ;

$\omega_{ПЧИ} = 2\pi f_{ПЧИ}$ – круговая ПЧИ;

$\omega_{ПЧЗ1} = 2\pi f_{ПЧЗ1}$ – круговая ПЧЗ (первая).

Для упрощения анализа примем, что сигнал ЗЧ является гармоническим:

$$U_{ЗЧ}(t) = \cos \Omega t. \quad (7.3)$$

Тогда

$$U_{РСЗС}(t) = U_{ПЧЗ1} \cos[\omega_{ПЧЗ1}t + m \sin \Omega t] \quad (7.4)$$

Сигнал на выходе синхронного демодулятора будет иметь вид:

$$U_{ВЫХ СД}(t) = [U_{РСИ}(t) + U_{РСЗС}(t)] \cdot U'_{ПЧИ}(t), \quad (7.5)$$

где $U'_{ПЧИ}(t) = 2 \cos(\omega_{ПЧИ}t + \varphi'_0)$ – выделенная схемой регенерации несущая изображения на первой ПЧ.

Используя принципы суперпозиции, рассмотрим по отдельности преобразование РСИ и РСЗС в синхронном демодуляторе. Для РСИ напряжение на выходе СД запишется в виде

$$\begin{aligned} U'_{ВЫХ СД}(t) &= U_{РСИ}(t) \cdot U'_{ПЧИ}(t) = U_{ПЧИ} \cdot [1 - MU_{ПЦТС}(t)] \cos(\omega_{ПЧИ}t + \varphi_0) \times \\ &\times 2 \cos(\omega_{ПЧИ}t + \varphi'_0) = U_{ПЧИ} \cdot [1 - MU_{ПЦТС}(t)] \cos(2\omega_{ПЧИ}t + \varphi_0 + \varphi'_0) + (7.6) \\ &+ U_{ПЧИ} \cdot [1 - MU_{ПЦТС}(t)] \cos(\varphi_0 - \varphi'_0). \end{aligned}$$

Составляющие с частотой $2\omega_{ПЧИ}$ будут подавлены фильтром Z1, поэтому останется только модулированный сигнал:

$$U'_{ВЫХ СД}(t) = U_{ПЧИ} \cdot [1 - MU_{ПЦТС}(t)] \cos(\varphi_0 - \varphi'_0). \quad (7.7)$$

Учитывая, что $U_{ПЧИ}$ и M – постоянные величины, и выбирая разность фаз $(\varphi_0 - \varphi'_0)$ между несущим и восстановленным (опорным) колебанием равной 0° (сигналы синфазные) или 180° (противофазные), получаем продетектированный сигнал $U_{ПЦТС}(t)$ с постоянной составляющей в положительной или отрицательной полярности:

$$U'_{ВЫХ СД}(t) = kU_0 \pm U_{ПЦТС}(t). \quad (7.8)$$

Повторим эти рассуждения для РСЗС:

$$\begin{aligned} U''_{ВЫХ СД}(t) &= U_{РСЗС}(t) \cdot U'_{ПЧИ}(t) = U_{ПЧЗ1} \cdot \cos(\omega_{ПЧЗ1}t + m \sin \Omega t) \times \\ &\times 2 \cos(\omega_{ПЧИ}t + \varphi'_0) = U_{ПЧЗ1} \cdot \cos[(\omega_{ПЧЗ1} + \omega_{ПЧИ})t + m \sin \Omega t + \varphi'_0] + (7.9) \\ &+ U_{ПЧЗ1} \cdot \cos[(\omega_{ПЧЗ1} - \omega_{ПЧИ})t + m \sin \Omega t - \varphi'_0] \end{aligned}$$

Составляющие с частотой $(\omega_{ПЧЗ1} + \omega_{ПЧИ})$ подавляются ФПЧ Z1. Таким образом,

$$U''_{ВЫХ СД}(t) = U_{ПЧЗ1} \cdot \cos(\omega_{ПЧЗ2}t + m \sin \Omega t - \varphi'_0), \quad (7.10)$$

где $\omega_{ПЧЗ2} = (\omega_{ПЧЗ1} - \omega_{ПЧИ})$ – вторая ПЧ РСЗС.

Просуммировав (7.8) и (7.10), получим сигнал на выходе СД (с учетом фильтрации в Z1).

$$\begin{aligned} U_{ВЫХ СД} &= U'_{ВЫХ СД}(t) + U''_{ВЫХ СД}(t) = kU_0 \pm U_{ПЦТС}(t) + \\ &+ U_{ПЧЗ1}(t) \cos(\omega_{ПЧЗ2}t + m \sin \Omega t - \varphi'_0) \end{aligned} \quad (7.11)$$

Видно, что на выходе СД присутствует продетектированный ПЦТС и РСЗС на второй ПЧ.

Следует отметить, что выше был рассмотрен процесс идеального синхронного детектирования. В реальности выделенная ПЧ изображения $U'_{ПЧИ}(t)$ всегда имеет паразитную АМ, а фазы высокочастотного колебания φ_0 и φ'_0 зависят от модулирующего сигнала (соответственно изменяются во времени).

В результате сигналы ПЦТС и ЗЧ приобретают линейные и нелинейные искажения, минимизация которых является достаточно сложной задачей при построении тракта ПЧ. Более подробно эти вопросы рассмотрены в [25].

Одной из основных причин возникновения линейных и квадратурных искажений сигналов является неравномерность АЧХ УПЧИ, а также неточность установления относительно ее спектров РСИ и РСЗС. Отсюда достаточно высокие требования к стабильности частоты гетеродина селектора каналов: максимальный уход частоты во всех случаях не должен превышать ± 100 кГц. Это обеспечивается применением схемы АПЧГ, представляющей собой фазовый детектор UR3, УВХ А5 и УПТ А7. Применение ФД позволяет более точно поддерживать частоту $f_{ПЧИ} = 38,0$ (38,9) МГц с остаточной расстройкой не по частоте, а по фазе.

ФД выполнен таким же образом, что и СД UR4, т.е. по схеме балансного перемножителя. Отличие лишь в том, что на один вход ФД поступает выделенный схемой регенерации сигнал промежуточной частоты изображения $U'_{ПЧИ}(t)$, а на второй – РСИ, сдвинутый по фазе на 90° фазовращателем UZ7. В результате перемножения (по аналогии с (7.6)) на выходе ФД формируется сигнал ошибки, пропорциональный разности фаз между входными сигналами.

В тракте ПЧ используется ключевая АРУ с задержкой. Функцию детектора схемы АРУ исполняет детектор UR1, фиксирующий уровни синхроимпульсов при приеме радиосигналов с негативной модуляцией (все стандарты, за исключением L) либо максимальный уровень белого, если используется позитивная модуляция (стандарт L). При работе с радиосигналами с негативной модуляцией для исключения влияния видеосигнала на схему АРУ производится ее стробирование строчными синхроимпульсами, т.е. сигнал детектируется только в момент прихода ССИ. Отсюда название типа АРУ – ключевая. Стробирование отключается на время обратного хода кадровой развертки. Это позволяет избежать изменения амплитуды видеосигнала в режиме воспроизведения с видеомagneтофона из-за фазовых сдвигов, возникающих во время переключения видеоголовок. В режиме приема сигналов с позитивной модуляцией детектор

APY срабатывает только в строках 17 и 330. Особенность этих строк в том, что в них передаются испытательные сигналы для контроля параметров сквозного ТВ тракта и размах их всегда должен быть постоянен.

Напряжение детектора APY запоминается конденсатором C_{APY} , причем постоянные времени его разряда различны при обработке радиосигналов с позитивной и негативной модуляцией. Связано это с тем, что максимальный размах сигнала при негативной модуляции изменяется в каждой строке, а позитивной – только в одной строке каждого поля. Допустимый ток разряда конденсатора C_{APY} составляет 10 мкА для негативной и 0,2 мкА для позитивной модуляции. Превышение этого тока ухудшает характеристики схемы APY и приводит к изменению амплитуды видеосигнала в течение строки (поля).

Схема задержки обеспечивает включение APY только при достижении определенного размаха сигналов на выходе демодулятора. Величина порога задается при помощи внешнего постоянного напряжения, подаваемого на формирователь $U_{APY} U7$.

В зависимости от величины порогового напряжения уровни входного сигнала на УПЧИ А1, при которых начинает работать схема APY, могут лежать в пределах от 0,2 до 150 мВ_{эф}.

Схема идентификации, включающая в себя пиковый детектор UR2, интегратор U2, компараторы А6, А7 и схему выключения звука S1, формирует следующие сигналы:

- напряжение не более 0,5 В при отсутствии видеосигнала (при этом отключается демодулятор РСЗС);
- напряжение 6 В при приеме сигнала с частотой цветовой поднесущей 3,58 МГц (система NTSC);
- напряжение 8 В при приеме сигнала с частотой цветовой поднесущей 4,43 МГц (система PAL).

Схема идентификации видеосигнала работает независимо от цепей синхронизации (в отличие от схемы APY), что обеспечивает сохранение настройки на обрабатываемый ТВ сигнал при переводе телевизора в режим монитора (режим AV).

3.3.3 Схема демодуляции РСЗС

РСЗС на второй ПЧ (5,5 или 6,5 МГц в зависимости от принимаемого стандарта) выделяется из ПЦТС полосовыми фильтрами Z1 или Z2 и ограничи-

вается усилителем-ограничителем А1 (рисунок 7.5). Основная задача последнего – устранение паразитной АМ частотно-модулированного сигнала звукового сопровождения.

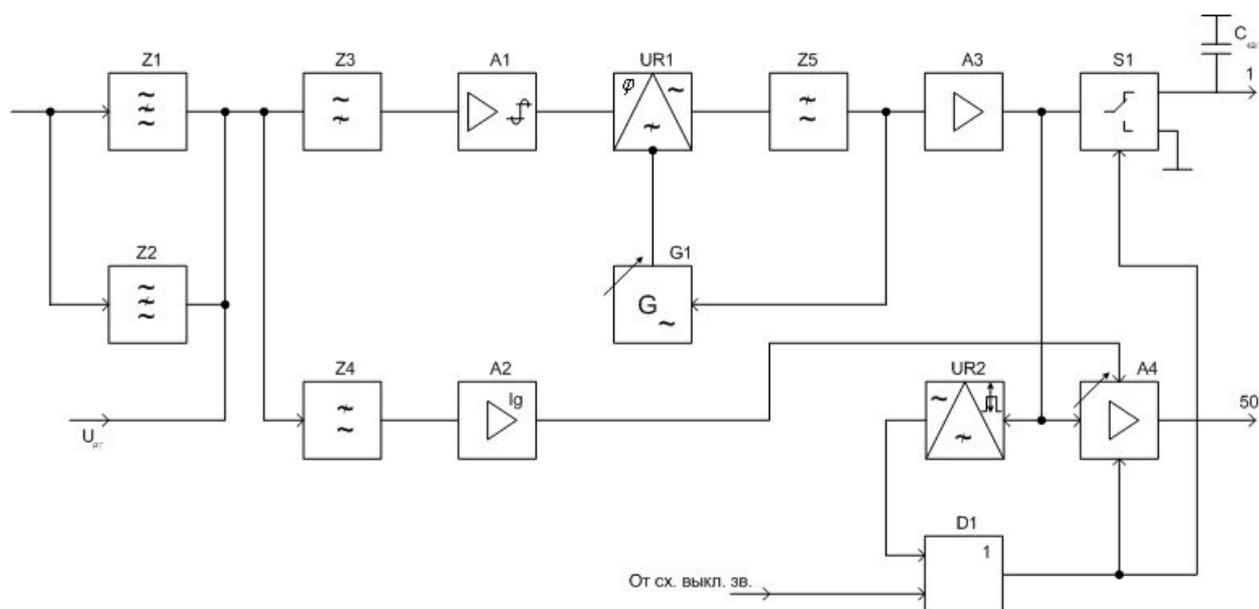


Рисунок 7.5 – Функциональная схема демодулятора РСЗС

Демодулятор выполнен на базе схемы ФАПЧ (т.е. является синхронно-фазовым детектором) и включает в себя фазовый детектор UR1, ФНЧ Z5 и генератор, управляемый напряжением (ГУН) G1. Демодуляторы такого типа относятся к классу порогопонижающих [31] и способны работать при меньшем отношении сигнал/шум входного ЧМ сигнала по сравнению с классическими схемами построения частотных детекторов. Кроме этого, демодулятор на базе ФАПЧ не требует настройки, а единственным его внешним элементом является конденсатор RC-фильтра нижних частот.

Принцип работы демодулятора следующий: фазовый детектор (ФД) UR1 сравнивает фазы входного напряжения и напряжения, создаваемого управляемым генератором (ГУН). В зависимости от разности фаз на выходе UR1 вырабатывается напряжение ошибки, которое проходит через ФНЧ Z5 и управляет частотой гетеродина G1. Если разность частот входного сигнала ω_C и гетеродина $\omega_{Г0}$ меньше половины полосы захвата петли ФАПЧ, то частоты синхронизируются, т.е. частота гетеродина становится равной частоте сигнала: $\omega_G = \omega_C$. Управляющее напряжение оказывается пропорциональным разности частоты входного сигнала и собственной частоты гетеродина $\omega_{Г0}$.

Представим, что на сигнальный вход ФД UR1 подается радиосигнал звукового сопровождения на второй ПЧ

$$U_{PC3C}(t) = U_{ПЧ32} \cos[\omega_{ПЧ32}t + \varphi_C(t)] = U_{ПЧ32} \cos[\omega_{МГН}(t)t], \quad (7.12)$$

где $\varphi_C(t) = m \int_{-\infty}^{\infty} U_{3Ч}(t)dt$ – мгновенная фаза модулирующего сигнала;

$$\omega_{МГН}(t) = \omega_{ПЧ32} + \frac{\partial \varphi_C(t)}{\partial t} \text{ – мгновенная частота ЧМ сигнала.}$$

На гетеродинный вход этого же ФД подается опорное колебание

$$U_{ОП}(t) = U_{ГУН} \cos[\omega_{ГУН}t + \varphi_0], \quad (7.13)$$

где $U_{ГУН}$ – максимальная амплитуда опорного сигнала;

$\omega_{ГУН}$ – круговая частота ГУНа;

φ_0 – начальная фаза опорного сигнала.

На выходе ФД получается произведение входного и гетеродинного сигналов

$$\begin{aligned} U_{ФД}(t) &= U_{PC3C}(t) \cdot U_{ОП}(t) = U_{ПЧ32} \cos[\omega_{МГН}(t)] \cdot U_{ГУН} \cos[\omega_{ГУН}t + \varphi_0] = \\ &= K_{ГУН} \frac{U_{PC3C}(t) \cdot U_{ОП}(t)}{2} \times \\ &\times \{ \cos[(\xi_{МГН}(t) + \omega_{ГУН})t + \varphi_0] + \cos[(\omega_{МГН}(t) - \omega_{ГУН})t - \varphi_0] \} \end{aligned} \quad (7.14)$$

где $K_{ГУН}$ – коэффициент передачи ФД.

После фильтрации в ФНЧ Z5 получим выходной сигнал

$$U_{ВЫХ}(t) = K_{ГУН} \frac{U_{PC3C}(t) \cdot U_{ОП}(t)}{2} \times \cos[(\omega_{МГН}(t) - \omega_{ГУН})t - \varphi_0]. \quad (7.15)$$

Этот же сигнал поступает и на управляющий вход ГУН G1, изменяя его частоту таким образом, что она становится равной частоте входного сигнала ФД. Если частота ГУН пропорциональна управляющему напряжению, т.е.

$$\omega_{ГУН} = \omega_0 + \alpha U_{ВЫХ}, \quad (7.16)$$

где ω_0 – частота колебаний ГУН в отсутствие управляющего сигнала,

то в синхронном режиме работы петли ФАПЧ ($\omega_{ПЧ32} = \omega_{ГУН}$) получаем:

$$U_{ВЫХ} = \frac{1}{\alpha} (\omega_{МГН}(t) - \omega_0). \quad (7.17)$$

Таким образом, выходное напряжение пропорционально отклонению частоты сигнала от некоторого фиксированного значения, что и требуется от частотного детектора [32].

Предварительный усилитель А3 обеспечивает усиление протектированного звукового сигнала до уровня $350 \text{ мВ}_{\text{эфф}}$. Этот сигнал, не регулируемый по амплитуде, поступает на выход схемы, к которому подключен внешний конденсатор $C_{\text{КВП}}$ для коррекции ВЧ преобразования сигнала ЗС. Также сигнал ЗЧ подается на регулируемый усилитель А4, а с него – на УЗЧ телевизора.

Регулировка громкости выходного сигнала ЗЧ осуществляется путем подачи постоянного управляющего напряжения на вывод 5 ИМС. Это напряжение выделяется ФНЧ Z4 и через усилитель с логарифмической АХ А2 поступает на регулирующий вход предварительного УЗЧ А4. При изменении управляющего напряжения от 0 до 5 В диапазон регулировки громкости составляет 80 дБ.

Предварительный УЗЧ А4 может быть полностью заблокирован (отключен) сигналом со схемы «ИЛИ» D1, на один из входов которой поступает сигнал от схемы выключения звука тракта ПЧИ и ПЧЗ1 (см. рисунок 7.4), а также с детектора АМ сигнала звукового сопровождения UR2 (используется в стандарте L). Если на входе UR2 появляется высокий уровень (не менее $U_{\text{пит}} - 1 \text{ В}$), он формирует сигнал блокировки УЗЧ А4.

3.3.4 Схема синхронизации и управления развертками

Схема синхронизации (рисунок 7.6) обеспечивает выделение строчных и кадровых синхроимпульсов, формирование трехуровневого стробирующего импульса U_{SSC} и импульсов запуска строчной и кадровой разверток.

Полный цветовой телевизионный сигнал $U_{\text{ПЦТС}}$ через схему привязки уровня (восстановления постоянной составляющей) U3 подается на амплитудный ограничитель А1, осуществляющий выделение синхроимпульсов, и далее на схемы выделения строчных и кадровых синхроимпульсов U2 и U5.

Строчные синхроимпульсы подаются на первый фазовый детектор UR1 и детектор совпадений D1, который идентифицирует наличие видеосигнала по наличию синхроимпульсов на обоих его входах и осуществляет контроль синхронизации задающего генератора (ЗГ) G1.

При отсутствии синхронизации напряжение на выходе детектора D1 (и соответственно на выводе 14 ИМС) становится низким, что может использоваться для определения наличия видеосигнала.

Задающий генератор работает на удвоенной частоте строк исходя из условия обеспечения чересстрочного раstra. После деления частоты сигнала ЗГ на два импульсы с частотой $f_{\text{стр}}$ подаются на двойную схему ФАПЧ.

детектора совпадений. При увеличении шумов постоянная времени ФД увеличивается, выходной ток составляет 30 мкА, что приводит к уменьшению полосы захвата и повышению помехоустойчивости.

При приеме нормального сигнала, а также при обработке внешнего видеосигнала (режим AV), постоянная времени уменьшается (выходной ток 180 мкА) для расширения полосы захвата сигнала синхронизации.

При работе в режиме AV для обеспечения быстрой компенсации фазовой ошибки, возникающей, к примеру, в сигнале с видеомэгнитофона при переключении видеоголовок, на время обратного хода кадровой развертки постоянную времени уменьшают еще примерно в 1,5 раза для ускорения захвата сигнала синхронизации. Это позволяет устранить характерный «загиб» верхней части изображения, возникающий при работе с видеозаписями низкого качества.

Для обеспечения нормальной работы схемы синхронизации размах $U_{\text{ПЦТС}}$ размах должен быть не менее 2 В от уровня белого до уровня синхронизации. В противном случае детектор шума переключит постоянную времени при меньшем уровне сигнала (переключения происходит при отношении сигнал/шум около 20 дБ), что приведет к «дрожанию» фазы сигнала ЗГ.

Для обеспечения независимости фазы изображения (и, соответственно, его положения на экране по горизонтали) от частоты строчной развертки (15625 или 15734 Гц) статическая характеристика ФД имеет очень высокую крутизну.

Частота ЗГ автоматически калибруется путем сравнения ее с частотой кварцевого генератора декодера сигналов цветности, которая делится делителем U1 до значения, наиболее близкого к частоте строк (кварцевый генератор работает либо на частоте $(283+314)f_{\text{стр}} + f_{\text{к}} \approx 4,43$ МГц при работе в системе PAL и $227,5f_{\text{стр}} + f_{\text{к}} \approx 3,58$ МГц в NTSC). В результате частота свободных колебаний ЗГ имеет девиацию не более 2% от номинального ($f_{\text{стр}}$) значения.

Вторая петля ФАПЧ, включающая в себя фазовый детектор UR3 и ФНЧ Z2, обеспечивает поддержание заданной фазы импульсов запуска строчной развертки $U_{\text{стр}}$ на выходе формирователя U9 относительно импульсов ЗГ в режиме захвата первой петли ФАПЧ. Начальная фаза изображения устанавливается изменением внешней нагрузки, подключаемой на выход ФД UR3. Диапазон сдвига (центровки изображения по горизонтали) составляет ± 2 мкс. Импульсы обратного хода строчной развертки $U_{\text{СИОХ}}$ подаются на второй вход ФД UR3, на нем же формируются трехуровневые стробирующие импульсы U_{SSC} , необходимые для работы декодера SECAM DA102 и дискретных линий задержки на переключаемых конденсаторах DT107.

Запуск ЗГ осуществляется подачей на схему запуска внешнего постоянного напряжения 8 В. пилообразные импульсы управления выходным каскадом кадровой развертки формируются путем деления частоты ЗГ G7. Делитель частоты U6 имеет два режима работы:

- режим «широкого окна» включается при отсутствии синхронизации или при приеме нестандартного сигнала (количество строк в поле от 311 до 314 при частоте полей 50 Гц и от 261 до 264 при частоте полей 60 Гц). В этом случае делитель U6 находится в режиме поиска и периодически переключается с частоты 45 Гц на частоту 64,5 Гц;

- режим «узкого окна» включается, когда детектируется более 15 последовательных кадровых синхроимпульсов. Этот режим является стандартным.

Обратное переключение делителя в режим поиска происходит в случае отсутствия кадровых периодов кадровой развертки. При включении телевизора частота полей устанавливается равной 60 Гц или 50 Гц, в зависимости от модификации ИМС, далее, при опознавании сигнала кадровой синхронизации, устанавливается точное значение частоты полей (либо остается 60 Гц при работе в стандартах М, N, либо осуществляется переход на 50 Гц при приеме всех остальных стандартов).

На формирователь U7 подаются импульсы обратного хода кадровой развертки для повышения линейности выходного напряжения. Постоянное напряжение на управляющем входе U7 (вывод 41 ИМС) в нормальном режиме составляет $2,5 \pm 0,5$ В, размах переменного – 1 В. Если увеличить или уменьшить постоянное напряжение относительно номинала на 1,5 В и более, происходит срабатывание защиты от прожога кинескопа, обеспечивающей гашение лучей.

3.3.5 Декодер сигналов цветности PAL

Декодер (демодулятор) сигналов цветности выполнен на базе трех ИМС – TDA 8362 (схемы разделения сигналов яркости и цветности и декодер PAL), TDA8395 (декодер SECAM) и TDA4665 (интегральная линия задержки). Внутренняя структура части ИМС TDA 8362, отвечающая за разделение сигналов яркости и цветности, приведена на рисунке 7.7. Полный цветовой телевизионный сигнал (ПЦТС) через выводы 13 (внутренний ПЦТС с выхода видеодетектора) и 15 (внешний ПЦТС или сигнал яркости с разъема SCART) через коммутатор S1 подается на предварительный усилитель A1 с регулируемым коэффициентом передачи (0 дБ для внутреннего ПЦТС и 6 дБ – для внешнего). В результате этого, независимо от выбора источника, размах сигнала на выходе A1 составляет 2 В от уровня синхронизации до уровня белого. Коммутатор S3 про-

пускает ПЦТС только в активной части поля, режекторный фильтр Z3 обеспечивает подавление гармоник сигнала цветности.

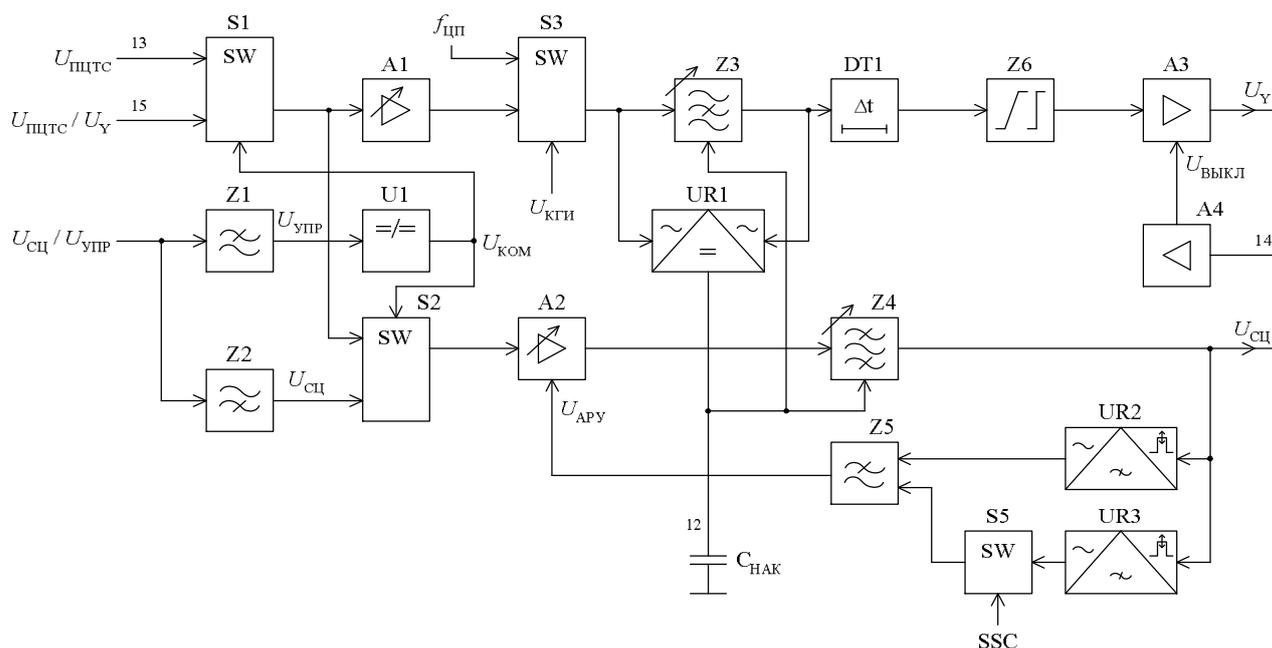


Рисунок 7.7 – Функциональная схема блока разделения сигналов яркости и цветности ИМС TDA8362

Z3 является гираторным фильтром с изменяемой частотой режекции. Настройка выполняется в интервалах КГИ путем подачи на фильтр колебаний с частотой цветовой поднесущей (4,43 МГц для PAL и 3,58 МГц для NTSC) от опорного генератора демодулятора сигналов цветности. Детектор UR1 сравнивает сигналы на входе и выходе режекторного фильтра и в зависимости от разности этих сигналов на накопительном конденсаторе $C_{НАК}$, подключенном к выводу 12 ИМС, формируется напряжение смещения резонансной частоты фильтра. Таким образом, последняя оказывается «привязанной» к частоте опорного генератора, т.е. равной частоте цветовой поднесущей. При обработке ПЦТС системы SECAM калибровка выполняется от опорного генератора PAL (4,43 МГц), но вводится дополнительное постоянное смещение, в результате чего частота режекции составляет около 4,2 МГц.

С выхода Z3 выделенный сигнал яркости поступает на линию задержки DT1, в которой компенсируется расхождение фронтов широкополосного яркостного и узкополосных цветоразностных сигналов. Корректор Z6 обеспечивает подъем АЧХ в области верхних частот (3...6 МГц), что улучшает воспроизведение мелких деталей. Далее через буферный усилитель A4, коэффициент усиления которого может изменяться в пределах от -1 до +1 дБ в зависимости от управляющего напряжения на выводе 14, выделенный сигнал яркости U_Y подается на схему матрицирования.

Выделение сигнала цветности из ПЦТС обеспечивает перестраиваемый полосовой фильтр Z4. Его резонансная частота настраивается аналогично Z3. На вход Z4 через коммутатор S2 и усилитель A2 может подаваться либо ПЦТС с выхода коммутатора S1, либо сигнал цветности с вывода 16.

Применение вилки фильтров Z1, Z2 связано с тем, что вывод 16 используется для получения как сигнала цветности, так и сигнала коммутации источников (внутренний, внешний или S-Video) ПЦТС. Высокочастотный сигнал цветности выделяется ФВЧ Z2, а сигнал коммутации (постоянная составляющая) – ФНЧ Z1. Если уровень постоянной составляющей (ПС) на выводе 16 не превышает 0,5 В, на выходы коммутаторов S1 и S2 проходит внутренний ПЦТС с видеодетектора, если ПС превышает напряжение $U_{пит} - 0,5 В$ – внешний ПЦТС с разъема SCART, если же ПС лежит в пределах от 0,5 В до $U_{пит} - 0,5 В$, то обеспечивается режим «S-Video», в котором на выход коммутатора S1 проходит сигнал яркости с вывода 15, а на выход S2 – сигнал цветности с вывода 16. В режиме «S-Video» фильтры Z3 и Z4 шунтируются.

Усилитель A2 управляется двухзвенной схемой АРУ на базе пиковых детекторов UR2, UR3 и интегрирующего ФНЧ Z5. Детектор UR3 служит для оценки размаха сигнала цветовой синхронизации, поэтому работает только в интервалы времени, соответствующие задней площадке строчного гасящего импульса. UR2 измеряет размах сигнала цветности в пределах активной части строки. Такое построение схемы АРУ позволяет поддерживать на выходе усилителя A2 соотношение между максимальным размахом сигнала цветности и размахом сигнала цветовой синхронизации правильное соотношение 2,2:1.

В основе демодулятора сигнала цветности системы PAL (рисунок 7.8) лежат два синхронных детектора (перемножителя) UR1 и UR2, на сигнальные входы которых подается сигнал цветности с выхода полосового фильтра (см. рисунок 7.7), а на опорные – колебания с частотой цветовой поднесущей, сформированные кварцевым ГУН G1. Фазовращатель U2 обеспечивает фазовый сдвиг опорного сигнала в канале В-У точно на 90° . В канале R-У сигнал цветности через строку инвертируется на 180° в коммутаторе S3.

Принцип работы демодулятора при приеме сигнала цветности PAL следующий. На входы синхронных детекторов каналов U (UR1) и V (UR2) приходит сигнал цветности n -й строки, равный

$$U_{сц\ n} = U \sin(\omega_{пцт}t) + V \cos(\omega_{пцт}t), \quad (7.18)$$

а затем сигнал $(n + 1)$ -й строки

$$U_{сц\ (n+1)} = U \sin(\omega_{пцт}t) - V \cos(\omega_{пцт}t). \quad (7.19)$$

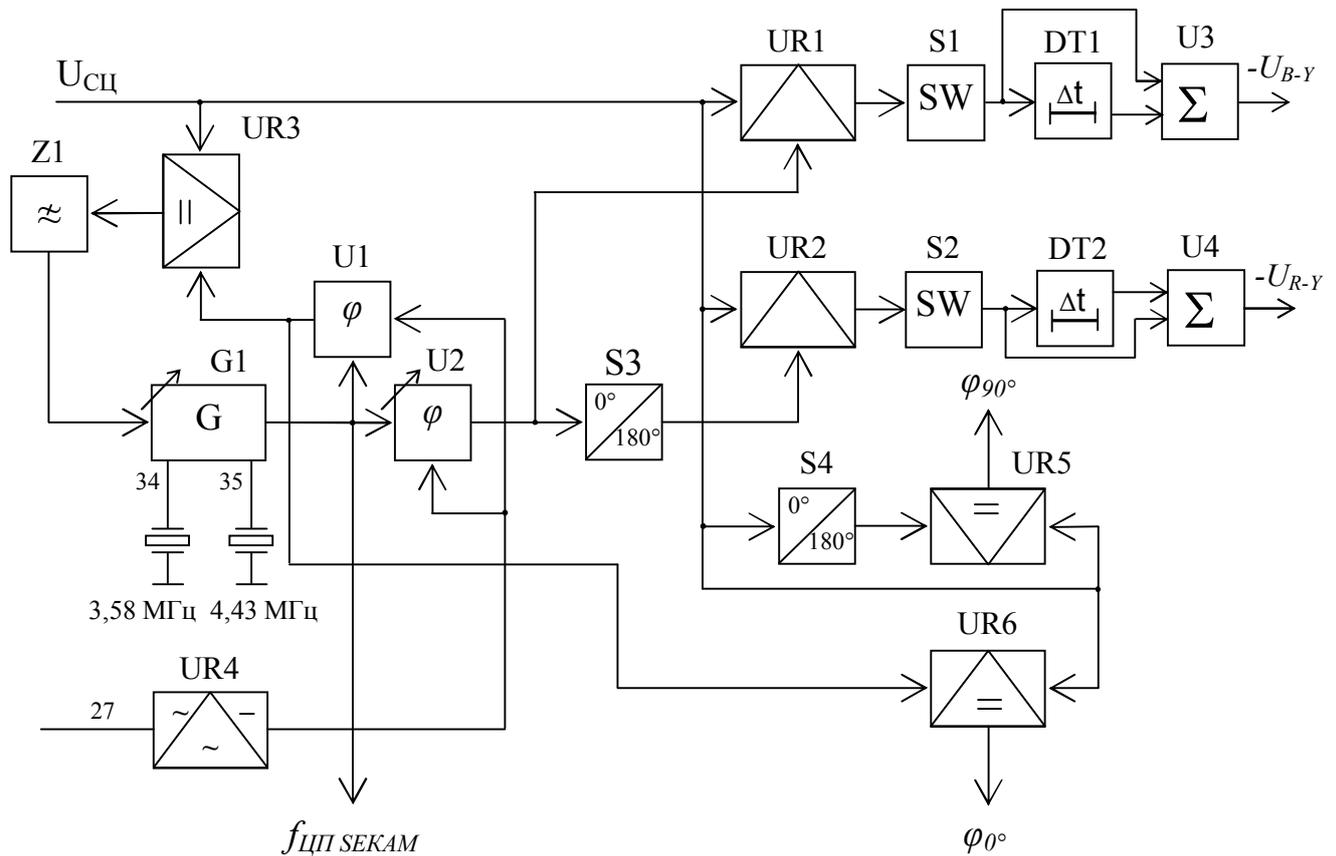


Рисунок 7.8 – Функциональная схема демодулятора сигналов цветности PAL

Если в тракте передачи возникает паразитный фазовый сдвиг α , в приемник поступают искаженные сигналы

$$U_{сц n} = U \sin(\omega_{пц}t + \alpha) + V \cos(\omega_{пц}t + \alpha), \quad (7.20)$$

$$U_{сц (n+1)} = U \sin(\omega_{пц}t + \alpha) - V \cos(\omega_{пц}t + \alpha). \quad (7.21)$$

Эти сигналы в синхронных детекторах перемножаются с опорными сигналами: в канале U

$$U_{оп U n} = U_{оп max} \sin(\omega_{пц}t), \quad (7.22)$$

$$U_{оп U (n+1)} = U_{оп U n}, \quad (7.23)$$

и в канале V (с учетом коммутации фазы поднесущей цветности на 180° от строки к строке)

$$U_{оп V n} = U_{оп max} \cos(\omega_{пц}t), \quad (7.24)$$

$$U_{OPV(n+1)} = U_{OP\max} \cos(\omega_{\PiЦ}t + 180^\circ) = -U_{OP\max} \cos(\omega_{\PiЦ}t). \quad (7.25)$$

Сигналы на выходах синхронных детекторов U и V можно теперь представить в виде:

- канал U, n -я строка

$$\begin{aligned} U_{ВЫХ\ СДУ_n} = U_{СЦ_n} \cdot U_{OPU_n} = [U \sin(\omega_{\PiЦ}t + \alpha) + V \cos(\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] \times \\ \times U_{OP\max} \sin(\omega_{\PiЦ}t) = 0,5 \cdot U \cdot U_{OP\max} \cdot [\cos(\alpha) - \cos(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] - \\ - 0,5 \cdot V \cdot U_{OP\max} \cdot [\sin(\alpha) - \sin(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)]. \end{aligned} \quad (7.26)$$

- канал U, $(n + 1)$ -я строка

$$\begin{aligned} U_{ВЫХ\ СДУ_{(n+1)}} = U_{СЦ_{(n+1)}} \cdot U_{OPU_{(n+1)}} = [U \sin(\omega_{\PiЦ}t + \alpha) - V \cos(\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] \times \\ \times U_{OP\max} \sin(\omega_{\PiЦ}t) = 0,5 \cdot U \cdot U_{OP\max} \cdot [\cos(\alpha) - \cos(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] + \\ + 0,5 \cdot V \cdot U_{OP\max} \cdot [\sin(\alpha) - \sin(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)]. \end{aligned} \quad (7.27)$$

- канал V, n -я строка

$$\begin{aligned} U_{ВЫХ\ СДV_n} = U_{СЦ_n} \cdot U_{OPV_n} = [U \sin(\omega_{\PiЦ}t + \alpha) + V \cos(\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] \times \\ \times U_{OP\max} \cos(\omega_{\PiЦ}t) = 0,5 \cdot U \cdot U_{OP\max} \cdot [\sin(\alpha) + \sin(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] + \\ + 0,5 \cdot V \cdot U_{OP\max} \cdot [\cos(\alpha) + \cos(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)]. \end{aligned} \quad (7.28)$$

- канал V, $(n + 1)$ -я строка

$$\begin{aligned} U_{ВЫХ\ СДV_{(n+1)}} = U_{СЦ_{(n+1)}} \cdot U_{OPV_{(n+1)}} = [U \sin(\omega_{\PiЦ}t + \alpha) - V \cos(\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] \times \\ \times [-U_{OP\max} \cos(\omega_{\PiЦ}t)] = -0,5 \cdot U \cdot U_{OP\max} \cdot [\sin(\alpha) + \sin(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)] + \\ + 0,5 \cdot V \cdot U_{OP\max} \cdot [\cos(\alpha) + \cos(2\omega_{\PiЦ}t + \alpha)]. \end{aligned} \quad (7.29)$$

Известно, что при идеальном синхронном детектировании (в отсутствии фазового сдвига между опорным и детектируемым сигналом) крутизна преобразования k определяется только амплитудой опорного колебания. Тогда, приняв $k = 0,5U_{OP\max}$ и учитывая последующую низкочастотную фильтрацию, для полезных компонент на выходах синхронных детекторов получаем:

- канал U, n -я строка

$$U'_{ВЫХ\ СДУ_n} = k \cdot U \cdot \cos(\alpha) - k \cdot V \cdot \sin(\alpha); \quad (7.30)$$

- канал U, $(n + 1)$ -я строка

$$U'_{ВЫХ\ СДУ_{(n+1)}} = k \cdot U \cdot \cos(\alpha) + k \cdot V \cdot \sin(\alpha); \quad (7.31)$$

- канал V , n -я строка

$$U'_{\text{ВЫХ СД}V_n} = k \cdot V \cdot \cos(\alpha) + k \cdot U \cdot \sin(\alpha); \quad (7.32)$$

- канал V , $(n + 1)$ -я строка

$$U'_{\text{ВЫХ СД}V_{(n+1)}} = k \cdot V \cdot \cos(\alpha) - k \cdot U \cdot \sin(\alpha). \quad (7.33)$$

Окончательно, цветоразностные сигналы U' и V' в канале цветности получают в результате суммирования сигналов соседних строк с выходов соответствующих синхронных детекторов:

$$U' = U'_{\text{ВЫХ СД}U_n} + U'_{\text{ВЫХ СД}U_{(n+1)}} = k \cdot U \cdot \cos(\alpha) - k \cdot V \cdot \sin(\alpha) + k \cdot U \cdot \cos(\alpha) + k \cdot V \cdot \sin(\alpha) = 2k \cdot U \cdot \cos(\alpha); \quad (7.34)$$

$$V' = U'_{\text{ВЫХ СД}V_n} + U'_{\text{ВЫХ СД}V_{(n+1)}} = k \cdot V \cdot \cos(\alpha) + k \cdot U \cdot \sin(\alpha) + k \cdot V \cdot \cos(\alpha) - k \cdot U \cdot \sin(\alpha) = 2k \cdot V \cdot \cos(\alpha). \quad (7.35)$$

Проанализировав последние выражения, нетрудно заметить, что такая обработка приводит к компенсации перекрестных искажений между ЦРС (наличие сигнала U в канале V и сигнала V в канале U), возникающих за счет фазовых ошибок, однако амплитуда обоих ЦРС уменьшается в $1/\cos(\alpha)$ раз. Следовательно, фазовые искажения сигнала цветности (например, дифференциальная фаза) в системе PAL не приводят к искажению цветового тона, как в NTSC, а только снижают насыщенность изображения.

Суммирование сигналов соседних строк в декодере осуществляется схемой, содержащей линию задержки DT1 (DT2) и сумматор U3 (U4) для канала U (V). Комплексный коэффициент передачи данной схемы равен сумме коэффициентов передачи прямого и задержанного каналов и может быть представлен в виде:

$$K_{\Sigma}(j\omega) = K_{\text{ПР}} + K_{\Delta t} = 1 + e^{-j\omega\tau_3} = 1 + \cos(\omega\tau_3) - j \cdot \sin(\omega\tau_3), \quad (7.36)$$

где $K_{\text{ПР}} = 1$ – коэффициент передачи прямого канала;

$K_{\Delta t} = e^{-j\omega\tau_3}$ – коэффициент передачи задержанного канала;

$\tau_3 = \Delta t = T_{\text{СТР}}$ – время задержки ЛЗ.

Тогда, модуль комплексного коэффициента передачи будет равен

$$\begin{aligned} |K_{\Sigma}(j\omega)| &= K_{\Sigma}(\omega) = \sqrt{(1 + \cos(\omega\tau_3))^2 + \sin^2(\omega\tau_3)} = \\ &= \sqrt{2(1 + \cos(\omega\tau_3))} = 2|\cos(\omega\tau_3/2)| \end{aligned} \quad (7.37)$$

Из полученного выражения следует, что модуль коэффициента передачи будет иметь максимальное значение, равное 2, на частотах $f = nf_{СТР}$ и минимальное значение, равное 0, на частотах $f = (2n + 1)f_{СТР} / 2$.

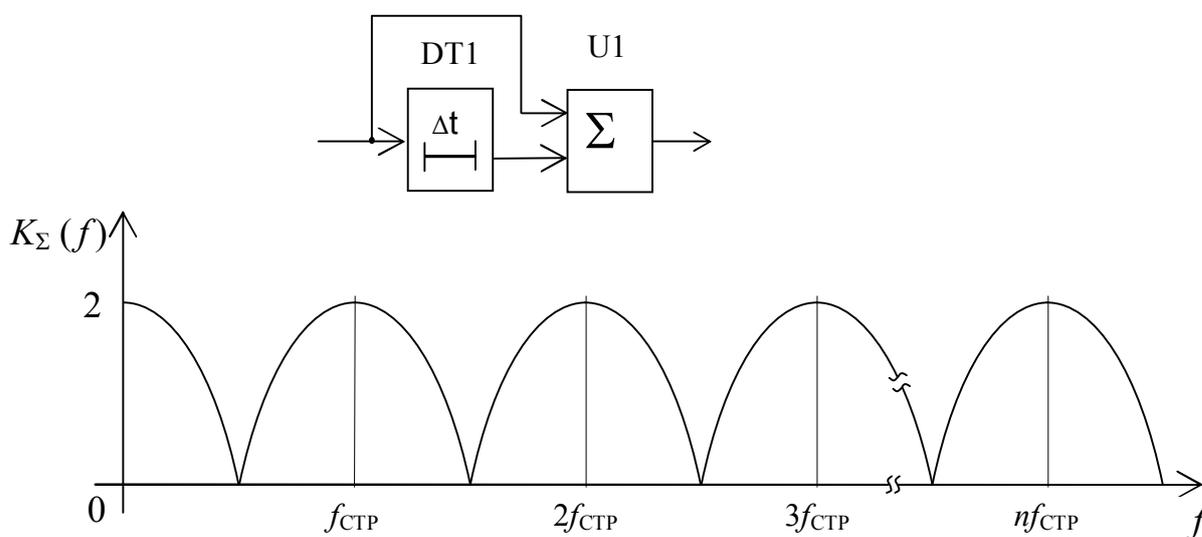


Рисунок 7.9 – Структурная схема и амплитудно-частотная характеристика гребенчатого фильтра

3.3.6 Демодулятор сигнала цветности системы SECAM

Демодулятор выполнен по наиболее распространенной в последнее время схеме – с одним частотным детектором и сдвоенной линией задержки (рисунок 7.10). Входной ПЦТС через усилитель А1 с регулируемым коэффициентом усиления поступает на контур коррекции ВЧ предыскажений (КВП). КВП обеспечивает выделение сигнала цветности (СЦ) и коррекцию его высокочастотных предыскажений, вносимых на передающей стороне с целью повышения помехоустойчивости. Размах СЦ измеряется пиковым детектором UR1 и на основании этого изменяется коэффициент усиления А1. Таким образом поддерживается постоянный размах СЦ на входе усилителя-ограничителя А2.

КВП является гираторным фильтром, его центральная частота равна 4,286 МГц, причем она калибруется в интервалах СГИ подачей на контур через ключ S1 (нижнее по схеме положение) опорного сигнала частотой 4,43 МГц. Напряжение настройки контура запоминается на накопительном конденсаторе и остается постоянным в течение активной части строки.

После усилителя-ограничителя А2, устраняющего паразитную АМ, СЦ поступает на ЧД, выполненный на базе схемы ФАПЧ и включающий в себя фа-

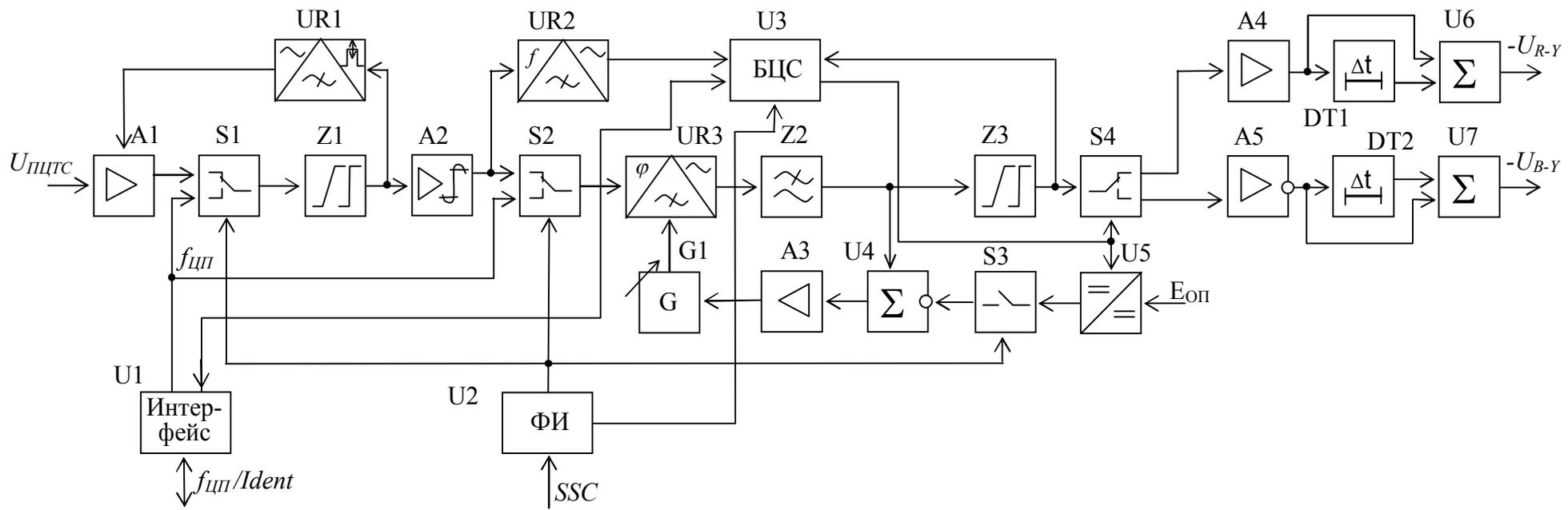


Рисунок 7.10 – Структурная схема демодулятора SECAM

зовый детектор UR3, ФНЧ Z2, вычитатель U1, усилитель сигнала ошибки А3 и ГУН G1. Принцип работы демодуляторов подобного типа подробно рассмотрен в разделе 3.3.3. Отличия заключаются в том, что:

а) ЧМ сигнал цветности отсутствует во временных интервалах, соответствующих передаче строчных синхроимпульсов, т.е. схема ФАПЧ должна работать в радиоимпульсном режиме;

б) в системе SECAM используются разные частоты немодулированных цветовых поднесущих в «красной» и «синей» строках (4,406 и 4,250 МГц соответственно).

Поэтому в интервалах СГИ выполняется калибровка (настройка частот покоя) петли ФАПЧ. Для этого на сигнальный вход ФД UR3 подается опорное колебание частотой 4,43 МГц от кварцевого генератора демодулятора PAL.

Предположим, что в данный момент времени ГУН G1 работает на частоте $f_{ГУН} = f_{0.R} = 4,406$ МГц (или $f_{ГУН} = f_{0.B} = 4,406$ МГц). Тогда на выходе ФД появляется сигнал ошибки, пропорциональный разности частот ГУН и опорного сигнала:

$$U_{ОШ.R} = K_{ФД}(f_{ОП} - f_{0.R})$$

или

$$(7.38)$$

$$U_{ОШ.B} = K_{ФД}(f_{ОП} - f_{0.B}),$$

где $K_{ФД}$ – коэффициент передачи фазового детектора;
 $f_{ОП}$ – частота опорного генератора.

Поскольку все величины, входящие в выражение (7.38) постоянные, напряжения ошибки $U_{ОШ.R}$ и могут быть заранее определены. Теперь, чтобы эти напряжения не изменили частоту ГУН, они компенсируются в вычитателе U1 опорными уровнями $U_{ОП.R} = U_{ОШ.R}$ и $U_{ОП.B} = U_{ОШ.B}$, подаваемыми от высокостабильного источника. В результате получаем, что управляющее напряжение на входе ГУН становится равным нулю:

$$U_{УПР.R} = K_{ФД}(f_{ОП} - f_{0.R}) - U_{ОП.R} = 0,$$

$$U_{УПР.B} = K_{ФД}(f_{ОП} - f_{0.B}) - U_{ОП.B} = 0. \quad (7.39)$$

Таким образом, ГУН будет продолжать работать на частоте 4,406 или 4,250 МГц, т.е. цель калибровки достигнута. Если же частота ГУН отличается от $f_{0.R}$ ($f_{0.B}$), то появится дополнительный, не скомпенсированный сигнал ошибки $\Delta U_{ОШ.R} = K_{ФД}(f_{ОП} - f_{0.R}) - U_{ОП.R} \neq 0$ (или $\Delta U_{ОШ.B} = K_{ФД}(f_{ОП} - f_{0.B}) - U_{ОП.B} \neq 0$), который приведет частоту ГУН к номинальному значению.

Перед началом активной части строки источник опорного сигнала отключается ключом S3 и схема ФАПЧ переходит в рабочий режим.

Продетектированные цветоразностные сигналы $-U_{R-Y}$ и U_{B-Y} через корректор низкочастотных предискажений Z3 поступают на электронный коммутатор S4, управляемый импульсами полустрочной частоты от блока цветовой синхронизации (БЦС). Коммутатор распределяет ЦРС по двум каналам: на выходе каждого канала таким образом оказываются сигналы $-U_{R-Y}$ и $-U_{B-Y}$ соответственно, следующие через строку. Для восстановления недостающих сигналов в каждом канале используются линии задержки DT1, DT2 и сумматоры U6, U7. Таким образом, на выходе сумматора U6 формируется последовательность цветоразностных сигналов $\dots, -U_{R-Y}, -U_{R-Y}^*, -U_{R-Y}, -U_{R-Y}^*, \dots$, а на выходе сумматора U7 – последовательность $\dots, -U_{B-Y}, -U_{B-Y}^*, -U_{B-Y}, -U_{B-Y}^*, \dots$, где $-U_{R-Y}^*$, $-U_{B-Y}^*$ – это сигналы $-U_{R-Y}$ и $-U_{B-Y}$, задержанные на строку.

Блок цветовой синхронизации U3 управляется продетектированными в UR2 пакетами немодулированных цветowych поднесущих, передаваемых на задних площадках СГИ. Полученные импульсы обеспечивают синхронизацию меандра полустрочной частоты, который управляет электронным коммутатором S4. Цикл опознавания системы SECAM занимает 4 поля.

Формирователь U2 выделяет из последовательности стробирующих импульсов (SSC) два сигнала. Первый соответствует верхнему уровню SSC и открывает БЦС во временные интервалы, соответствующие передаче пакетов немодулированной цветовой поднесущей на задних площадках СГИ. Второй соответствует среднему уровню SSC и коммутирует ключи S1 – S3 на время СГИ для обеспечения режимов калибровки КВП и ЧД ФАПЧ. Третий уровень SSC, соответствующий временному интервалу КГИ, в демодуляторе SECAM не используется.

Интерфейс U1, с одной стороны, является буферным каскадом для опорного сигнала, с другой, передает информацию о состоянии демодулятора (т.е. о принимаемой системе ЦТВ – SECAM или не SECAM) во внешние цепи.

Преимуществом такого построения демодулятора SECAM по сравнению со схемой с двумя ЧД и одной ультразвуковой ЛЗ, описанной, к примеру, в [6] является отсутствие перекрестных искажений между каналами $-U_{R-Y}$ и $-U_{B-Y}$, вызываемых интерференцией сигналов в УЛЗ и паразитными связями в электронном коммутаторе. Кроме этого, схема не нуждается в настройке и содержит минимум навесных элементов.

3.3.7 Схема матрицирования

Продетектированные цветоразностные сигналы (ЦРС) отрицательной полярности (для удобства построения матрицы G-Y) через выходной коммутатор подаются на схему матрицирования (рисунок 7.11). Функциональная схема последней начинается со схем фиксации (восстановления постоянной составляющей) U1, U2, в которых осуществляется привязка уровней цветоразностных сигналов, соответствующих (по времени) интервалам строчных гасящих импульсов, к одинаковому опорному уровню.

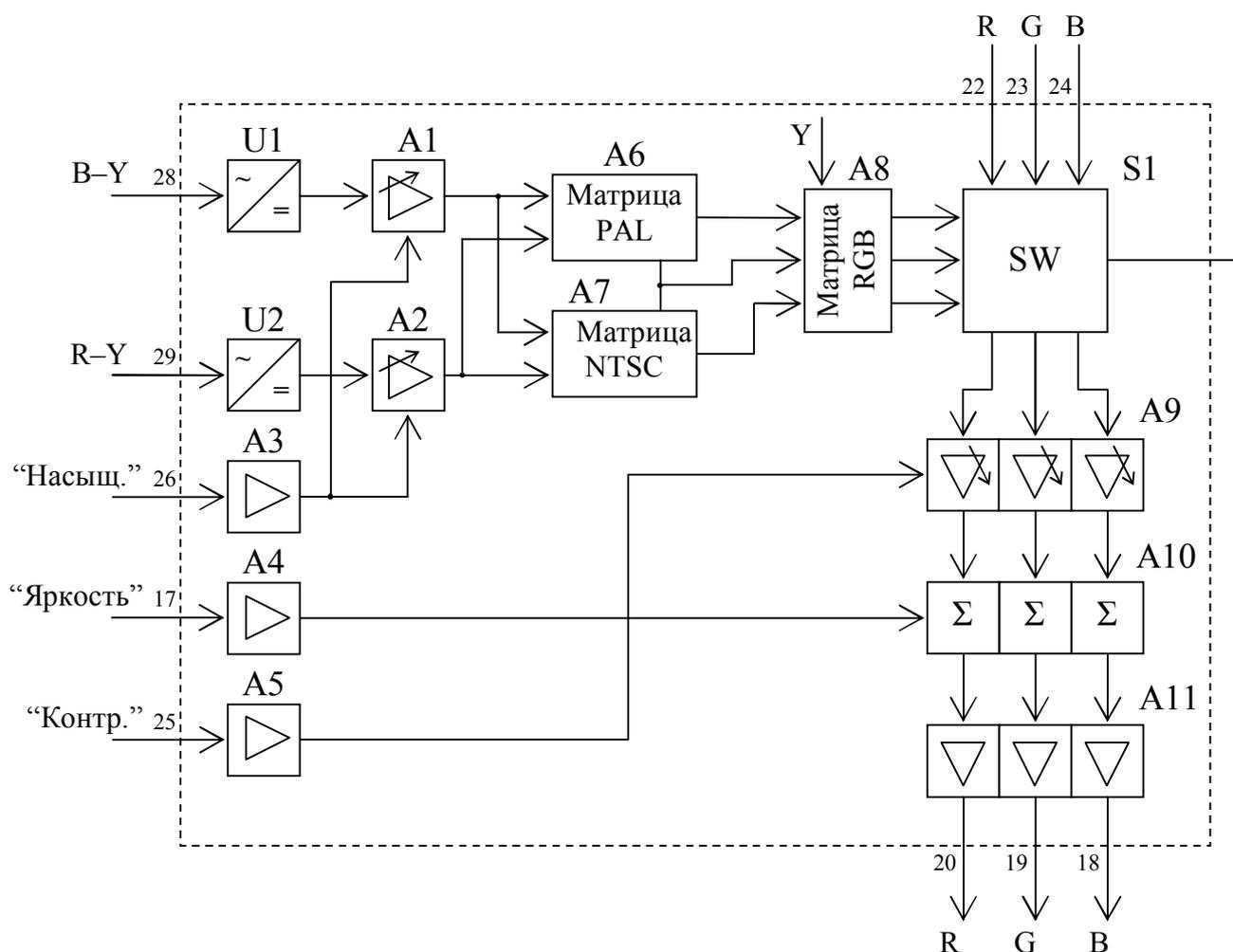


Рисунок 7.11 – Функциональная схема модуля матрицирования

Регулировка насыщенности изображения осуществляется путем изменения размаха ЦРС в регулируемых усилителях A1, A2. Матрицы PAL/NTSC A6, A7 обеспечивают получение из сигналов R-Y и B-Y третьего ЦРС G-Y. Далее эти сигналы складываются в матрице RGB A8 с яркостным сигналом, прихо-

дящим со схемы разделения сигналов яркости и цветности, в результате на выходе матрицы получаются сигналы основных цветов R, G, B. Последние через схему привязки и выбора источника сигналов S1, обеспечивающую восстановление постоянной составляющей и коммутацию внешних/внутренних сигналов поступают на регуляторы контрастности A9 и яркости A10. Контрастность регулируется за счет изменения коэффициента передачи регулятора RGB, и, соответственно, изменения размаха сигналов R, G, B. Яркость изображения регулируется за счет изменения постоянной составляющей сигналов R, G, B в сумматоре. Через выходные усилители A11 RGB сигналы основных цветов положительной полярности подаются на выход ИМС и далее на выходные видеоусилители (модуль MBK).

4 Порядок выполнения работы

4.1 Изучить схемы телевизора (структурную и функциональную), ознакомиться с конструкцией его модулей и блоков (вилка шнура питания телевизора должна быть вынута из сетевой розетки).

4.2 Установить шасси в рабочее положение, закрепить заднюю стенку.

4.3 К антенному входу телевизора подключить ВЧ-выход генератора испытательных сигналов (ГИТС).

4.4 С разрешения преподавателя включить телевизор и произвести настройку на частотный канал, в котором работает ГИТС.

4.5 Настроить телевизор с помощью пульта дистанционного управления (ПДУ) или кнопок панели управления (КПУ) телевизора.

5 Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные преимущества супергетеродинной схемы построения телевизионного приемника.

2. Назовите основные преимущества и недостатки моноплатной конструкции телевизора.

3. Поясните принцип работы селектора каналов всеволнового (СКВ)

4. Поясните, почему рабочий диапазон частот СКВ разбит на 3 поддиапазона.

5. Где в радиоканале телевизора обеспечивается избирательность: а) – по зеркальному каналу, б) – по прямому каналу, в) – по соседнему каналу?
6. Поясните необходимость применения перестраиваемых полосовых фильтров в УРЧ СКВ.
7. Объясните, из каких соображений частота гетеродина в СКВ выбрана выше частоты несущей.
8. Почему напряжение АРУ на СКВ подается с задержкой?
9. Назовите основные достоинства и недостатки схемы тракта ПЧ с совместной обработкой радиосигналов изображения и звукового сопровождения.
10. Объясните вид АЧХ УПЧИ, необходимость наличия кососимметричного склона.
11. С какой целью производится двойное преобразование несущей частоты сигнала звукового сопровождения?
12. Поясните принцип работы синхронного демодулятора: а) – с пассивной; б) – с активной схемой регенерации опорного сигнала.
13. Поясните принцип работы схемы АПЧГ.
14. Поясните принцип работы частотного демодулятора радиосигнала звукового сопровождения на базе схемы ФАПЧ.
15. Каким образом в телевизоре обеспечивается разделение сигналов яркости и цветности?
16. Поясните принцип работы демодулятора СЦ системы PAL.
17. Поясните принцип работы демодулятора СЦ системы SECAM.
18. Поясните необходимость применения сдвоенной ЛЗ в декодере SECAM.
19. Объясните роль трехуровневого строб-импульса (SSC) в демодуляции СЦ систем PAL и SECAM.
20. Поясните принцип работы матрицы RGB.
21. С какой целью выполняется привязка уровней ЦРС R-Y и B-Y?
22. Каким образом выполняется регулировка: а) – насыщенности; б) – яркости; в) – контрастности?
23. В какой полярности сигналы R, G, B подаются на катоды кинескопа?
24. Поясните принцип работы видеоусилителей.
25. Поясните принцип работы схемы строчной синхронизации.
26. Поясните принцип работы схемы кадровой синхронизации
27. Поясните принцип работы строчной развертки.
28. Поясните принцип работы кадровой развертки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ СКВОЗНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО КАНАЛА

1. Цели работы

Изучение методов измерения основных характеристик и параметров телевизионного оборудования; изучение состава измерительных сигналов испытательных строк и их назначения; измерение характеристик и параметров сквозного ТВ канала при использовании измерительных сигналов испытательных строк ТВ сигнала вещательной программы.

2. Краткие теоретические сведения

Между показателями качества ТВ изображения и характеристиками канала передачи ТВ сигналов существует однозначная связь, которая позволяет предвидеть возможные искажения изображения на основании анализа характеристик сквозного ТВ канала и его параметров, численно характеризующих искажения ТВ сигналов при их формировании, передаче и обработке.

Методы измерений характеристик и параметров телевизионного оборудования, базирующиеся на использовании измерительных сигналов, введенных в активные строки ТВ сигнала, широко применяются при лабораторных измерениях и настройке оборудования, а также при профилактических работах во время технологических пауз в ТВ вещании [7, 8].

Во время же вещания измерительные сигналы должны быть замешаны в ТВ сигнал вещательной программы так, чтобы они не были заметны на принятом изображении. Для этого используют различные методы.

Если измерительные сигналы наложить на полный цветовой ТВ сигнал или ввести только в интервалы передачи видеoinформации, то необходимо, чтобы их уровень был настолько мал, чтобы они не просматривались на изображении и не нарушали работу ТВ тракта. При этом ввиду очень низкого уровня измерительных сигналов их можно использовать лишь при контроле характеристик, которые можно оценивать при таких условиях, например АЧХ, характеристика группового времени запаздывания и др. Для контроля нелинейных искажений такой способ неприемлем, так как размах измерительных сигналов должен охватывать диапазон между уровнями черного и белого. Сигналы такого уровня не могут накладываться на ТВ сигнал, поскольку это приводит к большим искажениям изображения.

Из-за инерционности зрения можно, эпизодически прерывая передаваемую видеoinформацию, вводить в ТВ сигнал измерительные сигналы в виде импульсов, длительность которых может достигать длительности одного поля или кадра (контрольные кадры). Метод контрольного кадра особенно эффективен, когда требуется в процессе передачи контролировать переходную характеристику в области больших времен с помощью прямоугольного импульса длительностью $T_{\text{пол}}$. Чтобы контрольный кадр был менее заметен на изображении, измерительные сигналы в двух смежных полях нужно передавать в противоположной полярности. Кроме того, в контрольный кадр можно вводить и другие измерительные сигналы. Перед выдачей сигнала потребителю контрольный кадр желательно погасить и заменить, например, сигналом предыдущего кадра, предварительно зафиксированным в запоминающем устройстве. Проведенные эксперименты показали, что при уменьшении частоты следования (1 кадр/мин) контрольный кадр становится практически незаметным.

Наибольшее распространение получили методы контроля с введением измерительных сигналов в интервал гасящего импульса полей. В этом интервале в течение нескольких строк, называемых испытательными, можно передавать измерительные сигналы, позволяющие выявить линейные и нелинейные искажения, так как размах этих сигналов может занимать весь динамический диапазон передачи видеoinформации. В интервалы гашения строк можно вводить лишь очень кратковременные сигналы.

В начале каждого поля строки гасящего импульса полей на изображении практически находят одна на другую, закрыты обрамлением экрана и незаметны. Поэтому в них и вводят измерительные сигналы. Однако при этом приходится ограничивать число строк в каждом поле, чтобы измерительные импульсы не были заметны в верхней части изображения при уменьшении размера раstra по вертикали.

Так как измерительные сигналы желательно передавать в минимальном числе строк, то их делают комбинированными. Эти сигналы по возможности необходимо приближать к сигналам, используемым при периодических измерениях в ТВ канале, что позволяет, во-первых, унифицировать нормы и допуски на измеряемые характеристики и параметры, во-вторых, значительно уменьшить число и номенклатуру контрольно-измерительной аппаратуры.

В связи с широким международным обменом ТВ программами в МСЭ-Р принята Рекомендация 473, регламентирующая форму измерительных сигналов и их местоположение в ТВ сигнале. При этом приняты во внимание перспективы автоматизации контроля, а также стремление использовать вводимые сигналами

лы не только для контроля, но и для решения ряда измерительных задач, что предъявляет повышенные требования к точности формирования сигналов. Для систем цветного телевидения с разложением изображения на 625 строк приняты сигналы, вводимые в интервалы испытательных строк, форма которых приведена на рисунке 8.1 [33].

Для задания точного местоположения составляющих измерительных сигналов каждую из строк разбивают на 32 интервала длительностью $H/32 \pm 40$ нс (H – длительность строки). Интервалы отсчитывают относительно времени, соответствующего точке O_H , расположенной на фронте строчного синхронизирующего импульса на уровне половины его размаха.

В строки 17 и 20 гасящего импульса полей вводят прямоугольный $B2$, синусквадратичный $B1$, сложный синусквадратичный импульс F и пятиступенчатый сигнал $D1$ (сигнал I), в строки 18 и 21 вводят сигналы $C1$ и $C2$ для измерения амплитудно-частотных характеристик на дискретных частотах (сигнал II), в строки 330 и 333 – прямоугольный $B2$, синусквадратичный $B1$ импульсы и пятиступенчатый сигнал с насадкой цветовой поднесущей $D2$ (сигнал III). В строки 331 и 334 вводят на пьедестале трехуровневый сигнал цветовой поднесущей $G2$ и опорный сигнал цветовой поднесущей E (сигнал IV) (рисунок 8.1).

Сигналы опознавания пунктов введения рассмотренных измерительных сигналов вводят в строки 16 и 19 первого поля. Они состоят из четырех прямоугольных импульсов, длительность которых можно изменять в пределах 1...10 мкс дискретно через 1 мкс, что обеспечивает возможность опознавания до 10 000 пунктов.

Измерительные сигналы испытательных строк и сигнал опознавания места ввода этих сигналов являются неотъемлемой частью полного цветового ТВ сигнала. Эти измерительные сигналы вводят в канале изображения аппаратно-студийного комплекса в строки 17, 18, 330 и 331 для целей контроля характеристик и параметров сквозного ТВ тракта. Сигналы опознавания места ввода передают в строке 16. Эти сигналы не должны гаситься или заменяться другими во всех звеньях тракта передачи изображения. Кроме того, строки 22 и 335 резервируют для измерения уровня флюктуационных помех.

Для целей контроля отдельных участков ТВ канала измерительные сигналы могут быть дополнительно введены на входе магистрального канала изображения (или на входах отдельных участков этого канала) и на входе канала изображения ТВ радиопередатчика в строки с номерами 20, 21, 333 и 334 (при повторном введении сигналов ранее введенные сигналы гасятся). В строку 19 вводят сигналы опознавания места ввода этих сигналов.

$$\delta_{PY} = ((U_{G2} - U_Y) / U_Y) \cdot 100. \quad (8.1)$$

При использовании элемента F : измеряют с учетом знака экстремальные значения U_1 и U_2 огибающей основания (рисунок 8.2, а, б) и размах U_Y элемента $B2$ и вычисляют δ_{PY} в процентах по формуле

$$\delta_{PY} = 2 \cdot ((U_1 + U_2) / U_Y) \cdot 100 \quad (8.2)$$

Если огибающая основания сигнала F имеет одно экстремальное значение, то U_1 принимают равным нулю.

3.2.2. Расхождение во времени (РВ) τ_{PB} СЯ и СЦ.

По результатам предыдущих измерений значение τ_{PB} в наносекундах вычисляют по формуле

$$\tau_{PB} \approx 2543 \sqrt{|U_1 U_2| / U_Y^2}. \quad (8.3)$$

Сделать вывод о поведении АЧХ и ФЧХ (ГВЗ).

3.2.2. Нелинейные искажения сигнала яркости δ_Y .

При использовании элемента $D1$ измеряют размахи максимальной $U_{МАКС}$ и минимальной $U_{МИН}$ ступеней и вычисляют δ_Y в процентах

$$\delta_Y = ((U_{МАКС} - U_{МИН}) / U_{МАКС}) \cdot 100. \quad (8.4)$$

3.2.4. Дифференциальное усиление $\delta_{ДУ}$.

Измеряют размахи цветовой поднесущей (насадки) элемента $D2$, выделенной полосовым фильтром 3...5 МГц (или 4,43 МГц) осциллографа: максимальный $U_{МАКС}$, минимальный $U_{МИН}$ и соответствующий уровню гашения U_0 (рисунок 8.2, а), затем вычисляют $\delta_{ДУ}$ в процентах по формуле

$$\delta_{ДУ} = \begin{cases} x, & \text{если } x \geq y; \\ -y, & \text{если } x < y, \end{cases} \quad (8.5)$$

где $x = ((U_{МАКС} - U_0) / U_0) \cdot 100$, $y = ((U_0 - U_{МИН}) / U_0) \cdot 100$.

Размах цветовой поднесущей измеряется в точках, соответствующих серединам ступеней.

Объяснить механизм возникновения искажений типа дифференциальное усиление.

3.2.5. Нелинейные искажения сигнала цветности $\delta_{ЦВ}$.

Измеряют размахи участков максимальной U_G , и минимальной U_I ампли-

туды элемента $G2$ (см. рисунок 8.1, г) и вычисляют $\delta_{цв}$ в процентах по выражению

$$\delta_{цв} = ((U_G - 5U_1) / U_G) \cdot 100 \quad (8.6)$$

3.2.6. Влияние сигнала цветности на сигнал яркости.

Измеряют разность уровней ΔU (см. рисунок 8.2, г) сигнала яркости (педестала), выделенного фильтром 0...2 МГц осциллографа из элемента $G2$, и вычисляют $\delta_{ця}$ в процентах по отношению к размаху импульса белого

$$\delta_{ця} = (\Delta U / U_Y) \cdot 100. \quad (8.7)$$

Разность уровней ΔU измеряют между уровнями точек b_{12} и b_{15} . Первая расположена в области, где цветовая поднесущая в элементе $G2$ имеет максимальный размах, вторая – где поднесущая отсутствует. Значение ΔU считается положительным, если уровень точки b_{12} выше уровня точки b_{15} .

Объяснить механизм влияния сигнала цветности на сигнал яркости.

3.2.7. Отношение сигнала яркости к флюктуационной помехе.

Измеряют размах U_Y элемента $B2$, размах помехи в 22-й (или 335-й) строке – квазипиковое значение $U_{к.п}$ (размах шумовой дорожки) и вычисляют $\psi_{эф}$ по формуле

$$\psi_{эф} = 20 \lg(U_Y K_{п} / U_{кп}) = 20 \lg(U_Y / U_{п.эф}), \text{ дБ} \quad (8.8)$$

где $K_{п}$ – пик-фактор, величина которого для флюктуационной помехи с нормальным законом распределения равна 6,5...7 или 16...17 дБ.

3.2.8. Неравномерность АЧХ.

Измеряют по относительному отклонению размахов пакетов синусоидальных колебаний U_i дискретных частот (элемент $C2$ на рисунке 8.1, б) от размаха U_{c1} опорного элемента $C1$ и вычисляют в процентах по формуле

$$\delta_i = (U_i - U_{c1}) / U_{c1} \cdot 100. \quad (8.9)$$

3.2.9. Искажения \sin^2 -импульса. Измеряют по искажению формы элемента $B1$ (см. рисунок 8.1, а); относительное изменение размаха импульса U_{B1} по отношению к размаху U_Y элемента $B2$; изменение длительности t_{B1} импульса на уровне 0,5 его размаха по сравнению с номинальным значением, относительные размахи выбросов по отношению к U_Y .

4. Содержание отчета

1. Осциллограммы, результаты измерений по пп. 3.2.1...3.2.9.
2. Выводы и объяснения по пп.3.2.1...3.2.2, 3.2.4, 3.2.6.

5. Вопросы для самопроверки

1. Какие методы используются при измерении и контроле характеристик и параметров сквозного ТВ канала в процессе передачи вещательной программы?
2. В чем заключается метод контрольного кадра?
3. Какие свойства зрения используются для снижения заметности контрольного кадра на изображении?
4. Почему методы контроля с введением измерительных сигналов в интервал гасящего импульса полей получили наибольшее распространение?
5. Перечислите составляющие измерительного сигнала III. Для измерения и контроля каких характеристик и параметров ТВ канала они используются?
6. Поясните понятие искажений типа дифференциальное усиление, дифференциальная фаза.
7. Амплитудно-частотная характеристика канала имеет спад в области верхних частот. Какие элементы измерительных сигналов будут искажены и каким образом?
8. Какая взаимосвязь существует между характеристикой ГВЗ и ФЧХ?
9. Неидеальность каких характеристик канала приводит к появлению линейных, нелинейных искажений сигналов?
10. Амплитудная характеристика канала имеет отличие от идеальной формы. Какие элементы измерительных сигналов будут искажены и каким образом?
11. Для каких целей используется элемент E измерительного сигнала IV?
12. Какие особенности синусквадратичного импульса определяют его широкое использование для целей измерения в телевидении?

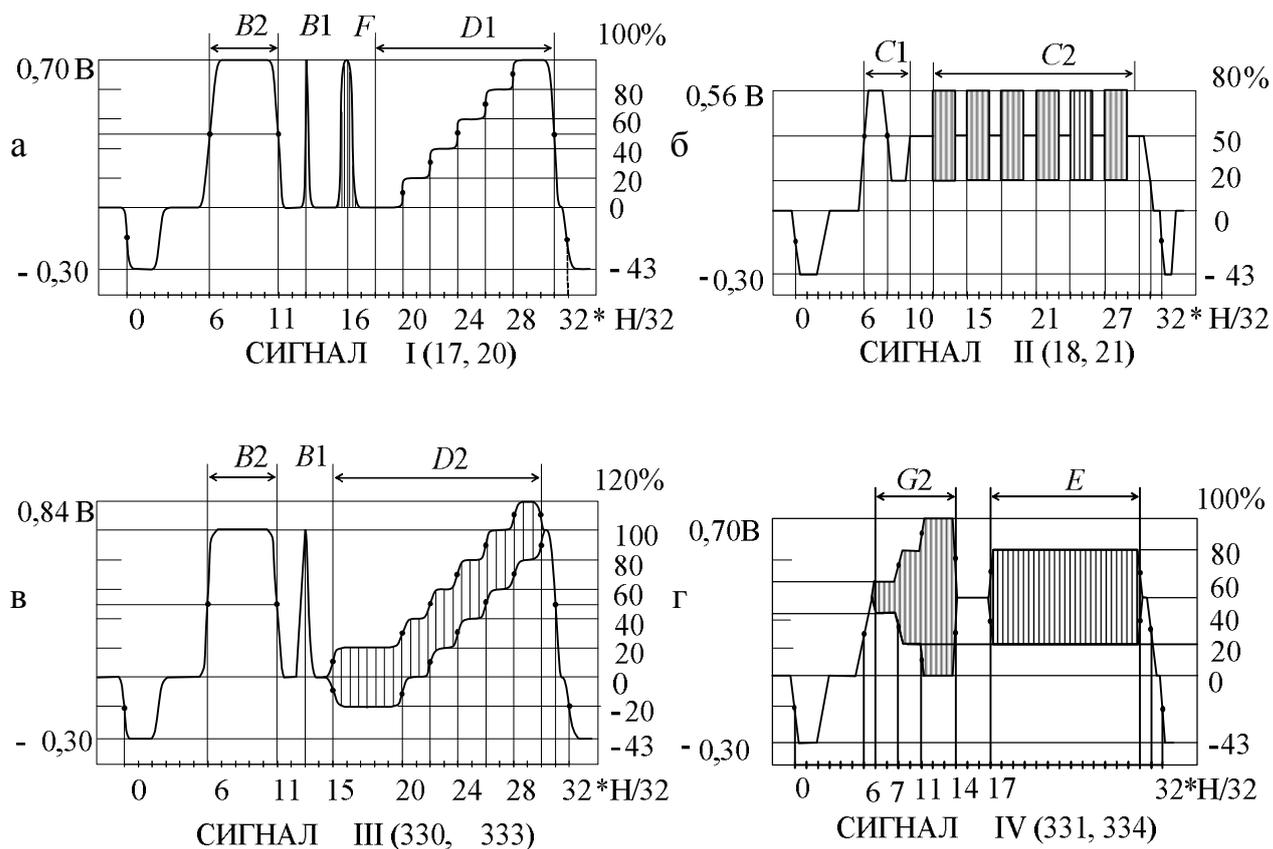


Рисунок 8.1 – Форма и состав измерительных сигналов испытательных строк

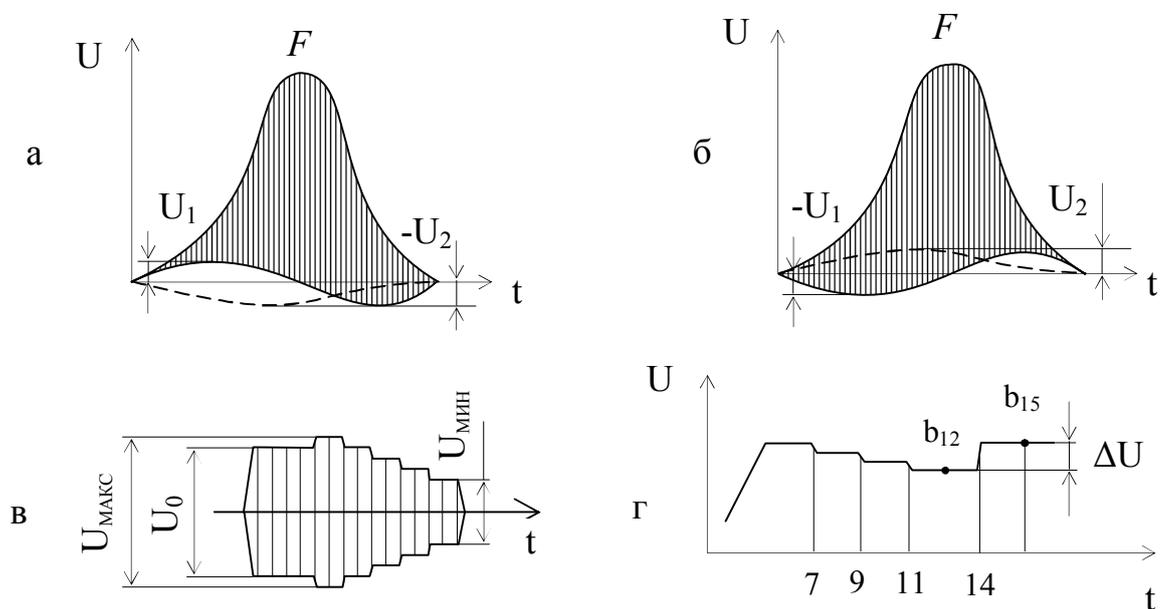


Рисунок 8.2 – Возможные искажения формы измерительных сигналов:
 а, б – элемента F ; в – элемента $D2$ на выходе полосового фильтра 3...5 (4,43) МГц; г – пьедестала элемента $G2$ на выходе фильтра нижних частот 0...2 МГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 21879-88. Телевидение вещательное. Термины и определения. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 31 с.
2. ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений. – М.: Изд. стандартов, 1992. – 36 с.
3. Телевидение: Учебник для вузов/Под ред. В.Е. Джаконии. – М.: Радио и связь, 2000. – 640 с.
4. Телевизионная техника: Бытовая радтоэлектронная техника / Энциклопед. справочник / Под ред. А.П. Ткаченко. – Мн.: БелЭн, 1995. – 832 с.
5. Кириллов В.И., Ткаченко А.П. Телевидение и передача изображений. – Мн.: Выш.шк., 1988. – 319 с.
6. Ткаченко А.П. Цветное телевидение. – Мн.: Беларусь, 1981. – 255 с.
7. Кривошеев М.И. Основы телевизионных измерений. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 608 с.
8. Ткаченко А.П., Кириллов В.И. Техника телевизионных измерений. – Мн.: Выш.шк., 1979. – 224 с.
9. ГОСТ Р 50861-96. Система телетекст. Основные параметры. Методы измерения. – М.: Изд. стандартов, 1996. – 24 с.
10. ГОСТ Р 50822-95. Система “ТВ-информ”. Основные параметры. – М.: Изд. стандартов, 1996. – 8 с.
11. Хохлов Б.Н. Декодирующие устройства цветных телевизоров. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1998. – 376 с.
12. Певзнер Б.М. Качество цветных телевизионных изображений. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 223 с.
13. Быков Р.Е. Теоретические основы телевидения: Учебник для вузов. – СПб.: Изд. “Лань”, 1988. – 288 с.
14. Домбругов Р.М. Телевидение: Учебник для вузов. – Киев: Выща шк., 1988. – 255 с.
15. Ельяшкевич С.А., Кишеневский С.Э. Унифицированные цветные телевизоры II класса. – М.: Связь, 1977. – 112 с.
16. Унифицированные цветные телевизоры блочно-модульной конструкции УПИМЦТ-61-II / Под ред. С.А.Ельяшкевича. – М.: Связь, 1979. – 128 с.
17. Артюхов О.М. Новые цветные телевизоры. // Техника кино и телевидения, 1985, №2, с. 22 – 29.
18. HORIZONT. Телевизоры цветного изображения 37/51/54CTV-655. Инструкция по ремонту. - Мн.: Горизонт, 1995. – 115 с.

19. HORIZONT. Телевизоры цветного изображения 51/61CTV-656, 51/61CTV-656T, 63CTV-656i, 63CTV-656T-i. Инструкция по ремонту. - Мн.: Горизонт. – 112 с.
20. HORIZONT. Телевизоры цветного изображения 51CTV-662, 70CTV692. Инструкция по ремонту. - Мн.: Горизонт. – 72 с.
21. Инструкция по ремонту телевизоров цветного изображения HORIZONT - 51/54CTV-664, 51/54CTV-664T, 63CTV-694T, 70CTV-694TS/ - Мн.: Горизонт. – 54 с.
22. HORIZONT. Цифровые телевизоры 54/63DTV-700T-i. Инструкция по ремонту. - Мн.: Горизонт. – 102 с.
23. Телевизионные микросхемы. Том 1. ИМС обработки ТВ сигналов. Справочник./ Сост. Ю.Ф.Авраменко. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 288 с.
24. Саулов А.Ю. Новейшие телевизоры HORIZONT. – СПб.: Наука и техника, 2001. – 480 с.
25. Ткаченко А.П., Хоминич А.Л. Повышение качества телевизионного изображения и звукового сопровождения: Учеб. пособие для студ. спец. «Телекоммуникационные системы», «Радиотехника» и «Радиотехнические системы». В 2 ч. Ч.1: тракты промежуточной частоты изображения и звукового сопровождения ТВ приемников. – Мн.: БГУИР, 2001. – 55 с.
26. Интегральные микросхемы: Микросхемы для телевидения и видеотехники. Справочник. Выпуск 2. – М.: ДОДЭКА, 1995. – 304 с.
27. Бурковский А. Современные селекторы телевизионных каналов. //Радио, 1999, №5. – С.6-7, №7. – С.8-9.
28. Бурковский А. Современные селекторы ТВ каналов с синтезом частоты. //Радио, 2000, №6. – С. 7-9.
29. Бурковский А. Современные селекторы ТВ каналов «БЕЛВАР». //Радио, 2003, №12. – С. 10-13.
30. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 448 с.
31. Кантор Л.Я., Дорофеев В.М. Помехоустойчивость приема ЧМ сигналов. – М.: Связь, 1977. – 336 с.
32. Шахгильдян В.В., Ляховкин А.А. Системы фазовой автоподстройки частоты. – М.: Связь, 1972. – 448 с.
33. ГОСТ 18471-82. Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы.