

621.397(076)  
Р851

№ 5094



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное  
автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
“Южный федеральный университет”

Кафедра радиоприемных устройств и телевидения

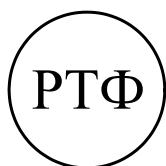
РУКОВОДСТВО  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ  
ТЕЛЕВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ НА ПЗС

по курсам

ТЕЛЕВИДЕНИЕ, ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ,  
ПРОМЫШЛЕННОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ,  
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Для студентов РТФ  
всех форм обучения



Таганрог 2013

УДК 621.397(076.5) + 621.382(076.5)

Составители: Галустов Г.Г., Мелешкин С.Н., Сидько И.В.  
Руководство к лабораторной работе “Исследование телевизионной камеры на ПЗС” по курсам “Телевидение”, “Основы телевидения”, “Промышленное телевидение”, “Физические основы передачи изображений”. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 46 с.

Изучаются принципы работы, особенности и основные параметры телевизионной камеры на ПЗС.

Предназначено для студентов радиотехнического факультета всех форм обучения, в том числе БФО, изучающих курсы “Телевидение”, “Основы телевидения”, “Промышленное телевидение”, “Физические основы передачи изображений”. Может быть использовано лицами, самостоятельно изучающими телевизионную технику.

Рецензент: Лобач В.Т., канд. техн. наук, доцент кафедры РТС ЮФУ.

Ил. 6. Библиогр.: 10 назв.

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучение принципов построения и работы малогабаритных телевизионных камер на ПЗС.

## **2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

### **2.1. Принципы действия ПЗС**

В основе прибора с зарядовой связью (ПЗС) лежат свойства структуры металл-окисел-полупроводник (МОП-структура), способной собирать, накапливать и хранить зарядовые пакеты неосновных носителей в локализованных потенциальных ямах, образующихся у поверхности полупроводника под действием электрического поля. Зарядовые пакеты возникают под действием светового излучения, а переносятся они путем управляемого перемещения потенциальных ям в требуемом направлении.

Таким образом, ПЗС работает как аналоговый сдвиговый регистр, обладающий способностью собирать, накапливать и хранить зарядовую информацию. Основным достоинством ПЗС является принцип последовательного переноса зарядовой информации от отдельных элементов матрицы к единственному выходному устройству, преобразующему зарядовые пакеты в сигнал изображения.

Основным элементом ПЗС является конденсатор МОП-структуры, одной из обкладок которого служит металлический электрод, а второй – полупроводниковая подложка (р- или n-проводимости). Диэлектриком является окисел беспримесного полупроводника, наносимый в виде тонкого слоя на подложку. В изображенном на рис. 1 МОП-конденсаторе в качестве полупроводника использован кремний дырочного (р) типа проводимости. Диэлектриком служит слой двуокиси кремния толщиной 0,1 мкм.

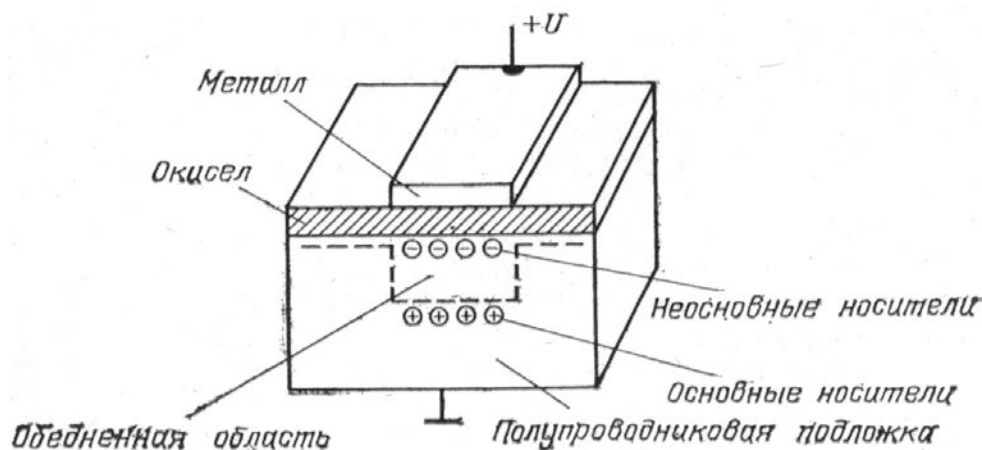


Рис. 1. Конденсатор МОП-структуры

Рассмотрим кратко физические процессы, протекающие в таком конденсаторе. В полупроводнике дырочного (р) типа проводимости основными носителями заряда являются дырки.

При приложении к металлическому электроду положительного потенциала основные носители (дырки) в слое кремния, прилегающем к границе с окислом, будут отталкиваться от электрода и, покинув поверхностный слой, отойдут в толщину полупроводника.

Под электродами образуется область, обедненная основными носителями, – потенциальная яма, глубина которой зависит от приложенного напряжения (напряжение на затворе  $U$ ), степени легирования полупроводника, толщины слоя окисла.

Следовательно, выбирая значения напряжения затвора, плотность примеси и толщину слоя окисла, можно эффективно управлять глубиной потенциальной ямы. Время жизни потенциальной ямы ограничено паразитным процессом термогенерации неосновных носителей, так как в кремнии при данной температуре всегда генерируются пары электрон-дырка, которые под действием электрического поля разделяются: основные носители «отгоняются» в толщину, а неосновные – накапливаются, заполняя постепенно потенциальную яму.

Накопление в потенциальных ямах термогенерированных носителей является паразитным процессом. Время, необходимое для заполнения потенциальной ямы из-за термогенерации, называется временем релаксации. Следовательно, промежуток времени, существенно меньший по сравнению со временем релаксации, может быть использован для хранения в потенциальных ямах зарядовых пакетов, несущих информацию о значении полезного сигнала, а МОП-конденсатор может служить элементом, запоминающим информацию, представленную зарядом потенциальной ямы. Таким образом максимальное время хранения зарядовой информации, а следовательно, и минимальная частота работы цифровых и аналоговых устройств на ПЗС определяются процессами накопления паразитного заряда в потенциальной яме. Зарядовый пакет в ПЗС может быть введен электрическим путем или с помощью световой генерации. При световой генерации фотоэлектрические процессы, возникающие в кремнии, приведут к накоплению неосновных носителей в потенциальных ямах. Накопленный заряд пропорционален освещенности и времени накопления. Направленная передача заряда в ПЗС обеспечивается расположением МОП-конденсаторов на столь близком расстоянии друг от друга, что их обедненные области перекрываются и потенциальные ямы соединяются. При этом подвижный заряд неосновных носителей будет накапливаться в том месте, где глубже потенциальная яма (рис. 2).

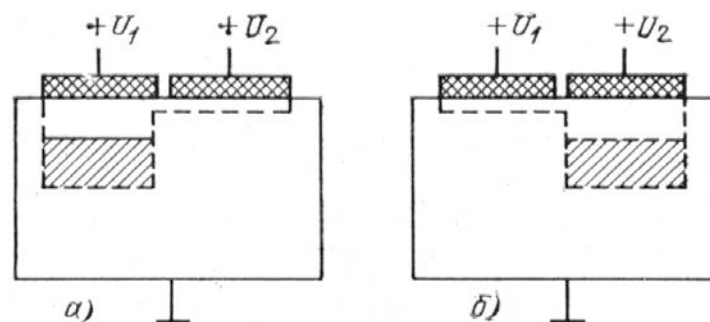


Рис. 2. Перенос зарядовых пакетов путем переключения потенциалов электродов двух рядом расположенных МОП-конденсаторов

На металлические электроды расположенных рядом двух конденсаторов поданы положительные потенциалы  $U_1$  и  $U_2$ . В начальный момент потенциал  $U_1 = U_2$ . В образовавшуюся глубокую потенциальную яму левого конденсатора может быть помещена зарядовая информация (рис. 2,а). Затем потенциал левого электрода уменьшим, а потенциал правого – увеличим. Тогда под правым электродом образуется глубокая потенциальная яма, в которую перетечет зарядовый пакет, помещенный ранее в потенциальную яму левого конденсатора (рис. 2,б).

Следовательно, изменяя определенным образом потенциалы на электродах близко расположенных конденсаторов, можно направленно перемещать зарядовую информацию.

Динамику перемещения зарядовых пакетов можно проследить на примере трехкратного сдвигового регистра – устройства, состоящего из цепочки МОП-конденсаторов. Сдвиговым регистром управляют по трехтактной схеме. Каждый электрод прибора подключен к одной из трех тактовых шин с фазами  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ , как показано на рис. 3.

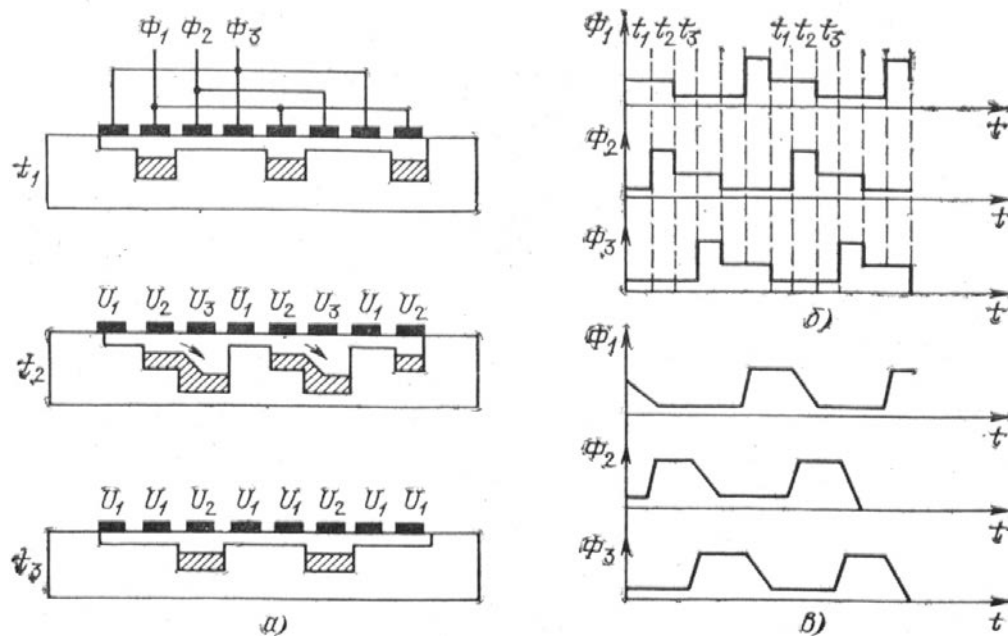


Рис. 3. Перенос зарядовой информации

Один элемент сдвигового регистра состоит из трех ячеек МОП-конденсаторов. В течение первого такта работы (момент  $t_1$ ) на электроды фазы  $\Phi_1$  подано положительное напряжение. Под этими электродами образуются потенциальные ямы, в которых могут накапливаться и храниться заряды, образованные неосновными носителями.

Заряды в потенциальных ямах могут накапливаться как в результате воздействия светового излучения – тогда заряды будут носителями полезной информации, так и быть следствием паразитного процесса термогенерации.

При этом термогенерированные заряды составляют паразитную добавку к информационному заряду и являются источником темнового тока сигнала изображения.

Время хранения зарядов  $t_{\text{хр}}$  равно времени действия напряжения  $U_2$ , а режим работы ячейки под электродами фазы  $\Phi_1$  в это время называется режимом хранения. В момент  $t_2$  (второй такт) на электроды фазы  $\Phi_2$  подается напряжение  $U_3$ , значение которого превышает в 1,5...2 раза напряжение  $U_2$ . Это напряжение называется напряжением записи. Оно вызывает появление под электродами фазы  $\Phi_2$  более глубоких потенциальных ям, в которые и перетекают электроны из-под электродов фазы  $\Phi_1$ . Режим, при котором электроны перетекают из одних потенциальных ям в другие, называется режимом записи. В момент  $t_3$  (третий такт) напряжение на электродах фазы  $\Phi_2$  уменьшится до значения  $U_2$ , соответствующего режиму хранения, а напряжение на электродах фазы  $\Phi_1$  уменьшится от значения  $U_2$  до  $U_1$ , что предотвращает возврат зарядового пакета под электроды фазы  $\Phi_1$ . Из рис. 3,а видно, что перенос зарядовых пакетов произойдет слева направо, так как под электродами фазы  $\Phi_3$  потенциал остается низким, равным  $U_1$ .

Такой направленный перенос зарядовых пакетов является одним из достоинств трехтактных регистров. В регистрах, работающих по двухтактной схеме, направленный перенос зарядов приходится обеспечивать путем усложнения структуры ПЗС.

Последовательность смены потенциалов на тактовых группах показана на тактовой диаграмме (рис. 3,б), на которой форма управляющих напряжений для трехтактной схемы идеальна. Однако для повышения эффективности переноса зарядов тактовые импульсы, подаваемые на электрод, должны перекрываться и иметь пологий фронт, что задерживает уменьшение глубины (схлопывания) потенциальной ямы. Поэтому практически для управления используют импульсы трапецеидальной формы (рис. 3,в).

При этом остатки заряда (последние носители) успевают перетечь в соседнюю потенциальную яму, в результате повышается эффективность переноса заряда.

Зарядовая информация на выходе ПЗС должна быть преобразована в электрические сигналы, для чего в конце цепочки ПЗС предусмотрено специальное устройство. Одним из оптимальных считывающих устройств с точки зрения получения наилучшего соотношения сигнал-шум является устройство с плавающей диффузионной областью, расположенной рядом с выходным затвором, отделяющим ее от последнего электрода сдвигового регистра. Фотоэлектрические преобразователи изображения на ПЗС делятся на два класса: линейные (одномерные) и матричные (двумерные). В линейных ФЭП фоточувствительные элементы расположены вдоль одной линии, обычно строки, и формируют одномерное изображение объекта. Такие однострочные ФЭП могут быть использованы при контроле за технологическими процессами производства, при специальном анализе и анализе оптической плотности макро- и микрообъектов. Однострочные ФЭП могут быть использованы и для получения двумерного изображения. В этом случае необходимо перемещение ФЭП или объекта в направлении, перпендикулярном направлению строчной развертки. Твердотельным аналогом передающей трубки с электронным сканированием по строке и кадру является матричный формирователь сигнала изображения.



Он представляет собой двухкоординатный массив светочувствительных элементов, осуществляющих электронное сканирование по координатам  $x$  и  $y$ .

При проектировании такой двухкоординатной матрицы решается вопрос организации ее считывания. Существует несколько способов организации считывания матричных формирователей. Наиболее предпочтительна организация с кадровым переносом (рис. 4). Характерной ее особенностью является наличие секции хранения или памяти 2, которая защищена от света и равна по площади секции накопления 1 – фотоприемной секции. Накопленные заряды фотоприемной секции за время обратного хода по кадру последовательно сдвигаются в секцию хранения. Во время накопления в фотоприемной секции следующего кадра информация из секции хранения построчно передается в секцию переноса заряда – сдвиговый регистр 3. Сдвиг строк в секцию переноса осуществляется во время обратного хода горизонтальной развертки. Затем зарядовые пакеты строки поэлементно выводятся сдвиговым регистром к выходному устройству, преобразующему заряды в сигнал изображения. После считывания всей видеоинформации из секции хранения начинается перенос следующего кадра. Одним из основных достоинств покадрового считывания является устранение эффекта смазывания изображения, так как зарядовая информация считывается из защищенной от света секции хранения и дополнительной засветки при сканировании не происходит.

При покадровой организации просто осуществляется чересстрочное разложение изображения, проста также электродная структура, что позволяет компактно расположить ячейки матрицы. Принцип покадрового переноса удобен для освещения матрицы со стороны подложек, что позволяет удвоить квантовую эффективность прибора и получить более равномерную характеристику спектральной чувствительности.

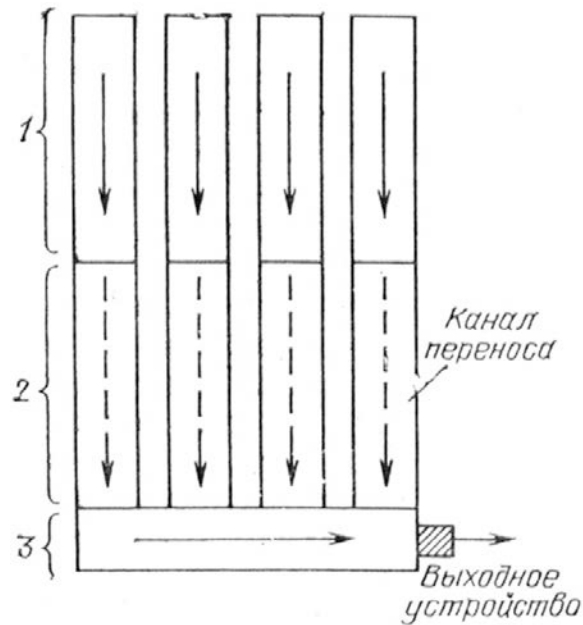


Рис. 4. Способ организации покадрового считывания

Матрица с покадровым переносом позволяет легко реализовать чересстрочное разложение изображения.

Для этого в течение длительностей нечетных полей накопление производится под электродами  $\Phi_1$ , а в течение длительностей четных – под электродами фазы  $\Phi_2$ .

Во время обратного хода по полям зарядовая информация нечетного поля переносится в секцию хранения (памяти). В период следующего четного поля в режим накопления переводятся электроды фазы  $\Phi_2$ , и в секции накопления начинается новый цикл работы.

В то же время из секции хранения последовательно, строка за строкой переносятся все строки нечетного поля в выходной (сдвиговый регистр), который сдвигает элементы строки один за другим к выходному устройству.

Перенос зарядов отдельных строк из секции памяти в сдвиговый регистр осуществляется во время обратного хода строчной развертки, а вывод зарядов строки из регистра в выходное устройство – за время прямого хода строчной развертки.

Таким образом, в матрице с покадровым считыванием перенос зарядовых пакетов к выходному устройству осуществляется в три приема: 1) перенос из секции накопления в секцию памяти; 2) перенос из секции памяти в сдвиговый регистр; 3) перенос из сдвигового регистра в выходное устройство. Нетрудно видеть, что число переносов для разных элементов кадра будет различным. Максимальным оно будет для первого элемента верхней строки и минимальным для последнего элемента нижней. Максимальное число переносов для одного зарядового пакета нетрудно подсчитать. Для покадровой организации считывания по трехтактной схеме сдвига число переносов

$$N_{\max} = 2 \cdot 3z + 3n,$$

где  $z$  – число строк;  $n$  – число элементов в строке. В приведенном равенстве первый член учитывает число переносов по кадру, а второй – число переносов вдоль строки.

Следует иметь в виду, что зарядовые пакеты переносятся не полностью, так как, во-первых, часть заряда теряется в ловушках, существующих на границе кремния с окислом, а во-вторых, при определенной скорости переноса часть заряда может отстать от пакета и появиться в следующем. Неэффективность переноса заряда  $\varepsilon$  накладывает определенные ограничения на скорость работы ПЗС и полное число переносов, которое можно совершить без существенного разрушения сигнала;  $\varepsilon$  – относительная величина и характеризует часть заряда, отставшую от пакета на один перенос.

Умножив  $\varepsilon$  на число переносов в приборе  $N$ , получим результирующую неэффективность переноса  $N\varepsilon$  всего прибора. Приемлемым считается значение  $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ .

Как видим, принцип последовательного переноса, являющийся одним из основных достоинств ПЗС и обеспечивший им на определенном этапе преимущества перед двухкоординатными матрицами в таком важном параметре, как существенное повышение отношения сигнал-шум и улучшение однородности изображения, тормозит дальнейшее увеличение качества матрицы.

Кроме того, используемое в ПЗС самосканирование требует бездефектности всех элементов матрицы. Неисправность одного элемента вызывает потерю информации всего передающего столбца или строки.

## **2.2. Универсальные электронные испытательные таблицы**

В эксплуатационных условиях для оценки всего тракта и его звеньев широко используют испытательные таблицы (ИТ).

Оптические ИТ могут выполняться на прозрачной и непрозрачной основе.

Сигналы, соответствующие рисунку ИТ, могут также вырабатываться с помощью моноскопных и электронных датчиков.

Оптические ИТ применяют для контроля всего тракта "от света до света" и, в частности, для проверки и настройки датчиков сигналов изображения.

Моноскопные и электронные датчики сигналов ИТ применяют для контроля звеньев и элементов ТВ-тракта после их подключения.

Основными типами ИТ (ГОСТ 14872-82) являются универсальные таблицы для настройки и общего контроля основных параметров тракта изображения, а также таблицы для настройки и контроля отдельных параметров, например для измерения координатных искажений, контроля цветового баланса по серому градационному клину и др.

Наиболее распространены следующие виды ИТ: 0249, ИТ-72, УЭИТ.

В настоящее время в аналоговом вещательном телевидении широко используется таблица УЭИТ.

Универсальная электронная испытательная таблица (УЭИТ) (рис. 5) предназначена для субъективного и объективного контроля основных параметров цветного и черно-белого изображений и ТВ-тракта.

С помощью таблицы проверяют следующие параметры: размеры, формат и центровку изображения; геометрические и нелинейные искажения раstra; яркость и контраст изображения; размах полного ТВ-сигнала и его составляющих; качество и устойчивость синхронизации; статическое и динамическое сведение лучей; линейные искажения сигналов; яркостную и цветовую четкость; баланс белого; воспроизведение градаций яркости; соответствие уровней яркостного и цветоразностных сигналов; установку нулей характеристик частотных детекторов; верность воспроизведения цветов; контроль коррекции предыскажений по высокой частоте; совпадение во времени яркостного и цветоразностных сигналов.

Основу таблицы составляет сетчатое поле, образованное 19 горизонтальными, 25 вертикальными белыми линиями. Вертикальные линии высвечиваются синусквадратичными импульсами длительностью  $2\tau_{эл} = 0,16...0,17$  мкс, горизонтальные линии имеют толщину в две строки.

Уровень сигнала белых линий составляет 75%, а темных промежутков между ними – 37% максимального размаха сигнала.

Сетчатое поле служит для контроля координатных (геометрических и нелинейных) искажений раstra и сведения лучей в цветном кинескопе.

Рамка таблицы состоит из черно-белых элементов с размахом сигнала 100/0. Толщина рамки составляет 3% от высоты и ширины изображений таблицы. Реперные белые линии между черными полосами рамки обозначают рабочее поле таблицы при формате 4:3.

Сигналы рамки служат для контроля устойчивости синхронизации, а также для измерения максимального размаха сигнала в каждой строке и в каждом поле.

Участки таблицы, находящиеся за пределами большого центрального и малых угловых кругов, а также за пределами полос 6, 7, 8 б-щ и 13, 14, 15 б-щ служат для контроля равномерности яркости и цвета по полю таблицы.

В малых кругах находятся белые перекрестия для контроля сведения лучей цветного кинескопа и штриховые миры для оценки четкости изображения по углам. Мирам с цифрой 3 соответствует сигнал с частотой 3,8 МГц, а с цифрой 4 – 4,8 МГц. В квадратах 5 и-т располагаются надписи, обозначающие цифровой код опознавания передающей станции. В верхней и нижней частях центрального (большого) круга (3, 4 м-п и 17, 18 м-п) имеются сетчатое поле на сером фоне для контроля сведения лучей цветного кинескопа.

На горизонтальной полосе 6, 7 б-щ находятся участки белого, желтого, голубого, зеленого, пурпурного, красного, синего и серого цветов пониженной насыщенности, в которых уровень белого равен 75%, уровень черного – 37,5%, максимальный уровень сигнала цветных полос – 75%, минимальный уровень сигнала цветных полос – 37,5% максимального размаха сигнала (75/37,5/75/37,5). На горизонтальной полосе 14, 15 б-щ находятся участки указанных цветов максимальной насыщенности, создаваемые сигналами с уровнями 75/0/75/0. Эти цветные полосы с различными яркостью и насыщенностью служат для оценки верности цветопередачи на разных уровнях яркости и визуального контроля качества воспроизведения цветов. На горизонтальной полосе 8 б-ц расположена серая шкала (шкала градаций яркости), создаваемая ступенчатым сигналом. Ширина отдельных участков на этой шкале равна двум клеткам сетчатого поля. Участок 8 в соответствует сигналу, уровень которого на 3 % ниже уровня черного. С помощью серой шкалы контролируют: воспроизведение градаций яркости, установку уровня черного, чистоту цвета, динамический баланс белого, положение нулей дискриминаторов в декодирующем устройстве. Серая шкала содержит опорные уровни сигнала, соответствующие минимальной и максимальной яркости. В полосе 9 е-х содержатся цветные штрихи: пурпурно-зеленые (е-к), желто-синие (л-р), красно-голубые (с-х), создаваемые импульсами с частотой 0,5 МГц и уровнями 75/37,5/75/37,5.

Эти штрихи предназначены для контроля коррекции высокочастотных предискажений. Участки 10 е-х и 11 е-х имеют бело-серо-черные и черно-серо-белые протяженные элементы для контроля низкочастотных искажений сигнала, проявляющихся в виде тянущихся продолжений.

Наклонные линии на участках 11 е-к и 10 с-х служат для оценки качества чересстрочного разложения. Создаваемые синусквадратичными импульсами  $2\tau_{эл}$  одиночные вертикальные штрихи, черный на белом фоне (10 е) и белый на черном фоне (11 е) служат для обнаружения отраженных сигналов и оценки фазочастотных искажений.

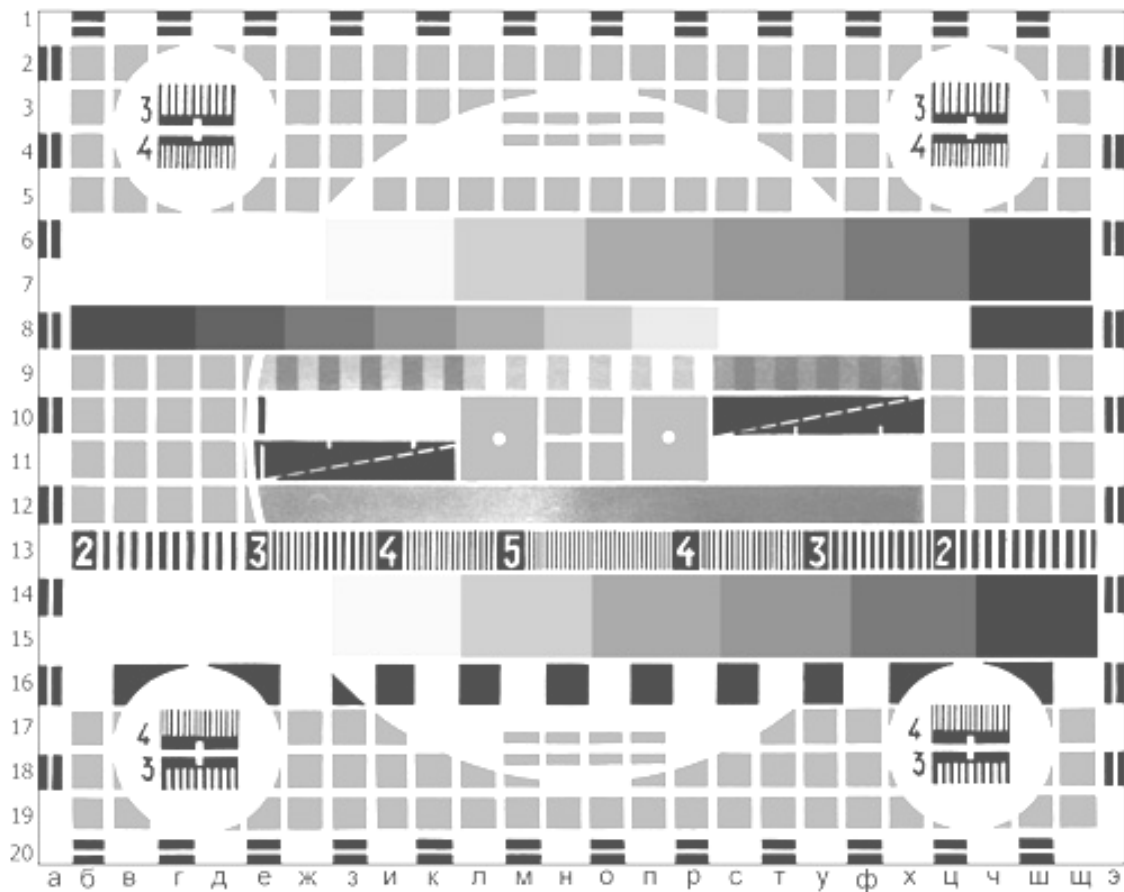


Рис. 5. Универсальная электронная испытательная таблица

Перекрещенные белые линии, совпадающие с сетчатым полем на участке 10, 11 н-о, являются центром таблицы, по которому оценивается центровка раstra и производится сведение лучей цветного кинескопа в центре экрана.

Горизонтальная ось таблицы между полосами 10 и 11 имеет отметки через две клетки сетчатого поля.

По этим отметкам определяется линейность развертки по строкам. Полоса 12 е-х представляет собой "радугу", в которой цвет изменяется непрерывно от зеленого до пурпурного с переходом через серое в середине полосы.

Она создается цветоразностными сигналами  $D'_R$  и  $D'_B$ , плавно изменяющимися от  $-1$  до  $+1$  и от  $+1$  до  $-1$ , и позволяет оценивать уход нуля дискриминаторов, контролировать линейность характеристик частотных модуляторов и дискриминаторов (с помощью осциллографа).

Полоса 13 используется для оценки четкости изображения, создаваемого яркостным сигналом, и искажений АЧХ канала изображения.

Для этого применяется элемент групповой четкости из семи участков изображения в виде черных и белых штрихов, создаваемых пакетами сигналов синусоидальных напряжений, которые формируются последовательностью частот 2,8; 3,8; 4,8 и 5,8 МГц, причем в середине полосы размещается группа с наивысшей частотой.

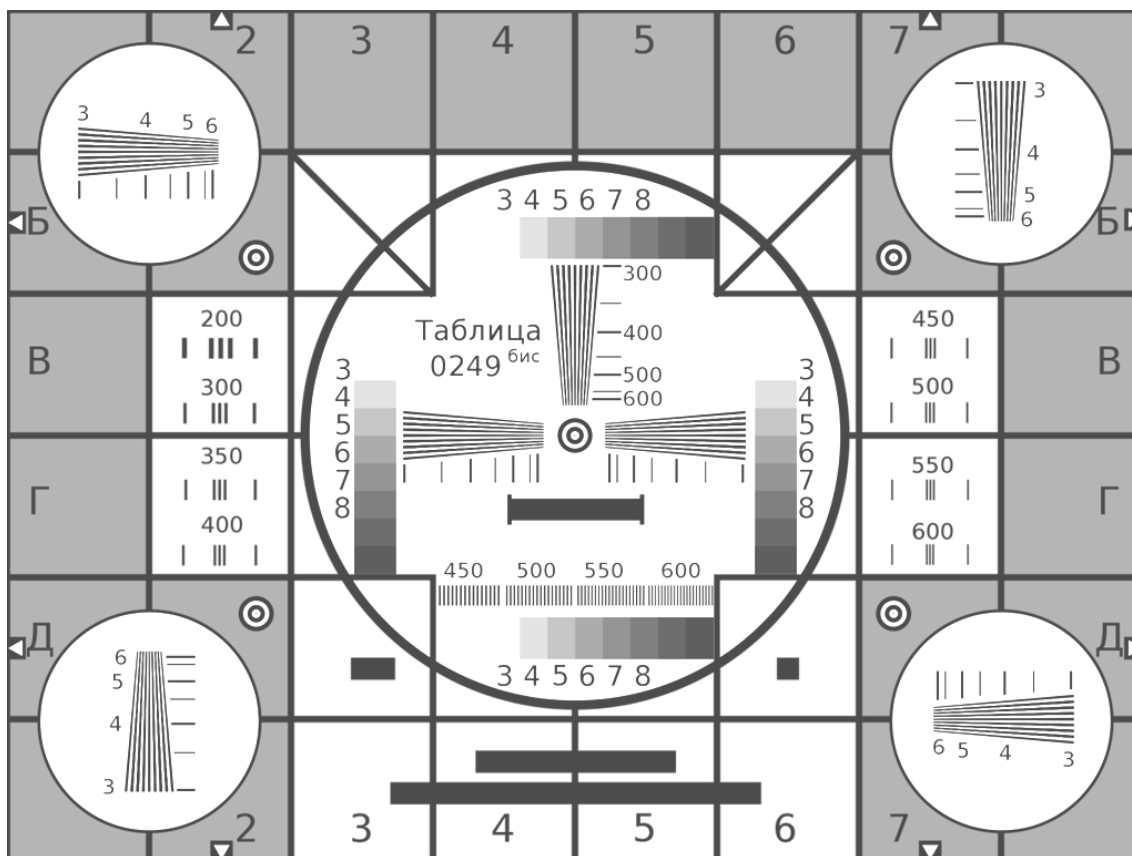
Эти участки штрихов используются для проверки яркостной горизонтальной четкости и соответствуют 200, 300, 400 и 500 линиям, укладываемым на интервале активной части строки.

Черные и белые квадраты полосы 16 служат для контроля тянущихся продолжений, а также совместно с изображениями цветных полей с максимальной насыщенностью — для оценки правильности матрицирования.

Большой круг диаметром 480 строк и малые окружности диаметром 120 строк позволяют приблизительно оценить координатные искажения и искажения формата.

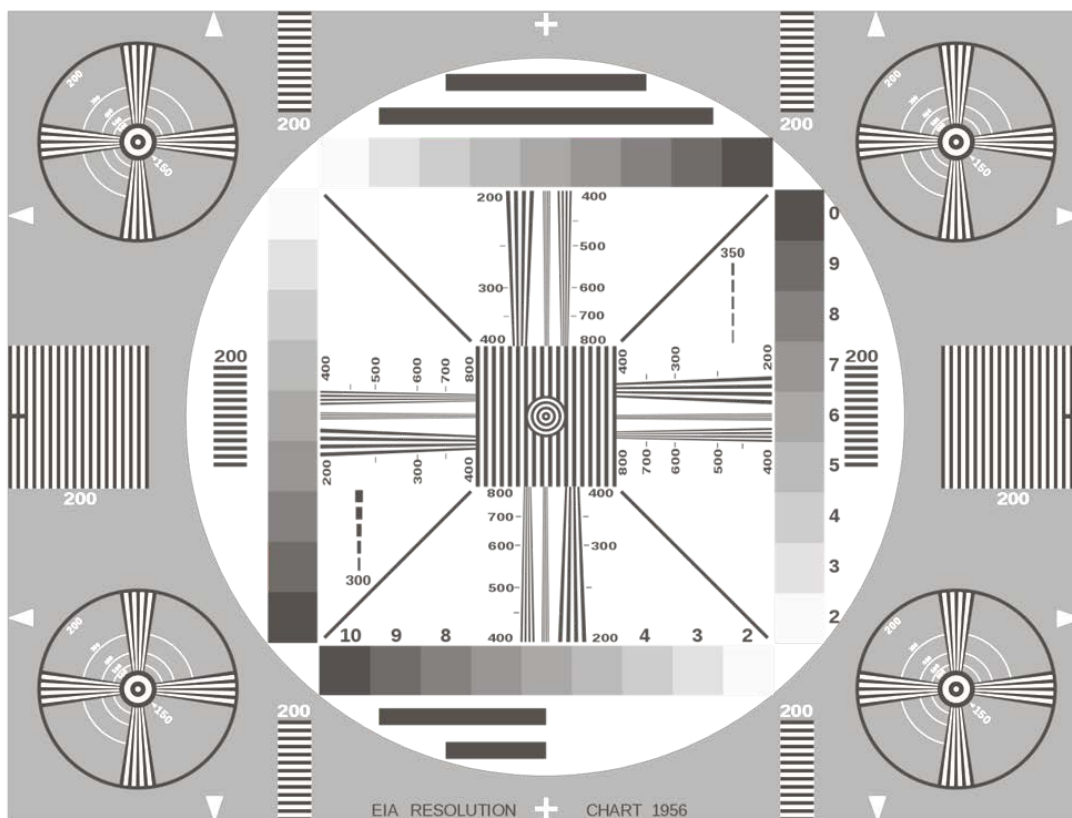


## Телевизионная испытательная таблица ТИТ-0249



Чёрно-белая испытательная таблица, разработанная в 1949 г. Существовало два способа передачи ТИТ-0249: съёмка телекамерой с графического оригинала или воспроизведение с помощью моноскопа. В настоящее время телеканалами практически не используется, однако иногда ее используют для оценки разрешающей способности видеокамер.

## EIA Resolution Chart



Разработана в 1956 году и стала своего рода стандартом тестовых таблиц

**Тестовая таблица Philips PM5544**



**Тестовая таблица BBC**



### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема лабораторной установки представлена на рис. 6.

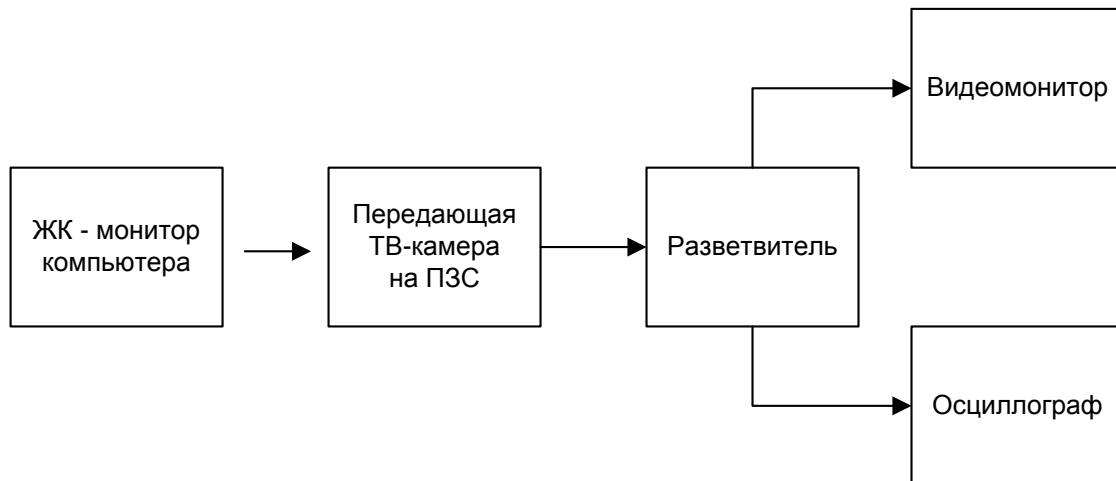


Рис. 6. Структурная схема лабораторной установки

В лабораторной работе используются следующая аппаратура и принадлежности:

- телевизионная камера системы наблюдения СТС-383 на основе ПЗС, смонтированная в корпусе объектива;
- телевизионный приемник в режиме монитора (или аналогичное видеоконтрольное устройство);
- телевизионный осциллограф с блоком выделения строки LeCroy 204Xi;
- блок питания с выходным напряжением 12 В и током не менее 1 А для питания монитора и камеры;
- испытательные таблицы ТИТ- 0249, EIA Resolution Chart, Philips PM5544, УЭИТ, на экране ЖК - монитора;
- соединительные кабели и другие принадлежности.

Питание камеры может осуществляться от видеоконтрольного устройства, при этом блок питания не используется.

#### 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Изучить принципы построения камер на основе ПЗС и видами телевизионных испытательных таблиц.
2. Зарисовать качественно предполагаемые осциллограммы полос 8 и 13 УЭИТ (рис. 5).
3. Рассчитать и зарисовать во временном масштабе осциллограммы строк следующих изображений:
  - экран поделен на два равных поля: левая часть экрана черная, правая – белая;
  - на экране – 10 черных и 10 белых чередующихся вертикальных полос одинаковой ширины.
4. Ознакомиться с информацией, приведенной в приложениях и подготовиться к ответам на контрольные вопросы.

#### 5. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Получить на экране монитора четкое изображение испытательной таблицы с экрана ЖК - монитора. Файлы таблиц находятся в отдельной папке на рабочем столе.
2. Определить визуально с помощью изображения УЭИТ разрешающую способность по горизонтали и по вертикали (строки 3 и 4, 17 и 18).
3. Определить величины и вид нелинейных и геометрических искажений (строка 13).
4. Определить наличие и вид частотных искажений (строки 10, белая полоса между 10 и 11, 11).
5. Просмотреть и сохранить осциллограммы характерных строк УЭИТ (строки 3 и 4, 17 и 18, 8, 10, 11, белая полоса между 10 и 11, 13, 16). Для этого:
  - включить осциллограф;
  - подождать запуск приложения WaveForm, не нажимая при этом кнопки;
  - на панели инструментов зайти в подменю "Синхронизация", выбрать "Меню синхронизации";

- в появившемся приложении выбрать тип синхронизации "ТВ-сигнал";
  - в секции "Поле" и "Строки" выбрать номер строки (каждая из 20 полос в УЭИТ содержит в себе около 16 строк (с учетом чересстрочной развертки) раstra телевизионного сигнала);
  - получить устойчивое изображение видеосигнала (синхронизация осуществляется с помощью регулятора уровня секции «Запуск», режим развертки установить ждущий).
6. Ознакомиться с другими испытательными таблицами.

## **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Цель работы.
2. Структурная схема лабораторного макета.
3. Результаты выполнения домашнего задания.
4. Осциллограммы и данные, полученные в результате выполнения работы.
5. Выводы по результатам выполнения каждого пункта лабораторной работы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое ПЗС-структура?
2. Каким образом осуществляется преобразование световой информации в электрический сигнал?
3. Как происходит направленная передача зарядовых пакетов?
4. Почему для управления процессом переноса зарядов в ПЗС-структурах используют импульсы трапецеидальной формы?
5. В чем отличия между линейными и матричными ПЗС?
6. Области применения линейных и матричных ПЗС.

7. Объясните принцип работы ПЗС с покадровым считыванием.

8. Объясните принцип работы ПЗС с построчным считыванием.

9. Объясните принцип работы ПЗС со строчно-кадровым считыванием.

10. Что такое неэффективность переноса заряда?

11. Нарисуйте и объясните световую характеристику ПЗС-матрицы.

12. Какова спектральная чувствительность ПЗС-матрицы?

13. Чем определяется разрешающая способность ПЗС-камеры?

14. Принципы контроля качества телевизионного изображения и тракта передачи изображения.

15. Способы формирования испытательных телевизионных изображений.

16. Назначение УЭИТ и параметры, контролируемые с её помощью.

17. Контроль и оценка координатных искажений и формата раstra.

18. Контроль частотных характеристик тракта передачи сигнала.

19. Контроль нелинейных искажений тракта передачи сигнала.

20. Оценка четкости изображения.

21. Объясните ход и результаты выполнения лабораторного задания.

22. Параметры телевизионных камер и их влияние на качество, информативность передаваемого изображения.

23. Дополнительные возможности и сервисные устройства телевизионных камер и систем наблюдения.

24. Зарисуйте функциональную схему телевизионной камеры и объясните её работу.

25. Характеристики объектива телевизионной камеры, и их влияние на параметры передающей камеры на ПЗС.

### Библиографический список

1. Телевидение: Учебник для вузов. В.Е. Джакония, А.А. Гоголь, Н.А. Ерганжиев и др.; Под ред. В.Е. Джаконии. – М.: Радио и связь, 2008. – 640 с.
2. Цифровое преобразование изображений: Учебник для вузов / Быков Р.Е., Фрайнер Р. и др. – М.: «Горячая линия – Телеком»; 2003 г. – 228 с.
3. Назаренко В.Г. Датчики ТВ-сигналов на приборах с зарядовой связью: Учебное пособие. – Таганрог: ТРТУ, 1994. – 82 с.
4. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
5. Приборы с зарядовой связью: Пер. с англ. / Под ред. Д.Ф. Барба. – М.: Мир, 1982. – 240 с.
6. Быков Р.Е. и др. Телевидение: Учебник для вузов / Р.Е. Быков, В.М. Сигалов, Г.А. Эйсенгардт; Под ред. Р.Е. Быкова. – М.: Высшая школа, 1988.
7. Кривошеев М.И. Основы телевизионных измерений. – М.: Радио и связь, 1989. – 536 с.
8. Павлов С.В. ПЗС-датчик телевизионного изображения и устройство цветового кодирования монохромных изображений: Методическое руководство к лабораторной работе по курсам «Телевидение» и «Промышленное телевидение». – Таганрог: ТРТУ, 1994. – 22 с.
9. Назаренко В.Г., Гулевич В.Л. Руководство к лабораторным работам по курсам «Телевидение» и «Основы телевидения». Ч. 1. – Таганрог: ТРТИ, 1985. – 42 с.
10. Влаго Дамьяновски ССТV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии: Пер. с англ. – М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006. – 480 с.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

#### СИСТЕМЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

##### 1. Общие сведения

Системы телевизионного наблюдения предназначены для обеспечения безопасности на охраняемом объекте. Они позволяют одному или нескольким наблюдателям одновременно следить за одним или многими объектами, находящимися порой на значительном расстоянии как друг от друга, так и от места наблюдения.

Наиболее простая система телевизионного наблюдения включает телевизионную камеру и монитор (видеоконтрольное устройство – ВКУ). Камера может быть подключена непосредственно к телевизору или монитору.

Система телевизионного наблюдения может содержать дополнительные сервисные удобства, к которым можно отнести детекторы движения, анализирующие изменения изображения, например перемещения любого предмета в поле зрения камеры, и сигнализирующие оператору об этом.

Для дистанционного управления камерами используются поворотные устройства. Они позволяют увеличить обзор камеры посредством ее поворота в двух плоскостях. Управление поворотными устройствами может осуществляться джойстиком.

Для одновременного получения нескольких изображений (до 16) на экране одного монитора используются квадраторы ("делители экрана"). Квадраторы преобразуют сигналы от нескольких видеокамер в изображение, которое отображается на одном мониторе. При этом изображение от любой камеры можно оперативно развернуть на весь экран. Квадраторы получили свое название из-за того, что первые модели делили экран на 4 окна и в каждом отображалась одна из камер.

Для последовательного вывода на экран изображения от нескольких камер в системах телевизионного наблюдения используются мультиплексоры (коммутаторы).

В режиме просмотра они последовательно подключают камеры к монитору. На крупных объектах число камер может составлять несколько десятков. Для повышения эффективности работы оператора используют матричные коммутаторы. Они позволяют создать гибкую и наращиваемую систему безопасности, в которую могут входить не только компоненты телевизионных систем, но и системы сигнализации и контроля доступа. Запись видеоизображения может осуществляться в цифровой форме на жесткие диски при помощи компьютера или специализированного видеорегистратора.

Управление системами телевизионного наблюдения в зависимости от их сложности и обстановки на объекте может быть автоматическим (с помощью компьютера) или ручным.

## **2. Параметры телевизионных камер систем телевизионного наблюдения**

Качество изображения системы телевизионного наблюдения определяется, прежде всего, телевизионной камерой. Она представляет собой законченное устройство, которое будучи подключенным к видеовходу монитора или телевизора позволяет наблюдать изображение на экране на значительном расстоянии от объекта съемки. В настоящее время выпускаются видеокамеры для систем телевизионного наблюдения (включая модификации), отличающиеся:

- характером изображения (черно-белое или цветное);
- четкостью изображения;
- светочувствительностью (минимальной рабочей освещенностью объекта съемки);
- возможностью цифровой обработки видеосигнала;
- допустимыми климатическими условиями работы;
- напряжением питания;
- конструкцией и способом установки.

К основным параметрам видеокамер следует отнести:

- формат – относительный размер матрицы в дюймах (1", 2/3", 1/2", 1/3", 1/4"), чем он больше, тем больше угол обзора. Угол обзора зависит также от фокусного расстояния объектива (чем меньше фокусное расстояние, тем больше угол обзора);

- разрешение – число ТВ-линий, которое видеокамера может передать, с увеличением этого параметра достигается большая четкость передаваемого изображения;

- чувствительность – минимальная освещенность на объекте, при которой можно вести наблюдение.

Видеокамеры делятся по исполнению:

- на бескорпусные модульные;
- миникамеры;
- цилиндрические камеры;
- CCTV-камеры (CCTV – Closed Circuit TeleVision – камера системы телевизионного наблюдения).

Первые три типа камер могут быть выполнены в виде камер скрытой установки – Pin-Hole (объектив с точечным отверстием).

С целью обеспечения качественной работы в условиях переменной яркости изображения и различных уровней фоновых засветок современные телекамеры для систем телевизионного наблюдения оснащаются подсистемами компенсации этих воздействий. Камеры с ручной регулировкой или вообще без соответствующей подсистемы выпускаются в основном для научных приложений. В целях увеличения сектора обзора, телевизионные камеры устанавливают на поворотные устройства с горизонтальным или с горизонтальным и вертикальным сканированием.

Вторым важным элементом систем видеонаблюдения является видеомонитор. Он должен обеспечивать высокую разрешающую способность (по горизонтали – не менее 600 телевизионных линий), высокую долговременную стабильность и не требовать регулярной калибровки.

Надежность системы также зависит от того, насколько оптимальны схемные решения, прочна и удобна механическая конструкция.

В дополнение к основным устройствам обработки широко применяются различные вспомогательные устройства:

- кабельные усилители – для компенсации потерь в кабеле при передаче видеосигнала на расстояние до 2 км;
- разветвители, позволяющие к одной телекамере подключать несколько мониторов, видеорегистраторов и т.п.;
- генераторы вспомогательной текстовой информации (даты, времени, номера или идентификатора камеры и т.п.).

Технические характеристики наиболее широко используемых в системах телевизионного наблюдения малогабаритных видеокамер приведены ниже.

Матрица – формат 1/3", черно-белая.

Разрешение по горизонтали – 380 – 420 – 600 ТВ-линий.

Количество элементов изображения – 320000 – 470000.

Минимальная освещенность (чувствительность) – 0,1...0,2 люкс.

Система синхронизации – внутренняя.

Развертка – 2:1 (чересстрочная).

Видеовыход – 1 В 75 Ом.

Отношение сигнал/шум – более 50 dB.

Автоматический электронный затвор – 1/50 - 1/100000.

Коэффициент гамма-коррекции –  $\gamma = 0,45$ .

Регулировка усиления – автоматическая.

Фокусное расстояние –  $f = 2,1 \dots 12,0$  мм.

Наработка на отказ – 80000 часов.

Аудио – есть/нет.

Питание DC 12В (9В-15В).

Потребляемый ток – 100 мА.

Рабочая температура – от  $-10$  до  $+50$  °С.

### **3. Функциональное устройство видеокамеры**

В конструкции видеокамеры можно выделить следующие основные функциональные узлы:

- преобразователь свет-сигнал;
- синхронизации;
- автоматической регулировки усиления;
- электронный затвор;
- автоматической установки баланса черного;
- гамма-коррекции;
- съемки при низких уровнях освещенности;
- объектив с автоматической диафрагмой.

Функция съемки при низких уровнях освещенности (LOLUX) замечательна тем, что позволяет снимать почти без освещения. При этом можно получить прекрасное изображение с хорошим цветовым балансом без увеличения уровня шума.

#### **Преобразователи "свет-сигнал"**

Важнейшим элементом конструкции видеокамеры является преобразователь "свет-сигнал", обеспечивающий кодирование снимаемого изображения в форме электрических сигналов.

Преобразователи свет-сигнал представляют собой либо передающие электронно-лучевые ТВ-трубки (ЭЛТ), либо твердотельные матрицы – так называемые "приборы с зарядовой связью" (ПЗС).

Передающими ТВ-трубками оснащены устаревшие модели видеокамер либо видеокамеры специального назначения.

В современных видеокамерах, как правило, применяются матрицы ПЗС, обеспечивающие большую надежность работы при достаточно высоких параметрах. Число строк матрицы принимает значения от 380 до 900.

Внедрению камер на ПЗС способствовали их несомненные преимущества.

Отсутствие громоздких отклоняющих катушек и других, присущих ЭЛТ элементов конструкции, позволило в значительной степени снизить размеры и массу камер на ПЗС по сравнению со своими предшественниками. Кроме того, заметно упростилась вся схемотехника ТВ-камер и, как следствие, примерно наполовину снизилась потребляемая от источника питания мощность.

Одновременно примерно вдвое повысилась чувствительность ТВ-камер. Их работа стала стабильнее, на нее перестали влиять типичные для камер на ЭЛТ сбои в работе, связанные с такими внешними факторами, как сотрясения, вибрации, уход параметров в процессе эксплуатации и при изменениях температуры.

Для камер на ПЗС, в отличие от трубочных аналогов, характерно также отсутствие послеизображений (инерционности мишени), тянущихся продолжений за движущимися объектами в изображении, не говоря уже о прожигании фотопроводящего слоя мишени. Причем указанные параметры не зависят от срока эксплуатации матриц ПЗС. В обычной ТВ-камере электронно-лучевая трубка в рабочем режиме удерживает на мишени значительное количество света. Это происходит, когда она направлена на сильно освещенные объекты (солнце, окно или осветительный прибор).

В случае использования твердотельной передающей камеры, все перечисленные факторы становятся совершенно несущественными, что особенно важно, если у оператора нет достаточного опыта или условий для проведения съемки.

В видеокамерах применяются 2/3", 1/2", 1/3", 1/4" и 1/6" приборы с зарядовой связью (ПЗС). Число пикселей (пиксел – один элемент ПЗС) в ПЗС может быть от 300 тыс. до 1,5 млн. Количество элементов матрицы обеспечивает горизонтальное разрешение изображения в зависимости от модели 300...800 телевизионных линий (ТВЛ).

## Устройства синхронизации

Устройство синхронизации обеспечивает временное согласование работы всех систем и блоков камеры.

Синхронизация видеокамер может осуществляться от внутреннего или внешнего генератора. Внешняя синхронизация используется в многокамерных системах для получения немигающего переключения.

При совместном использовании камер с внутренней синхронизацией они коммутируются устройствами, содержащими память на кадр.

Первые формирователи изображения на ПЗС использовали принцип покадрового переноса зарядов, который является самым простым, а поэтому наиболее удобным при производстве и эксплуатации матриц. Этот принцип был заложен в первую в мире вещательную ТВ-камеру CCD-1 производства фирмы RCA.

Чтобы не использовать механический затвор, был разработан принцип построчного переноса зарядов в ПЗС, в котором роль светочувствительных и накопительных датчиков играют (одинаковые) отдельные чередующиеся элементы.

Для повышения качества формируемого изображения в приборах с зарядовой связью был разработан альтернативный способ переноса зарядов.

Его называли принципом строчно-кадрового (гибридного) переноса. Такие приборы впервые были использованы в передающей ТВ-камере фирмы Sony. Указанный принцип, как явствует из его названия, объединил в себе особенности двух предыдущих методов – построчного и покадрового переноса зарядов. При работе с матрицами ПЗС с построчным переносом зарядов могут возникать искажения в виде тянущихся продолжений за объектами. Иначе их называют смазом или просто "тянучками".

Они выглядят на изображении в виде вертикальных линий, тянущихся за ярко освещенными или блестящими объектами.

Однако следует отметить, что возникают эти искажения при величине экспозиции, много превышающей нормальное значение. В этих условиях камера с ЭЛТ уже испытывала бы мощное воздействие искажений в виде "хвоста кометы" и тянучек, типичных для передающих камер на ЭЛТ и крайне нежелательных в ряде критических ситуаций, например при перемещении камеры поворотным устройством. В передающих ТВ-камерах на ПЗС со строчно-кадровым переносом зарядов практически полностью отсутствует вертикальный смаз изображения. Третье поколение матриц ПЗС (Hyper NAD) включило в себя целый ряд новых электронных приемов, что значительно улучшило качественные показатели формируемого изображения. Матрица Hyper NAD использует оригинальный и простой метод, заключающийся в установке миниатюрной прецизионной собирающей линзы точно на каждый светочувствительный элемент, что позволяет сконцентрировать световой поток без лишнего его рассеивания. В результате резко (примерно вдвое) возрастает чувствительность матрицы.

### **Объективы видеокамер**

Объективы к камерам отличаются величиной фокусного расстояния, светосилой, характером создаваемого оптического изображения. При съемке с одной и той же точки объективами с различными фокусными расстояниями масштаб изображения изменяется прямо пропорционально величине фокусного расстояния. Короткофокусный объектив даже при небольшом диафрагмировании обладает большой глубиной резкости. Длиннофокусный объектив даже при съемке удаленных объектов имеет ограниченную глубину резкости. При съемке геометрически строгих объектов даже незначительный наклон оптической оси объектива от горизонтального положения приводит к появлению в изображении нежелательных перспективных искажений. Это явление особенно заметно при использовании короткофокусных объективов.



Объектив камеры выбирается в соответствии с назначением камеры. Для максимального обзора выбирают широкоугольные объективы с фокусным расстоянием порядка 3,5 мм. При этом угол зрения камеры будет около  $90^\circ$ .

Длиннофокусные объективы с фокусным расстоянием 12 мм и углом зрения  $30^\circ$  используют при наблюдении периметра объекта. Для использования в условиях искусственного освещения необходима возможность отключения электронного затвора и автоматической регулировки усиления камеры, объектив с переменным фокусным расстоянием.

Для обеспечения эффекта увеличения изображения используются объективы с трансфокатором, специальные телекамеры с электронным трансфокатором или цифровую аппаратуру увеличения/уменьшения изображения (видеопроцессоры). Объективы видеокамер, имеющие переменное фокусное расстояние, называются вариобъективами. Они позволяют осуществить плавное изменение масштаба изображения (совершать "наезд"). Масштаб изменяется вручную либо посредством электропривода. При этом сохраняется фокусировка изображения. Применение трансфокаторов ("zoom") позволяет "приблизить" изображение от 5 до 50 раз, что позволяет рассмотреть даже сильно удаленные объекты. Использование трансфокатора наиболее удобно совместно с поворотным устройством. Это позволяет не только следить за перемещением объекта наблюдения в широком секторе обзора, но и рассмотреть подробно детали (лицо человека, номер автомобиля).

### **Объектив с автоматической диафрагмой**

Объектив с автоматической диафрагмой устанавливает размер отверстия диафрагмы, обеспечивающий оптимальную интенсивность светового потока, проходящего через объектив и попадающего на мишень преобразователя "свет-сигнал". Использование объективов с автоматической диафрагмой позволяет получать качественное изображение как при ярком солнце, так и при лунном свете.

Применение объективов без диафрагмы в камерах, имеющих электронный затвор, упростит и удешевит всю систему телевизионного наблюдения.

Камеры с автоматической диафрагмой плохо реагируют на внезапные резкие изменения яркости или контрастности изображения, например при трансфокации или резком включении источника света. Такие изменения быстрее отрабатывает электронный затвор камеры. Поэтому рекомендуется использовать объектив с автоматической диафрагмой в камерах с электронным затвором.

#### **4. Дополнительные возможности и сервисные устройства видеокамер**

##### **Автоматическая регулировка усиления**

Режим автоматической регулировки усиления позволяет производить непрерывную съемку при всех уровнях освещенности без необходимости переключать усиление или применять соответствующие фильтры и обладает также таким замечательным свойством, как приоритетность апертуры. Она заключается в том, что после того, как вручную установлена диафрагма, для получения желаемой глубины резкости система АРУ автоматически устанавливает требуемый уровень видеосигнала.

Например, когда снимаются темные объекты, после того как диафрагма полностью открылась, усиление будет увеличено автоматически, чтобы достичь требуемого уровня видеосигнала. Автоматическая регулировка усиления позволяет повысить резкость изображения в случае большой освещенности сцен, причем в совокупности с функцией автоматической диафрагмы это дает возможность расширить динамический диапазон без ограничения сигнала. Благодаря режиму АРУ имеется возможность осуществлять непрерывную автоматическую съемку от темных до ярких планов без прерывания изображений.

## **Электронный затвор**

Структура матрицы типа HAD позволила применить электронный затвор с функцией переменного времени экспозиции.

Это дает возможность снимать передающей ТВ-камерой быстротечные динамические процессы и объекты за время второй части каждого поля, а это и есть период открывания электронного затвора.

Изменяя величину периода открывания затвора, меняют время эффективной экспозиции при съемке. В телекамерах Sony время экспозиции изменяется вплоть до значения  $1/100000$  с.

Усовершенствование электронного затвора в матрице ПЗС типа HAD позволило создать так называемый немелькающий растр.

Немелькающий растр означает снижение и даже полное устранение помех в виде перемещающихся в вертикальном направлении по экрану полос (так называемый черный шум) при съемке.

### **Гамма-коррекция**

Гамма-коррекция – «растягивание» видеосигнала в области черного.

В некоторых моделях видеокамер имеется схема, позволяющая увеличить число градаций в передаче полутонов черного и серого цветов.

Действие ее фактически обратно действию схемы сжатия контрастности, которая повышает и углубляет контрастность полутонов в изображении.

При максимальном значении коэффициента гамма-коррекции (1,0) полутона получают наиболее контрастными, "грубыми" и "глубокими", а при минимальном (0,4) – обеспечивается воспроизведение наиболее "нежных" и "мягких" полутонов.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

#### **1. Общие сведения**

Качество телевизионного изображения зависит от большого количества разнородных факторов: основных параметров используемого стандарта, поддержания в условиях эксплуатации установленных норм на допустимые искажения сигнала, воздействия различного рода помех, соблюдения условий наблюдения изображения, характера передаваемых сюжетов и др. В настоящее время получение достоверных данных о качестве изображения базируется на статистических методах испытаний, применении унифицированных шкал оценок, строгой регламентации условий наблюдения и последовательности предъявления испытательных изображений. Одной из основных задач при оценке качества изображения является установление связи между получаемыми оценками и фиксируемыми искажениями сигнала во всех звеньях тракта.

Практически все нормы на искажения сигналов базируются на особенностях зрительного восприятия, когда искажения, появляющиеся на изображении, оказываются незаметными или допустимыми. При оценке качества последовательно определяется заметность искажения ТВ-изображения по следующим параметрам: шумам, высокочастотной помехе, фону переменного напряжения, импульсной помехе, разрыву границ изображения (факелы), тянущимся продолжениям, четкости, повторам (отражениям) и окантовкам (пластике). Оценка качества изображений должна производиться лицами, не являющимися специалистами в области ТВ-техники, обладающими нормальной остротой зрения. В отдельных случаях допускается привлекать наблюдателей-специалистов.

Число наблюдателей для обеспечения статистической представительности результатов должно быть около 20, но не менее 10.

Должны быть обеспечены одинаковые условия наблюдения и независимость суждений участников испытаний. Регламентация условий наблюдения следующая (ГОСТ 26320-84). Отношение расстояния от экрана до наблюдателя к высоте изображения должно быть 4 или 6 (с обязательным указанием в протоколе испытаний). Максимальная яркость экрана  $70 \pm 10$  кд/м<sup>2</sup>. Отношение яркости экрана выключенного кинескопа к максимальной яркости его свечения – не более 0,02. Отношение яркости экрана при воспроизведении только уровня черного в полностью затемненном помещении к яркости, соответствующей уровню белого, около 0,01. Отношение яркости фона за воспроизводящим устройством к максимальной яркости изображения 0,1. Освещенность остальной части помещения при выключенном воспроизводящем устройстве 5...10 лк. Цвет фона серый или малонасыщенный. Отношение телесного угла той части фона, которая соответствует данным требованиям, к телесному углу, под которым наблюдается изображение, не менее 9. Испытательные изображения могут быть неподвижные и движущиеся. Неподвижные изображения: изображения крупного плана, в том числе лица человека; изображения, содержащие мелкие детали; изображения, содержащие наклонные линии и участки белого и серого цветов. В испытательных изображениях обязательно наличие объектов, имеющих "памятные" цвета: зелени, неба и др.

Для оценки качества ТВ-изображения используются шкалы:

- качества (5 – отличное; 4 – хорошее; 3 – удовлетворительное; 2 – плохое; 1 – очень плохое);
- ухудшения (5 – ухудшение незаметно; 4 – ухудшение заметно, но не мешает; 3 – ухудшение несколько мешает; 2 – ухудшение мешает; 1 – ухудшение очень мешает);
- сравнения (+3 – намного лучше; +2 – лучше; +1 – несколько лучше; 0 – одинаково; –1 – несколько хуже; –2 – хуже; –3 – намного хуже).

## **2. Контроль качества изображения с помощью УЭИТ**

### **Установка яркости и контраста изображения**

Для получения объективных результатов по оценке качества изображения прежде всего необходимо правильно установить яркость и контраст. Это производится по серой шкале (полоса 8 б-щ). Регулятор контрастности устанавливается в минимальное положение, яркость регулируется таким образом, чтобы сначала яркость в 8 в была заметно меньше, чем в 8 б и 8 г. Затем яркость уменьшается до потери различимости этих участков. После этого регулятор контрастности устанавливается в положение, при котором обеспечивается различие максимального числа градаций яркости в полосе 8 б-щ.

### **Контроль размаха сигнала**

Размах сигнала контролируют по элементам рамки таблицы, например 1 а-э и 20 а-э. Для этого используют осциллограф с выделением строки. Размах сигнала от уровня гашения до уровня белого сравнивают с величиной синхронизирующих импульсов.

### **Контроль формата изображения**

Формат изображения проверяют по большому кругу, форма которого должна быть неискаженной. Рабочее поле изображения устанавливают по реперным линиям таблицы. При формате 4:3 реперные линии должны быть совмещены с внутренними краями обрамления кинескопа. При формате 5:4 с обрамлением кинескопа совмещают внешние края рамки 1 а-э и 20 а-э и внутренние края полос 1-20 а и 1-20 э. Центровку изображения контролируют по положению перекрестия в центре таблицы. Смещение изображения относительно центра экрана не должно превышать 3...5%.

### **Оценка координатных искажений**

Координатные искажения изображения вызываются геометрическими и нелинейными искажениями раstra.

К геометрическим относятся искажения типа "трапеция", "параллелограмм", "подушка" и "бочка" (рис. 1). В результате происходят перекося изображения и искривление прямых линий. Эти искажения оцениваются величиной  $\Delta b/b$  (рис. 1, а-г). Искажения вида параллелограмм (рис. 1, б) определяются отношением  $(c-a)/(c+a)$ . Величины искажений типов "подушка" и "бочка" должны быть не более 0,02... 0,05. Искажения в виде искривления вертикальных линии из-за фона переменного тока (рис. 1, д) должны быть не более 0,01... 0,02. Эти искажения наиболее заметны, так как волнистая линия непрерывно перемещается в вертикальном направлении.

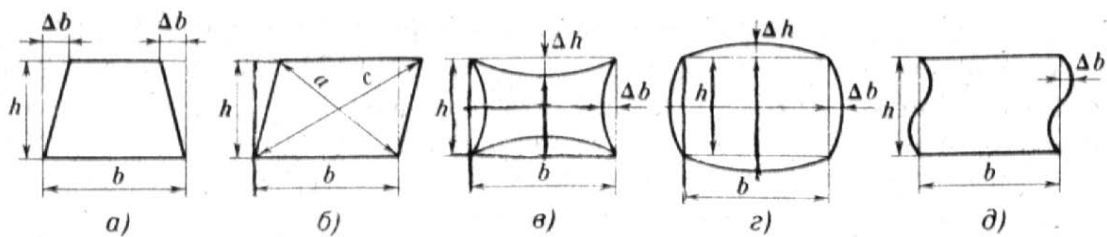


Рис. 1. Геометрические искажения раstra

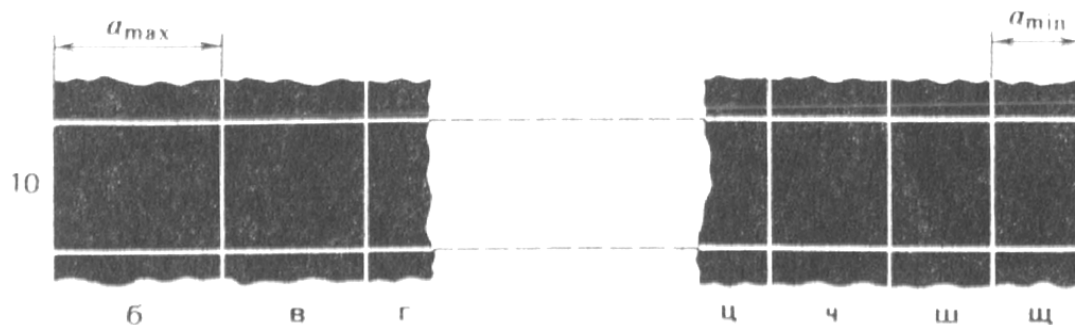


Рис. 2. Нелинейные искажения раstra

Нелинейные искажения раstra (рис. 2) вызываются отклонением от линейного закона перемещений электронных пучков в плоскости мишени передающей трубки или экрана кинескопа в процессе развертки.

Они приводят к локальному изменению масштаба изображения в зависимости от положения на растре. Приближенная визуальная оценка нелинейных искажений производится по окружностям таблицы. При наличии этих искажений окружности приобретают яйцеобразную форму.

Расчет коэффициента нелинейных искажений производится по формуле

$$k_{\text{нел}} = 2(a_{\text{max}} - a_{\text{min}})/(a_{\text{max}} + a_{\text{min}}),$$

где  $a_{\text{max}}$  и  $a_{\text{min}}$  – максимальная и минимальная ширина прямоугольников сетчатого поля в горизонтальной полосе при измерении коэффициента нелинейности в направлении строчной развертки или при измерении нелинейности по кадрам (например, вдоль вертикального столбца 1-20 б). Допустимая величина коэффициента для ВКУ  $k_{\text{нел}} = 0,04 \dots 0,05$ , для телевизоров (в зависимости от класса)  $k_{\text{нел}} = 0,08 \dots 0,12$ .

### **Качество синхронизации разверток**

Синхронизацию разверток контролируют по воспроизведению изображений черно-белых элементов рамки таблицы. При нарушении синхронизации вертикальные линии становятся ломаными. Качество чересстрочного разложения проверяют по наклонным линиям в 10 с-х и 11 е-к. При нарушении чересстрочности эти линии приобретают изломы и изгибы. Если же строки четного и нечетного полей полностью накладываются друг на друга, наклонные линии воспроизводятся в виде двух дорожек. Неправильная работа цветовой синхронизации вызывает периодическое нарушение окраски цветных полос 6, 7 б-щ и 14, 15 б-щ.

### **Проверка чистоты цвета**

Проверку чистоты цвета по полю изображения таблицы производят по белым, серым и черным участкам большой протяженности. Обычно это осуществляется по черно-белому изображению, например, по таблице 0249. При недостаточной однородности (чистоте) на черно-белом изображении наблюдаются обширные пятна малой насыщенности, имеющие фиксированные положения. В этих местах будут искажения цвета. Белые участки не должны иметь заметных цветовых оттенков. Если же наблюдается нарушение чистоты цвета, кинескоп требуется размагнитить.



## **Проверка статического и динамического сведения лучей кинескопа**

Процесс сведения лучей кинескопа заключается в обеспечении направления трех электронных пучков в одно отверстие в металлической маске с тем, чтобы эти пучки попадали на "свои" люминофорные кружки на экране. Статическое сведение лучей проверяют по воспроизведению перекрестия таблицы – пересечению горизонтальной и вертикальной осевых линий сетчатого поля. Это перекрестие должно наблюдаться без цветных контуров. Под динамическим понимается сведение лучей по полю экрана. При проверке динамического сведения используют линии сетчатого поля. Нарушение динамического сведения лучей приводит к появлению цветных окантовок контуров средних и крупных деталей изображения, мелкие детали становятся окрашенными. Наиболее точным сведение лучей должно быть в первой зоне – в круге диаметром, равным высоте экрана  $h$ . Здесь рассовмещение растров в зависимости от класса телевизора допускается на 0,25...0,4% высоты экрана. Во второй зоне – в кольце между первой зоной и окружностью диаметром  $1,1h$  – 0,45...0,65%, а на оставшейся площади – 0,6...0,8%. Эти нормы согласуются с физиологическими особенностями восприятия зрением изображений на экране цветного кинескопа при заданном расстоянии наблюдения 5 ... 6 $h$ .

## **Контроль баланса белого**

Баланс белого (цветовой баланс) заключается в отсутствии окрашивания черно-белого изображения при различных уровнях яркости деталей. Баланс белого проверяют по серой шкале 8 б-ц, все ступени которой должны иметь нейтральный тон. В цветном изображении цветовой тон раскрашенных деталей также не должен зависеть от яркости и насыщенности.

Это контролируют путем сопоставления окрасок одноименных участков полос 6, 7 и 14, 15. Баланс белого определяют соотношением токов трех лучей кинескопа и регулируют путем изменения напряжений на ускоряющих электродах.

### **Проверка четкости в горизонтальном направлении**

Эту проверку проводят с помощью групповой штриховой миры полосы 13 б-щ. Штрихи создаются синусоидальными колебаниями с частотами 2,8; 3,8; 4,8 и 5,8 МГц. Этим частотам соответствует четкость 200, 300, 400 и 500 линий. Однозначные цифры на таблице обозначают количество сотен этих линий. Четкость оценивают при предельной различимости штрихов. Если выделить строку этой полосы, на экране осциллографа будут наблюдаться пакеты синусоидальных колебаний с указанными частотами. Неравномерность размаха этих колебаний свидетельствует об искажении АЧХ. Подобным образом приближенно оценивают четкость по изображению штрихов, находящихся в малых окружностях (по углам). Искажения АЧХ в области низких и высоких частот являются причиной линейных искажений, приводящих к изменению формы сигнала. Если АЧХ в области высоких частот имеет подъем и резкий спад на границе полосы пропускания, на переходной характеристике возникают выбросы и на изображении появляются многоконтурность и окантовка. Наличие этих искажений контролируют с помощью одиночных штрихов 10, 11 е, вертикальных линий сетчатого поля и черно-белых квадратов 16 б-щ. Если АЧХ имеет спад в области низких частот, на изображении заметны тянущиеся продолжения, уровень которых визуальнo контролируют по черно-белым квадратам полосы 16 б-щ, а также бело-черному и черно-белому переходам в участках 10, 11 е-х.

Наличие тянущихся продолжений вызывает неравномерность яркости серых деталей в горизонтальном направлении.

### **Контроль установки нулей частотных характеристик детекторов**

Установку нулей частотных характеристик детекторов  $R-Y$  и  $B-Y$  проверяют по серой шкале 8 б-ц. При переключении телевизора или ВКУ на цветное и черно-белое изображение не должен изменяться нейтральный тон участков серой шкалы.

Если серая шкала оказывается слегка окрашенной при включении канала цветности, это свидетельствует о неверной настройке нулевых точек частотных характеристик детекторов. При этом на черно-белых участках цветного изображения присутствуют сигналы с частотами  $f_{0R} = 4,406$  МГц и  $f_{0B} = 4,25$  МГц. На выходах частотных детекторов появляется постоянная составляющая, приводящая к искажениям цветового тона на всех цветах. Нулевые точки частотных характеристик детекторов не должны смещаться более чем на  $\pm 6$  кГц от номинальных значений. Наиболее неприятные оттенки зеленого и пурпурного цветов проявляются при воспроизведении телесного цвета, к восприятию которого зрительный аппарат весьма критичен. Уход нулей частотных характеристик детекторов контролируют также по полосе 12 е-х, на которой имеется непрерывное изменение цвета от зеленого до пурпурного с переходом через серое в середине полосы. При значительном уходе нулей участок серого в радуге смещается влево или вправо от центра. Линейность частотных характеристик модуляторов и детекторов контролируют по пилообразным сигналам  $D_R$  и  $D_B$  радуги с помощью осциллографа с выделением строки. При отсутствии линейности модуляционных характеристик форма их будет искаженной.

### **Контроль качества матрицирования**

Этот вид контроля заключается в проверке соответствия уровней яркостного и цветоразностных сигналов. Контроль производят по цветовой полосе с максимальной насыщенностью 14, 15 б-щ и по белым полям полосы 16 б-щ.

При этом предварительно должны быть установлены чистота цвета и баланс белого. В процессе контроля, например уровня цветоразностного сигнала  $E_{R-Y}$ , выключают зеленый и синий электронные пучки кинескопа и визуально сравнивают между собой яркости участков 14, 15 с-у и 16 т, светящиеся красным цветом.

Если яркости этих участков одинаковы, то уровень сигнала  $E_{R-Y}$  соответствует уровню яркостного сигнала  $E_Y$ .

При необходимости добиваются этого соответствия регулировками указанных сигналов. Проверка уровня сигнала  $E_{B-Y}$  производится подобным образом при выключенных красном и зеленом пучках. При регулировке равенства яркостей участков 14, 15 ф-ц и 16 ф не изменяют установленный ранее уровень сигнала  $E_Y$ . Невозможность установки равенства яркостей в процессе указанных выше регулировок свидетельствует о нелинейности амплитудных характеристик усилителей яркостного и цветоразностного сигналов.

### **Верность и качество цветов.**

Верность и качество цветов на экране кинескопа проверяют путем сравнения соответственных цветов горизонтальных полос 6, 7 и 14, 15, воспроизводимых с различной насыщенностью. Последовательность и цветность участков должны соответствовать образцу таблицы. Расхождение уровней яркостного и цветоразностных сигналов вызывает цветовые искажения, особенно проявляющиеся при воспроизведении телесного цвета.

Коррекция высокочастотных предискажений. Коррекцию осуществляют с помощью настройки полосового фильтра на входе канала цветности приемника или ВКУ. Этот фильтр имеет резонансную частоту 4286 кГц. Расстройка колебательного контура вызывает ухудшение отношения сигнал/помеха в цветоразностных сигналах и искажения (разрывы) при воспроизведении вертикальных границ на изображении. Расстройка контура в сторону высоких частот вызывает потерю окраски желтых и красных штрихов в правой части полосы 9, а расстройка этого контура в сторону низких частот – потерю окраски синих и голубых штрихов. Допустимой является расстройка контура в пределах  $\pm 50$  кГц.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....	3
2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ .....	3
2.1. Принципы действия ПЗС .....	3
2.2. Универсальные электронные испытательные таблицы..	12
3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	20
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ .....	21
5. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ .....	21
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА .....	22
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	22
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	24
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Системы телевизионного наблюдения ...	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Оценка качества изображения.....	36

**Галустов Геннадий Григорьевич  
Мелешкин Сергей Николаевич  
Сидько Иван Владимирович**

**Руководство к лабораторной работе  
Исследование телевизионной камеры на ПЗС**

Для студентов РТФ всех форм обучения

Ответственный за выпуск Мелешкин С.Н.  
Компьютерная верстка Мелешкин С.Н.  
Редактор Надточий З.И.  
Корректор Селезнева Н.И.

ЛР №020565 от 23 июня 1997 г.  
Формат 60х841/16. Подписано к печати  
Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Усл. п.л. – 2,5. Уч.-изд. л. – 2,4.  
Заказ № Тираж 100 экз.

“С”

---

Издательство ЮФУ  
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44  
Типография ЮФУ  
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44