

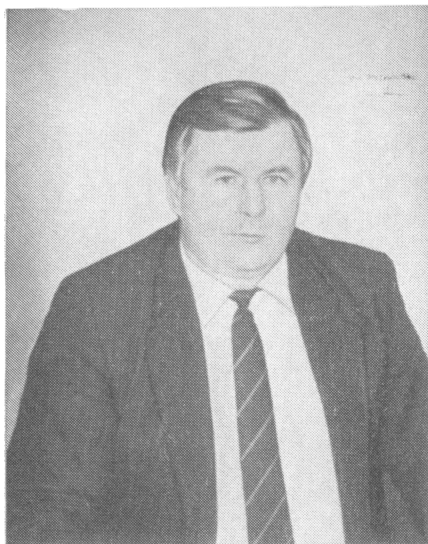
А.П. Афанасьев
А.Г. Ваниев

БЫТОВЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

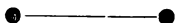


А. П. Афанасьев
А. Г. Ваниев

БЫТОВЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ



АЛЕКСЕЙ ПЕТРОВИЧ АФАНАСЬЕВ — кандидат технических наук, специалист в области видеотехники, президент АО «Спектр». Родился в 1946 г. Окончил ЛЭИ. Автор более 40 печатных работ, имеет 12 авторских свидетельств. Его книги «Бытовые видеоманитофоны» и «Почему мы смотримся в зеркало» пользуются большой популярностью. А. П. Афанасьев более 15 лет занимается созданием и выпуском новых видов видеотехники.



АЛЕКСАНДР ГЕОРГИЕВИЧ ВАНИЕВ — кандидат технических наук, специалист в области видеотехники, начальник подразделения АО «Спектр». Родился в 1951 г. Окончил Новгородский политехнический институт в 1974 г. и аспирантуру МЭИС в 1987 г. Автор более 30 печатных работ. Имеет шесть авторских свидетельств. Разработкой портативных цветных телевизионных камер и различных датчиков для систем технического зрения занимается с 1973 г.

А.П. Афанасьев

А.Г. Ваниев

БЫТОВЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

МОСКВА

1993

ББК 32.94-5
А94
УДК 621.397.61

Рецензент В. П. Самохин

Редакция литературы по электронике

Афанасьев А. П., Ваниев А. Г.
А94 Бытовые видеокамеры.— М.: Радио и связь, 1993.—
232 с.: ил.

ISBN 5-256-01084-0.

Даются общие сведения и пути создания бытовых малогабаритных цветных телевизионных камер. Приводятся описания опытных образцов отечественных видеокамер и современных моделей, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами. Подробно описываются оригинальные конструкции основных узлов видеокамер, приводятся их полные электрические схемы. Особое внимание уделяется схемотехническим методам снижения помех.

Для специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией видеосистем, а также подготовленных радиолюбителей.

А 2304030000-005
046(01)-93 Информ. письмо

ББК 32.94-5

Производственное издание

Афанасьев Алексей Петрович
Ваниев Александр Георгиевич

БЫТОВЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

Заведующий редакцией Ю. Н. Рысев
Редактор Г. Н. Астафуров
Художественный редактор В. И. Мусиенко
Обложка художника Н. И. Казакова
Технический редактор Т. Г. Родина
Корректор Н. В. Козлова

ИБ № 2536

Сдано в набор 29.09.92 Подписано в печать 24.12.92
Формат 60×84 1/16 Бумага газетная Гарнитура литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 13,49 Усл. кр.-отт. 13,72 Уч.-изд. л. 15,80 Тираж 6000 экз.
Зак. № 1219 С-005

Типография издательства «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

ISBN 5-256-01084-0

© Афанасьев А. П., Ваниев А. Г., 1993

Предисловие

Бытовые видеокамеры — новое направление развития студийных и репортажных (профессиональных) видеосистем. Эти видеосистемы за сравнительно небольшой период времени претерпели весьма значительные изменения, приведшие к появлению так называемых «домашних» видеосистем (Video Home Systems). Первоначально «домашние» (бытовые) видеосистемы включали лишь довольно громоздкие видеомэгафон и телевизор, а затем — бытовую видеокамеру (так называемый «камкордер»), объединяющую в себе малогабаритную камеру цветного телевидения, как правило, на одной передающей трубке или на одном приборе с зарядовой связью (ПЗС) и малогабаритный кассетный видеомэгафон. К основным преимуществам таких видеокамер следует отнести мгновенную запись видео- и звуковой информации и ее воспроизведение на обычном телевизоре с помощью бытового видеомэгафона. Многие современные видеокамеры допускают и прямое их подключение к телевизорам для просмотра видеофонограмм.

К сожалению, подобные видеокамеры в нашей стране серийно пока не выпускаются, что связано с освоением ряда сложных изделий, таких как передающие многосигнальные телевизионные трубки и ПЗС-датчики, механотронные преобразователи, многофункциональные большие интегральные схемы, многоуровневые управляющие ЭВМ и т. п.

Ввиду ограниченного объема книги ряд вопросов освещен в очень сокращенной форме, поэтому при необходимости получения более подробных сведений читателям рекомендуем обращаться к списку литературы.

Цель книги — познакомить читателей, интересующихся данной областью техники, с проблемами разработки однотрубочных малогабаритных камер цветного телевидения и с уровнем развития данного вида техники в нашей стране. В книге наряду с зарубежными разработками описываются созданные в нашей стране под руководством авторов однотрубочные малогабаритные камеры цветного телевидения.

Авторы выражают глубокую признательность коллективу кафедры телевидения Московского ордена Трудового Красного Знамени института связи и, в частности, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, лауреату Государственной премии, доктору техн. наук, проф. С. В. Новаковскому, ценные советы которого при обсуждении материала рукописи способствовали существенному улучшению книги.

Введение

Малогабаритные камеры цветного телевидения бытового назначения появились в связи с разработкой в 60-х годах систем видеозаписи на базе портативных цветных видеомагнитофонов. Существовавшие в то время студийные трех- и четырехтрубчатые телевизионные камеры цветного изображения не могли использоваться в качестве датчиков сигналов для портативных видеомагнитофонов из-за избыточности передаваемой информации, громоздкости и высокой стоимости. Кроме того, такие камеры требуют специального обслуживания, сложны в настройке и потребляют значительную мощность.

В отличие от студийных камер на трех и четырех передающих трубках современные малогабаритные камеры цветного телевидения содержат одну, реже две передающие трубки либо один или два твердотельных преобразователя. Это стало возможным благодаря разработке новых методов формирования цветových сигналов и на их основе специальных передающих трубок со штриховыми светофильтрами и твердотельных преобразователей изображения.

В настоящее время комплекты аппаратуры видеозаписи, включающей малогабаритный цветной видеомагнитофон и портативную цветную телевизионную камеру, производят около десяти ведущих радиоэлектронных фирм Японии и некоторые фирмы в Германии, США, Великобритании.

Аппаратура цветной видеозаписи представляет собой совершенно новый класс систем прикладного телевидения, а цветная малогабаритная камера является изделием принципиально нового типа.

В нашей стране также ведутся работы по созданию подобных систем. В частности, в 1970—1979 гг. проведен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в результате которых была создана первая отечественная портативная цветная телевизионная камера типа «Электроника Ц826» на двух передающих трубках, а в 1981 г. впервые под руководством авторов разработан экспериментальный образец однотрубчатой малогабаритной цветной телевизионной камеры на передающей трубке типа трипикон диаметром 26 мм.

В 1983 г. в нашей стране разработаны первые отечественные опытные образцы передающих трубок со штриховыми светофильтрами с фазовым методом кодирования и разделения сигналов цветности типа ЛИ-487, а в 1985 г.— однотрубчатая камера «Элек-

троника ТК-01Ц» на такой трубке, предназначенная для работы с первыми отечественными стационарными цветными кассетными видеомагнитофонами «Электроника ВМ-12».

В период с 1985 г. по 1990 г. проводились работы по созданию перспективных образцов передающих трубок со штриховыми светофильтрами и камер на их базе, разрабатывались новые модели отечественных цветных кассетных видеомагнитофонов, улучшались параметры видеокамер.

Однако в отличие от видеомагнитофона массовый выпуск малогабаритных цветных телевизионных камер пока сдерживается в связи с рядом нерешенных проблем, связанных с многообразием методов кодирования, выбором элементной базы, а также наличием противоречивых требований, которым должен удовлетворить разработчик камер.

Основные научно-технические проблемы, стоящие перед разработчиками малогабаритных камер цветного телевидения (МКЦТ), связаны с обеспечением:

- достаточно высокой разрешающей способности;

- высокого качества цветопередачи;

- достаточно высокой светочувствительности;

- достаточно высокого отношения сигнал/шум в каналах яркости и цветности;

- оптимальных электрических режимов трубки при наибольшей экономичности камеры;

- достаточно высокого уровня комфортности и многообразных функциональных возможностей камеры;

- наименьшей массы и габаритов;

- максимальной надежности;

- приемлемой стоимости камеры.

Проблемы, определяющие параметры камеры, весьма противоречивы. И лишь выбор оптимальной структуры камеры для конкретного метода кодирования (формирования) цветных сигналов поможет разработать однотрубочную МКЦТ, приемлемую для потребителя. Причем если ранее при разработке портативных камер черно-белого изображения вопросы обеспечения необходимой разрешающей способности, отношения сигнал/шум, экономичности, минимальных массы, габаритов и стоимости решались сравнительно просто обычными методами обработки сигнала, то при разработке однотрубочных МКЦТ решение данных вопросов составляет значительную проблему, так как связано с обработкой нескольких сигналов, лежащих в разных полосах частот, переносом спектра, передачей сигналов цветности на соответствующих поднесущих частотах. Кроме того, помимо уже известных проблем разработка МКЦТ выявила совершенно новые, характерные лишь для камер цветного телевидения, такие как обеспечение высокого качества цветопередачи, достаточно высокого отношения сигнал/шум в ка-

налах цветности, достаточно высокого уровня комфортности (включающего автоматические регулировки и устройства самоконтроля и настройки, а также устройства индикации и оперативного управления камерой) и разнообразных функциональных возможностей камеры, которые могли бы позволить использовать камеру не только в качестве датчика в системах бытовой видеозаписи, но и в других областях науки и техники, в частности в робототехнике, химической промышленности (различение цветных компонентов), медицине (телевизионная эндоскопия, офтальмология, хирургия и т. п.), научных исследованиях.

Перечисленные проблемы весьма серьезны и актуальны, причем каждая из них определяет не только тот или иной важнейший параметр камеры, но и ценность других параметров. Например, если камера имеет высокую разрешающую способность, малые габариты и высокое качество цветного изображения, но низкую светочувствительность (требуемая освещенность на объекте более $(5 \dots 10) \cdot 10^3$ лк), то в системах бытовой видеозаписи она неприменима, так как требует мощных осветительных устройств с определенной цветовой температурой. То же происходит и с другими параметрами. Например, если камера обладает хорошими электрическими параметрами, но имеет значительные габариты и массу, то она также непригодна для использования в системах бытовой видеозаписи и тем более в моноблочных видеоконструкциях, объединяющих в одном блоке камеру с видеомagnитофоном.

Большой вклад в создание отечественных многосигнальных передающих телевизионных трубок внесли наши коллеги и специалисты других предприятий страны, среди которых прежде всего следует отметить Б. Г. Гончаренко, В. М. Дятлова, В. Д. Салова из НПО «Платан», которое возглавляет доктор техн. наук В. Н. Уласюк. Без их непосредственного участия было бы невозможно создание трубок, а также многие исследования, результаты которых изложены в настоящей книге.

Глубоко признательны авторы также сотрудникам НЭВЗ Ю. В. Савельеву и З. Н. Тхайцукову (г. Нальчик) за их большую помощь энтузиастам данного направления в период проведения первых экспериментальных работ по изготовлению многосигнальных видиконов с мишенным узлом на основе волоконно-оптических дисков в 1978—1982 гг.

Особо следует отметить роль одного из старейших исследовательских институтов страны — ВНИИ «Электрон» (бывший ВНИИЭЛП), научные исследования которого в 60—70-х годах внесли огромный вклад в создание в конце 70-х годов первой отечественной портативной цветной двухтрубчатой телевизионной камеры «Электроника Ц826».

Глава 1.

ПУТИ СОЗДАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ КАМЕР ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1.1. Камеры на нескольких преобразователях свет—сигнал

Современные камеры на трех передающих трубках являются результатом длительной эволюции студийных четырехтрубчатых камер, которые были разработаны еще в 50-х годах. Эти камеры имели значительные габариты, большую потребляемую мощность, низкую светочувствительность и высокую стоимость. Поэтому единственной областью их применения было телевизионное вещание. Наиболее известной из отечественных камер такого типа является студийная камера КТ-116М, построенная на четырех передающих трубках типа плюмбикон по системе Y—RGB. В 70-х годах произошло постепенное вытеснение таких камер трехтрубчатыми. Камеры этого типа не имеют специальной трубки для передачи информации о сигнале яркости и построены по системе R—G—B. Они имеют меньшие габариты и потребляемую мощность и более высокую светочувствительность, но их параметры пока не позволяли использовать камеры вне студий, транспунктов и автобусных передвижек. Среди отечественных камер этого поколения можно отметить камеру КТ-132М, а позднее — камеру нового поколения КТ-178 на глетиконах.

Структура видеотракта камер на трех и четырех передающих трубках подробно описана в [1—3].

Прогресс в области технологии и возрастающие потребности прикладного телевидения привели к созданию сравнительно небольших трехтрубчатых камер цветного телевидения, которые положили начало широкому развитию средств телевизионного репортажа.

В настоящее время разработаны и широко выпускаются различные портативные трехтрубчатые камеры цветного телевидения, например КТ-190 для телевизионного журналистского комплекса на глетиконах типа ЛИ-488, камера для прикладного телевидения «Спектр-10 ВСК» на супервидиконах типа ЛИ-706 и некоторые другие. Технические параметры наиболее известных современных портативных трехтрубчатых камер цветного телевидения приве-

Параметры портативных трехтрубчатых

Тип камеры	Фирма	Год выпуска	Диаметр трубок, мм	Освещенность на объекте, лк		Отношение сигнал/шум, дБ	Разрешающая способность, ТВЛ
				$E_{\text{раб}}(F)$	$E_{\text{мин}}(F)$		
1	2	3	4	5	6	7	8
MNC-61	NEC	1975	18	2000(F4.0)	—	50	500
FAC-71	Grundig	1976	18	1000(F1.8)	500(F1.8)	≥ 42	> 320
FP-1020	Hitachi	1977	18	2000(F4.0)	200(F1.8)	≥ 46	> 500
HV-1100A	Hitachi	1977	18	2000(F4.0)	250(F2.0)	—	> 400
ITC-240	Ikegami	1977	18	2000(F2.8)	500(F1.8)	≥ 48	≥ 550
SK-80	Hitachi	1977	18	2000(F4.0)	250(F1.9)	> 50	500
PK-39	Toshiba	1977	18	2000(F5.6)	—	51	500
SK-90	Hitachi	1978	18	2000(F4.0)	200(F1.8)	> 51	> 500
FP-20S	Hitachi	1978	18	2500(F4.0)	150(F1.8)	49	500
CH-1800E	JVC	1978	18	2500(F2.8)	500(F1.8)	46	400
CY-8800	JVC	1979	18	2500(F4.0)	250(F1.9)	> 51	500
BVP-300AP	Sony	1982	18	2000(F4.7)	20(F1.4)	54	500
BVP-30P	Sony	1983	18	2000(F4.5)	25(F1.4)	57	600
BVP-3	Sony	1983	18	2000(F4.0)	30(F1.4)	55	600
BY-110E	JVC	1984	13	4000(F4.0)	65(F1.4)	52	600
KY-210E	JVC	1984	18	2000(F4.0)	40(F1.6)	55	> 600
BVP-360	Sony	1985	18	2000(F4.0)	22(F1.2)	60	> 600

Таблица 1.1

камер цветного телевидения

Габариты, мм, камера блок канала	Масса, кг, камера	Потребляемая мощность, Вт	$U_{п}$, В	Тип трубки	Назначение	Примечания
	блок канала					
9	10	11	12	13	14	15
140×225×362	5,9	25	±9	Плюмбико- ны типа М-М	Журнали- стика	Полностью на ги- бридных микро- схемах
290×190×136	4,7	24	12	Видиконы	Репортаж- но-студий- ная	Масса и габариты без учета объек- тива
620×245×240	7,0	22	12	Сатиконы Н9311	Репортаж- ная	—
150×178×410	8,5	95	—	Видиконы 8823S	—	Используются так- же халниконы E5093
450×185×330	13,0					
100×310×188	4,5	42	±12	Сатиконы Н9311А	Репортаж- но-студий- ная	Используются так- же ньювиконы S4075, плюмбико- ны XQ1428
400×131×340	12,0					
138×185×470	7,9	35	±12	Сатиконы Н8397	Журнали- стика	Наплечная
102×275×409	7,5	30	12	—	Репортаж- ная	—
185×130×400	8,5	35	12	Сатиконы Н8397А	То же	Наплечная
170×185×370	5,5	20	12	Сатиконы	Репортаж- ная	То же
182×236×435	9,7	49	12	Видиконы типа S-М	Журнали- стика	—
145×195×465	6,3	33,6				
272×134×355	5,0	21	12	Плюмбикон	Репортаж- ный комп- лект	Масса и габариты без учета ЭВ и объектива
210×264×117	4,6	24	12	Плюмбиконы	То же	То же
105×240×210	4,3	27	12	СТ-2322, сатиконы типа М-S	« »	« »
211×254×362	3,7	15,0	—	Сатиконы типа М-S	« »	—
123×294×314	5,5	—	—	Сатиконы типа М-S	« »	Масса и габариты с объективом и ЭВ
520×469×294	23	—	—	Сатиконы или плюмби- коны	Студийно- репортаж- ная	Масса с объекти- вом и ЭВ Блок канала типа ССИ-360

1	2	3	4	5	6	7	8
DXC-M3A	Sony	1985	18	2000(F4.0)	—	>55	>600
СПЕКТР-10ВСК	—	1986	26	20(F4.0)	—	32	450
KT-190	—	1986	18	1200(F2.8)	—	51	600

дены в табл. 1.1. Данные камеры имеют значительно лучшие массогабаритные и энергетические показатели, а также более низкую стоимость по сравнению со студийными. Качественные параметры рассматриваемых камер, в частности отношение сигнал/шум в каналах яркости и цветности, разрешающая способность, достаточно высокие. Однако в соответствии с традиционными методами формирования цветных сигналов в данных камерах имеется значительная избыточность в передаваемой информации. В частности, еще в 50-х годах А. Бедфорд (США) доказал, что при передаче в цвете изображения мелкие детали могут отсутствовать ввиду особенностей зрения человека, т. е. использование трех передающих трубок с полной полосой передаваемых частот в каналах R—G—B является избыточным [4]. И хотя современные портативные трехтрубчатые камеры имеют широкие функциональные возможности, множество автоматических регулировок и сервисных устройств, они по-прежнему сложны в настройке и обслуживании и имеют очень сложную схему, обеспечивающую параллельную работу трех передающих трубок и соответственно трех камерных каналов. Сложность данных камер заключается в утроенном (по сравнению с черно-белыми) числе всех узлов, наличии сложного оптического устройства на основе призменного блока и реже — на основе дихроических светоделительных зеркал, которые существенно понижают светочувствительность камеры, а также необходимости подбора трубок по триадам с точки зрения их инерционности и спектральной чувствительности, а их фокусирующих и отклоняющих систем (ФОС и ОС) — по геометрическим искажениям. Наличие трех передающих трубок требует автоматического совмещения растров и специальных устройств, обеспечивающих баланс белого. Поэтому стоимость таких камер высока, что делает их недоступными массовому потребителю. Кроме того, в трехтрубчатой схеме имеется зависимость качества формируемого изображения относительно ориентации камеры в магнитном поле

9	10	11	12	13	14	15
161×287×403,5	4,2	16	12	Сатиконы	Репортажная	Наплечная
145×200×340 275×235×185	7,5 8,0	60	~220	Супервидиконы ЛИ-706	Народное хозяйство	—
359×246×94	7,4 4,4	36	11... 15	Глетиконы ЛИ-488	Журналистика	Наплечная, габариты без оптической головки и видеоискателя

Земли. Эти недостатки затрудняют использование данных камер в ряде областей народного хозяйства и, в частности, в системах бытовой видеозаписи. Однако в некоторых областях науки и техники (помимо техники телевизионного репортажа) данные камеры используются. Основные пути развития данных камер идут в направлении совершенствования передающих трубок и компонентной базы, не затрагивая сути трехтрубчатого метода.

В 1956 г. Р. Келл [5] впервые описал метод пространственно-световой дискретизации изображения с помощью полосковых оптических светофильтров, который продолжали исследовать до середины 60-х годов. В ЛЭИС под руководством профессора П. В. Шамова с 1953 г. проводились исследования трехсигнальных видиконов. В 1964 г. на Олимпийских играх в Токио впервые успешно эксплуатировалась оригинальная двухтрубчатая портативная камера цветного телевидения, разработанная лабораториями НК [6]. Камера содержала два видикона, один из которых использовался для передачи яркости, другой — цвета. В оптическом устройстве камеры НК для расщепления пучка использовано светоделительное зеркало. Трубка канала цветности в данной камере с помощью специального оптического фильтра обеспечивает формирование трех цветовых сигналов: красного, зеленого и синего. Этот фильтр установлен в оптическом устройстве и осуществляет пространственную дискретизацию изображения с помощью триад полосок светофильтров основных цветов R, G, B, разделенных между собой непрозрачными полосками.

На рис. 1.1 приведена структура пространственного дискретизирующего (кодирующего) светофильтра портативной двухтрубчатой камеры НК, а на рис. 1.2 — ее структурная схема.

В данной камере световой поток делится на две равные части (Φ_{Y1} , Φ_{Y2}), которые поступают на мишени передающих трубок соответствующих каналов. Световой поток Φ_{Y2} в оптическом устройстве подвергается дискретизации штриховым светофильтром

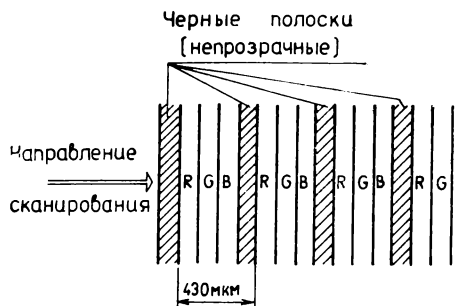


Рис. 1.1. Структура пространственного кодирующего светофильтра портативной двухтрубной камеры НКК

(см. рис. 1) и фильтрации с помощью оптического фильтра нижних пространственных частот (ОФНПЧ) (для устранения муаров, вызванный дискретизацией). Поскольку все операции по формированию необходимых световых потоков и кодированию цветного изображения объекта осуществляются в оптическом устройстве, в камере используются две одинаковые передающие трубки типа видикон, аналогичные видиконам черно-белого изображения.

При сканировании мишени генерируется поднесущая частота около 1 МГц. Непрозрачная полоска обеспечивает формирование так называемого индексного сигнала и разделение цветных сигналов по фазе методами синхронного детектирования. Система характерна тем, что отсутствует зависимость качества цветопере-

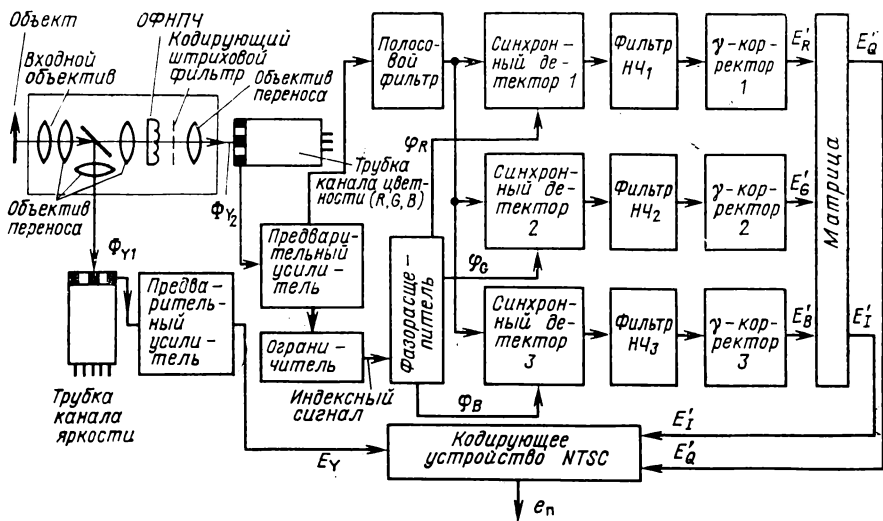


Рис. 1.2. Структурная схема двухтрубной камеры НКК (1964 г., Япония)

дачи от нелинейности сканирования. Недостаток камеры состоит в неэффективности использования светового потока за счет поглощения его части непрозрачными полосками и соответственно сужения динамического диапазона. Данная система послужила основой последующего развития всех «индексных» систем. Следует отметить, что за 20 лет своего развития техника двухтрубных камер не претерпела значительных изменений. Разработанные в 70-х годах методы действуют и в настоящее время.

Существующие двухтрубные камеры цветного телевидения можно классифицировать по двум основным признакам:

виду пространственно-световой дискретизации изображения (ПСДИ) (камеры частотной или индексной системы);

способу расщепления светового потока (камеры типа Y-RGB, Y-RB, G-RB).

Принцип действия всех двухтрубных камер основан на том, что одна трубка формирует сигнал, содержащий информацию о цветности объекта, а вторая — яркостный сигнал и определяет разрешающую способность камеры. Особенности двухтрубных камер каждого типа освещены в [5—7]. Большая роль в разработке двухтрубных камер в нашей стране принадлежит к.т.н. М. Н. Товбину (ВНИИТ, г. С.-Петербург).

Наибольшее распространение получили двухтрубные камеры частотной системы типа G—RB. Данный вариант является самым оптимальным с точки зрения использования светового потока, так как при этом зеленые лучи направляются (отражаются) дихроическим светоделительным зеркалом на одну трубку, а красные и синие — на другую. Эксперименты показывают, что камере типа G-RB требуется освещенность объекта на 30% меньше, чем камере Y-RGR. В такой камере характеристика сигнала E_G благодаря использованию дихроического зеркала с корректирующим фильтром близка к теоретической. Яркостная разрешающая способность определяется полосой сигнала зеленого. Части спектра R и B полностью проходят на передающую трубку канала цветности. В камере Y-RB часть потоков Φ_R и Φ_B идет в канал яркости, поэтому отношение сигнал/шум в каналах цветности хуже. Наиболее известными камерами частотной системы являются CVS-150 фирмы АКАИ, «Электроника Ц826» и др.

На рис. 1.3 приведена упрощенная структурная схема двухтрубной камеры типа G-RB с частотным разделением сигналов цветности. Световой поток от объекта делится дихроическим светоделительным зеркалом в оптическом устройстве на две части (Φ_G и Φ_{RB}), которые поступают на мишени передающих трубок соответствующих каналов зеленого (яркостного) и цветности. Кодированный штриховый светофильтр установлен на мишени трубки канала цветности.

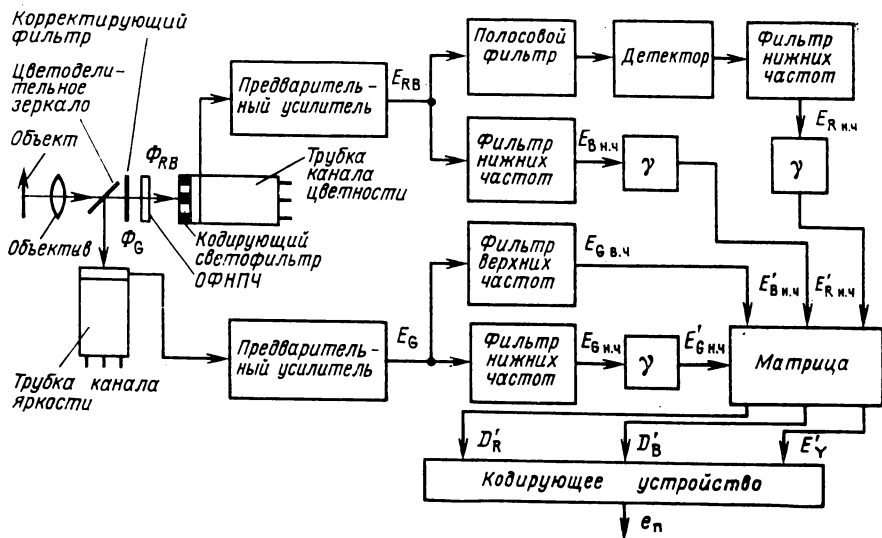


Рис. 13. Упрощенная структурная схема двухтрубной камеры типа G-RB

В камерах этого типа сигналы цветности E_R и E_B разделяются с помощью полосового и низкочастотного фильтров. Один из них (например, красный) кодируется полосками светофильтра, а другой (синий) формируется частью светового потока, прошедшей между полосками кодирующего светофильтра на мишень трубки. Сигнал канала зеленого E_G (с передающей трубки G) разделяется фильтрами на низкочастотную часть $E_{G\text{н.ч}}$ в полосе частот $0 \dots 0,8$ МГц и высокочастотную часть $E_{G\text{в.ч}}$, лежащую за пределами полосы $0,5 \dots 0,8$ МГц. Затем в промежуточных каскадах усиления происходит формирование γ -корректированных узкополосных сигналов E'_R, E'_B, E'_G . После этого в матрице формируются широкополосный сигнал яркости E'_Y (который образован из низкочастотных сигналов $E'_{R\text{н.ч}}, E'_{B\text{н.ч}}, E'_{G\text{н.ч}}$ с добавкой высокочастотной части сигнала зеленого $E_{G\text{в.ч}}$) и цветоразностные сигналы D'_R, D'_B .

Широкополосный сигнал яркости в данном случае определяется из выражения

$$E'_Y = (E'_{R\text{н.ч}} + E_{G\text{в.ч}}) + (E'_{G\text{н.ч}} + E_{G\text{в.ч}}) + (E'_{B\text{н.ч}} + E_{G\text{в.ч}}).$$

Величину $E_{G\text{в.ч}}$ в литературе обычно обозначают ΔG . Далее γ -корректированные разностные сигналы и сигнал яркости E'_Y поступают на вход кодирующего устройства стандартной системы цветного телевидения, с выхода которого снимается полный сигнал стандартной системы NTSC, PAL или SECAM (сигнал e_n).

Добавка сигнала ΔG повышает разрешающую способность камеры и обеспечивает баланс белого на мелких деталях (воспроизведение мелких деталей в черно-белом виде).

На рис. 1.4 приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) полосового и низкочастотного фильтров камеры с частотным разделением сигналов цветности типа CVS-150 фирмы АКАИ (Япония).

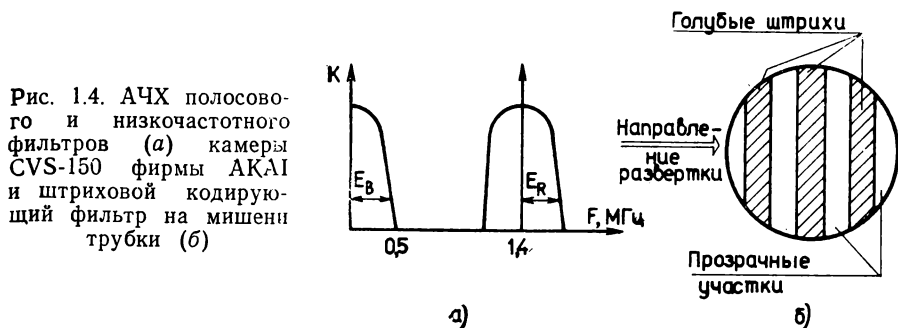


Рис. 1.4. АЧХ полосового и низкочастотного фильтров (а) камеры CVS-150 фирмы АКАИ и штриховой кодирующий фильтр на мишени трубки (б)

Камеры данного типа наиболее просты с точки зрения структуры видеотракта.

Детальный анализ структуры основных типов двухтрубных камер и колориметрические особенности рассмотрены в [5].

Помимо упомянутой камеры корпорация NHK разработала еще несколько индексных систем, которые не нашли широкого применения. Однако одна из этих систем с разделением цветных сигналов по фазе методом синхронного детектирования с помощью специально сформированного индексного (опорного) сигнала, разработанная фирмой Sony, позволила создать в 70-х годах двухтрубную камеру типа VVP-200P с параметрами (по разрешающей способности, отношению сигнал/шум, качеству цветопередачи), приближающимися к студийной вещательной аппаратуре. В канале цветности камеры установлена передающая трубка типа триникон со штриховыми светофильтрами из вертикальных чередующихся прозрачных полос основных цветов: RGB, RGB, RGB, ..., RGB, ... В отличие от камеры NHK, в данной системе индексный сигнал формируется электрическим путем, что обеспечивает полное использование светового потока и независимость разделения цветных сигналов от передаваемой сцены. Особенности трубки триникон будут рассмотрены в последующих разделах настоящей книги. Недостатки двухтрубных камер те же, что у трехтрубных: наличие сложного светоделительного блока на основе призм или дихроических зеркал, наличие ряда корректирующих фильтров, специальный объектив должен иметь длинный задний отрезок

Параметры портативных двухтрубных

Тип камеры	Фирма	Год выпуска	Диаметр трубок, мм	Освещенность на объекте, лк		Отношение сигнал/шум, дБ	Разрешающая способность, ТВЛ
				$E_{\text{раб}}(F)$	$E_{\text{мин}}(F)$		
CVC-150	AKAI	1974	18	1600(F4.0)	600(F2.0)	≥ 40	≥ 300
FAC-1500	Grundig	1975	18	1600(F4.0)	600(F2.0)	≥ 40	≥ 300
BVP-200P	Sony	1977	18 26	2000(F4.0)	200(F2.0)	50	500
VC-7100	AKAI	1977	18	700(F2.0)	100(F1.8)	> 45	> 400
FK-40	Telefunken	1978	18	700(F2.0)	100(F1.8)	≥ 40	> 300
GK-2000U	JVC	1978	18	1100(F2.0)	250(F2.0)	> 40	> 400
WV-2300	Matsushita	1978	18	2000(F4.0)	500(F2.0)	> 40	> 400
DXC-5000A	Sony	1978	26 26	1500(F4.0)	200(F2.0)	50	450
GT-3300AU	JVC	1978	18	1100(F2.0)	250(F1.8)	≥ 40	≥ 400
GC-4100	JVC	1978	18	700(F2.0)	100(F1.8)	> 45	> 400
GC-4800EC	JVC	1978	18	1100(F2.0)	250(F1.8)	≥ 40	≥ 400
IK-83	Toshiba	1978	18	2000(F4.0)	1000(F2.5)	≥ 40	> 320
Электроника Ц826	—	1980	13	1000(F2.8)	—	≥ 40	350
КТП-86 («Лотос»)	—	1984	26	600(F4.0)	100(F2.0)	≥ 36	500

Габариты, мм камера блок канала	Масса, кг, камера блок канала	Потребляемая мощность, Вт	$U_{\text{пит}}$ В	Тип трубок	Назначение	Примечание
$88 \times 235 \times 335$ $260 \times 102 \times 230$	$2,62$ $3,64$	50	12	Видиконы 8929С и Н8361	Видео- запись	Частотный метод, система G—RB
$88 \times 235 \times 335$ $260 \times 102 \times 230$	$2,6$ $3,6$	50	$\sim 100/$ $110/$ 120	Видиконы 8929С и Н8361	То же	То же
$114 \times 175 \times 345$	—	—	12	Видикон и триникон	« » Репортажно студийная	Фазово-индексная, система Y—RGB
$190 \times 250 \times 410$	3,7	13	12	S—M	Видео- запись	Блок канала от- сутствует
— $90 \times 339 \times 408$	$3,0$ $3,8$	— 14,4	— 12	— S—M	— Видео- запись	— Масса и габариты с ЭВ, объективом и ручкой
$122 \times 250 \times 310$ —	— 6,5	40 —	$\sim 220/$ ~ 240 —	— Видикон и триникон	— Репортажно- студийная	Частотный метод, система G—RB Фазово-индексная, система Y—RGB, цена 1200 долл.
$90 \times 241 \times 272$ $135 \times 136 \times 367$	$2,7$ $4,7$	33	~ 120	S—M	Видео- запись	Габариты — без учета ЭВ, мощ- ность — с ЭВ
$190 \times 240 \times 395$	3,7	13	12	S—M	То же	Блок канала от- сутствует, цена 3300 марок ФРГ
$90 \times 339 \times 408$	3,8	14,4	12	S—M	« »	Частотный метод, система G—RB,
$173 \times 235 \times 348$	8	50	—	—	« »	сетевой БП 1,3 кг Масса — без учета объектива
$460 \times 179 \times 325$ $360 \times 276 \times 105$	$5,7$ $5,65$	50	~ 220	ЛИ-465, ЛИ-472	Для про- мышленно- сти и медицины	Частотный метод, система G—RB; сигнал/шум (RB) > 30 дБ
$510 \times 290 \times 140$ $520 \times 220 \times 405$	9 23	130	~ 220	ЛИ-481, ЛИ-482	Для про- мышленно- сти	Частотный метод, система G—RB

для размещения в нем всей светоделительной и корректирующей оптики с особыми требованиями по телецентричности хода световых лучей. Такое оптическое устройство имеет низкий коэффициент светопропускания, высокую стоимость и значительно понижает светочувствительность камеры [5].

Наличие двух трубок требует точного совмещения растров, что усложняет электронные узлы и ужесточает требования к конструкции камеры, требует введения специального юстировочного механизма и т. п.

Кроме того, требуется подбор трубок «по парам» с точки зрения инерционности и геометрических искажений, а фокусирующих и отклоняющих систем — по геометрическим искажениям, поскольку в противном случае в изображении могут иметь место цветные «тянучки», растровые искажения и нарушения баланса белого, что недопустимо. В частности, различие в инерционности на 3...5% приводит к заметному ухудшению качества цветопередачи, появлению цветных «тянучек». Многочисленные экспериментальные исследования показывают также, что различие ОС (ФОС) по геометрическим искажениям на 2...3% приводит к заметным координатным искажениям изображения. Поэтому рядом зарубежных фирм были разработаны специальные ОС (ФОС), катушки которых в целях максимальной идентичности были выполнены методом печатного монтажа.

Следствием перечисленных факторов является увеличение габаритов, потребляемой мощности и стоимости таких камер. Действительно, опыт зарубежных изготовителей камер показывает, что все двухтрубчатые камеры, как и трехтрубчатые, функционально состоят из двух блоков: камерной головки массой 2...3 кг (с оптическим устройством и реже — с микрофоном и электронным видеоскателем) и блоком камерного канала массой 2...5 кг. В камерной головке из схемотехнических узлов расположены лишь предварительный видеусилитель и устройства развертки, основные же узлы видеотракта вынесены в блок канала.

Сведения о наиболее известных двухтрубчатых портативных камерах цветного телевидения приведены в табл. 1.2. В настоящее время камеры данного типа используются лишь в некоторых областях промышленности и вытеснены камерами с меньшими габаритами на твердотельных преобразователях изображения в сигнал и однотрубчатыми камерами цветного телевидения.

Одновременно с совершенствованием передающих камер цветного телевидения на вакуумных преобразователях свет — сигнал (передающих трубках) проводился поиск путей создания датчиков сигнала на основе твердотельных преобразователей изображения (ТПИ), которые способствовали созданию приборов с зарядовой связью (ПЗС) для черно-белого телевидения, а затем и цветного [8, 9]. Основными достоинствами данных преобразователей явля-

ются малые габариты, высокая надежность, низкие напряжения питания, высокая интегральная светочувствительность, а также малые геометрические искажения (менее 1%), отсутствие склонности к «запечатыванию», отсутствие необходимости ОС или ФОС и др. Поэтому одной из первых была предпринята попытка разработки на базе ПЗС (а позднее на фотодиодных матрицах) трехматричных портативных камер цветного телевидения, а затем камер на двух ТПИ и одноматричных камер.

В настоящее время портативные камеры на трех и двух ТПИ серийно выпускаются некоторыми зарубежными фирмами (преимущественно в Японии) [10—13]. Структура камер на трех и двух ТПИ подобна структуре трех- и двухтрубчатых камер цветного телевидения (за исключением некоторых особенностей, связанных с формированием раstra в ТПИ). Кодирование цветовой информации в двуматричных камерах аналогично процессу в двухтрубчатых камерах и осуществляется с использованием частотной или фазовой системы ПСДИ. В качестве кодирующих светофильтров используются штриховые или мозаичные структуры, преимущественно на органических красителях, размеры которых совпадают с размерами ячеек ТПИ. Декодирование в индексной системе при использовании ТПИ упрощается, так как устраняется необходимость в формировании специального оптического или электрического индексного сигнала, поскольку разложение изображения в ТПИ жестко задается опорным генератором. Одной из основных трудностей является точное совмещение ячеек ТПИ с ячейками или штрихами кодирующих светофильтров. Для обеспечения необходимого качества выходного изображения точность совмещения должна составлять десятые доли микрометра.

В настоящее время за рубежом и в нашей стране продолжают работы по созданию одноматричных камер цветного телевидения [14, 15]. Многими фирмами разработаны моноблочные комплексы на их базе. Однако массовому производству таких камер препятствует ряд причин [16, 17]:

трудность создания бездефектных образцов матриц и соответственно малый процент выхода годных матриц и высокая стоимость;

низкая светочувствительность в синей области спектра;

наличие «статических» шумов, проявляющихся при повышении температуры и снижении освещенности, искажения в виде «смазывания» изображения, вызванные переносом зарядов во время полевого гасящего интервала, а также муары, которые являются помехами, возникающими при дискретизации за счет структуры ПЗС и требующими специальных мер для их подавления;

более низкое качество цветного изображения по сравнению с камерами на электронно-лучевых трубках;

меньшая разрешающая способность.

Параметры камер цветного

Тип камеры	Фирма	Год выпуска	Число датчиков	Тип ТПИ	Формат изображения
1	2	3	4	5	6
CCD, опытный образец	Toshiba	1978	2	ПЗС	512×340
Экспериментальный образец	Sony	1979	2	ПЗС	245×492
Экспериментальный образец	NEC	1979	1	ПЗС	400×492
Экспериментальный образец	NEC	1979	1	ПЗС	384×390
Экспериментальный образец	Hitachi	1979	3	МОП	320×244
Mag Camera	Hitachi	1979	1	Фотодиодная HE98221	485×384
VC-C1000	Hitachi	1980	1	Фотодиодная	(2/3)''
Экспериментальный образец	Matsushita	1980	1	ПЗС+гетеропереходы	(2/3)''
Экспериментальный образец	Matsushita	1981	1	Фотодиодная	(2/3)''
XC-1	Hitachi	1981	2	ПЗС	245×492
IK-2250	Toshiba	1981	2	ПЗС	322×488
SK-1	Hitachi	1981	3	МОП HE98222	384×485
Экспериментальный образец	Matsushita	1981	1	ПЗС	379×502
CPP	Matsushita	1981	1	CPD	404×256
Экспериментальный образец	Matsushita	1981	1	CPD	404×256
Экспериментальный образец	Hitachi	1981	1	MOS	384×485
Microvideo	Matsushita	1981	1	CPD	(2/3)''
Video Movie	Sony	1981	1	ПЗС	490×570

Освещенность на объекте, лк		Отношение сигнал/шум, дБ	Разрешающая способность, ТВЛ	Габариты, мм	Масса, кг	Потребляемая мощность, Вт	Система светоде- ления	Примечание
$E_{\text{раб}}(F)$	$E_{\text{мин}}(F)$							
7	8	9	10	11	12	13	14	15
2000 (F2.0)	500 (F2.0)	45	240	—	—	—	—	—
500 (F2.0)	100 (F2.0)	43	280	68×75×198	—	—	W—RB	Цена 10 ⁴ тыс. долл.
1200 (F2.8)	80 (F1.4)	46	285	—	—	—	—	—
1200 (F2.0)	180 (F2.0)	—	280	—	3	12,5	—	Репортаж- ная
—	—	—	400	—	—	—	R—G—B	Цена 11,6 тыс. долл.
—	100 (F1.4)	46	260	237×192×76	4,4	—	—	Моноблоч- ный комп- лекс для длительности записи 120')
500 (F1.4)	100 (F1.4)	46	260	58×100×155	1,6	3,8	R—G—B	Цена 1,7 тыс. долл.
—	—	43	280	—	1,2	—	—	Цена 400 долл.
600 (F1.4)	100 (F1.4)	46	240	—	—	—	—	—
500 (F2.0)	—	43	280	68×75×198	1,3	6	G—RB	—
1500 (F1.4)	—	46	250	96×114×241	2,1	6	G—Ye	—
2000 (F3.5)	—	49	450	100×219× ×266	3,2	8	R—G—B	—
—	75 (F1.4)	50	240	68×137×173	1,6	6,4	W—Ye— —Cy	—
400 (F1.4)	100 (F1.4)	46	240	—	2	6	—	Для видео- записи
600 (F1.4)	100 (F1.4)	46	250	36×63×37	0,25	—	—	Блок кана- ла отдель- но, для ави- ации
500 (F1.4)	100 (F1.4)	46	260	58×100×155	1,7	3,8	G—R—B	Для видео- записи
400 (F1.4)	—	46	250	119×118×67	1,9	4,9	—	Моноблоч- ный комп- лекс (дли- тельность записи 120')
—	500	45	250	191×171× ×160	2	7	—	Моноблоч- ный комп- лекс (дли- тельность записи 30')

1	2	3	4	5	6
TC-100	NEC	1982	1	ПЗС	—
VKC-2000	Hitachi	1982	3	МОП HE98222	384×485
NC-100	Hitachi	1982	2	ПЗС	384×490
Экспериментальный разец CCD-G5	Hitachi	1982	3	ПЗС	384×490
	Sony	1983	1	ПЗС	401×491
Экспериментальный разец	SHARP	1983	1	ПЗС	490×390
CCD-V8E	Sony	1985	1	ПЗС	(2/3) ¹¹

Разрабатываемые в настоящее время и серийно выпускаемые ТПИ имеют ряд существенных отличий (ПЗС, фотодиодные и другие датчики), приводящих к расхождению в направлениях исследований, поэтому окончательный выбор в пользу того или иного типа ТПИ сделать пока не представляется возможным [16—21]. Камеры на ТПИ весьма перспективны для использования в различных областях народного хозяйства, а также в системах бытовой видеозаписи. Основные параметры камер на ТПИ приведены в табл. 1.3 [15, 22—26].

1.2. Однотрубочные камеры

1.2.1. Системы пространственно-световой дискретизации изображения, используемые в однотрубочных малогабаритных камерах

Базой для разработки однотрубочных малогабаритных камер цветного телевидения (МКЦТ) послужили исследования, проводимые в ЛЭИС в 1953 г. под руководством проф. П. В. Шмакова, а также фирмой RCA и Станфордским научно-исследовательским институтом (США) в 1955—1960 гг. Результаты их исследований привели к созданию трехцветного видеокон, явившегося прообразом современных передающих трубок с секционированной мишенью, и систем Р. Келла — принципам пространственно-световой дискретизации изображения с использованием нескольких подне-

7	8	9	10	11	12	13	14	15
—	—	—	—	232×192× ×400	2,3	—	—	—
500(F1.4)	—	—	450	—	—	—	W—Ye— —Cy	—
1600(F4.0)	—	50	280	99×126×236	3,4	—	G—RB	—
2000(F6.9)	—	55	500	100×170× ×275	—	12	G—R—B	—
1000(F4.0)	30(F1.4)	45	250	107×137× ×218	1,02	4,5	—	—
2000(F4.0)	—	—	280	—	—	—	—	Моноблоч- ный комп- лекс
300(F1.4)	22(F1.4)	45	250	117×344× ×193	2,3	7	—	Моноблоч- ный комп- лекс (длитель- ность запи- си 90')

суших, которые позже были усовершенствованы Маковским, Притчардом, Брэндиджером и Фриденделом [5]. Современные однотрубные МКЦТ построены на передающих трубках уменьшенных диаметров: 18, 13 и даже 11 мм, что еще в начале 70-х годов считалось недостижимым. Существенно улучшились и параметры этих камер: повысилась светочувствительность, расширились функциональные возможности, появились камеры с повышенной разрешающей способностью (более 400 ТВЛ) и т. п.

Разработанные однотрубные МКЦТ базируются на следующих основных системах пространственно-световой дискретизации изображения (называемых также методами кодирования и разделения цветовых сигналов): частотной; фазовой; индексной; высоко-частотно-ступенчатой; трехэлектродной, а также их разновидностях. Общее число известных систем (с вариантами) составляет около 15. Рассмотрим кратко эти системы.

1.2.2. Частотная система

Эта система известна также под названиями «частотный метод кодирования и разделения цветовых сигналов», «система Келла» или «система Spektraplex».

В частотной системе дискретизация изображения осуществляется с помощью двух групп штриховых кодирующих светофильтров, расположенных перпендикулярно и наклонно относительно направления сканирования под углом 45° друг к другу, причем первая группа кодирующих светофильтров содержит чередующие-

ся вертикальные прозрачные и желтые полосы одинаковой ширины, вторая — соответственно наклонные прозрачные и голубые полосы [5]. При сканировании мишени трубки в выходном сигнале u возникают две поднесущие частоты синего (f_B) и красного (f_R) цветоделенных изображений в соответствии с выражением

$$u \approx U_G(\Omega t) + \frac{1}{2} U_R(\Omega t) + \frac{1}{2} U_B(\Omega t) + \frac{2}{\pi} U_R(\Omega t) \sin \omega_{Rt} + \\ + \frac{2}{\pi} U_B(\Omega t) \sin \omega_{Bt} = \left(E_G + \frac{1}{2} E_R + \frac{1}{2} E_B \right) + a_R E_R \sin \omega_{Rt} + \\ + a_B E_B \sin \omega_{Bt},$$

в котором учтены только первые гармоники сигнала. В декодирующем устройстве камеры из сигнала с помощью полосовых фильтров (ПФ), настроенных на соответствующую частоту $f_B = 3,5$ МГц или $f_R = 5$ МГц, и последующего детектирования выделяются сигналы E_R и E_B . Сигнал яркости E_Y формируется фильтром нижних частот (ФНЧ) с частотой среза около 3 МГц (полоса цветowych каналов ограничивается величиной 0,5 МГц) в соответствии с выражением

$$E_Y = E_G + \frac{1}{2} E_R + \frac{1}{2} E_B.$$

Этот сигнал отличается от принятого сигнала яркости в цветном телевидении тем, что вносит значительную ошибку в цветопередачу при последующей обработке видеосигнала. Данная система реализована в 1969 г. на передающих трубках типа спектраплекс

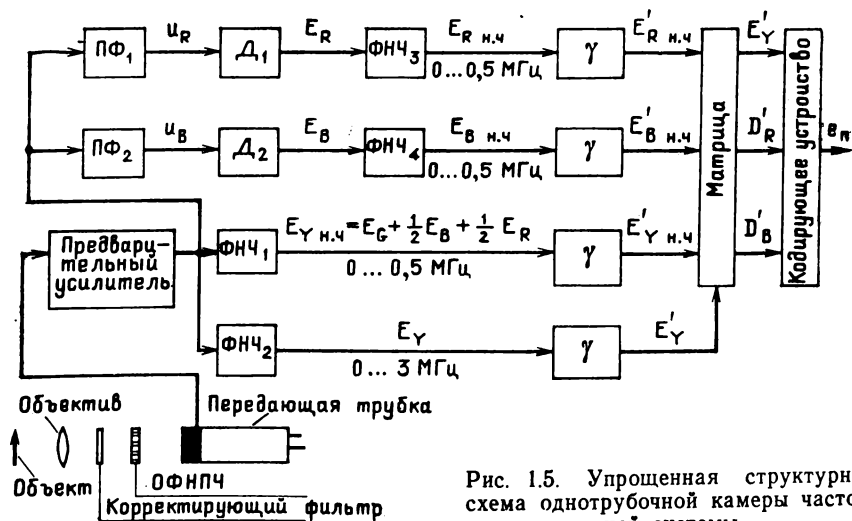


Рис. 15. Упрощенная структурная схема однотрубной камеры частотной системы

(M4445, 8507) фирмы RCA [5, 27], а затем в 1971 г. фирмой Nippon Columbia на видиконе С-1102 [5] и фирмой Hitachi на так называемом FIC-видиконе (Filter Integrated Color) типа Н8374, который и в настоящее время используется в некоторых областях промышленности (например, в камерах HV-9015А, HV-9017). Особенностью последних разработок является переход от оптических систем с переносом изображения, в которых штриховые светофильтры располагались в плоскости промежуточного изображения вне мишени передающей трубки (в трубках М4445 и С-1102), к оптическим системам без переноса изображения за счет применения в трубках волоконно-оптических пластин (ВОП). ВОП позволили наносить светофильтры непосредственно на планшайбу. В настоящее время системы с ВОП заменены более совершенными.

Все однотрубочные камеры этой системы построены по структурной схеме, приведенной на рис. 1.5. Вид спектра выходного сигнала показан на рис. 1.6.

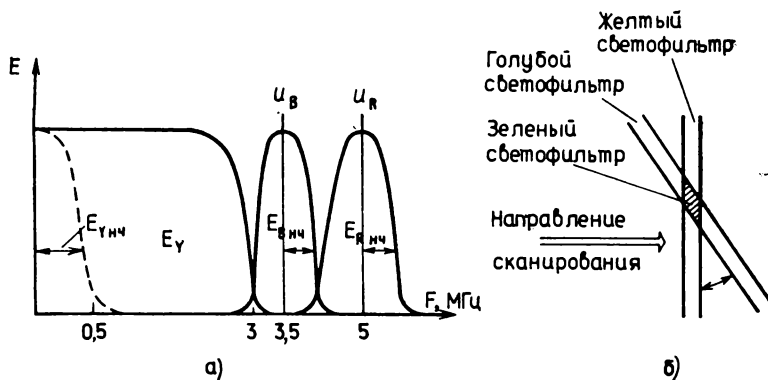


Рис. 1.6. Спектр сигнала на выходе передающей трубки (а) и расположение штриховых светофильтров на мишени (б)

Частоты поднесущих сигналов цветности f_R , f_B определяются из выражений

$$f_R = \frac{B/t_s}{2d}, \quad f_B = \frac{B/t_s}{\sqrt{2} \cdot 2d},$$

где d — ширина полосок (для трубки Spektraplex $d=24$ мкм); B — длина строки (12,7 мм); t_s — время развертки активной части строки.

Как видно из схемы на рис. 1.5, с выхода передающей трубки видеосигнал, содержащий информацию о цвете объекта, подается через предварительный видеусилитель (ПУ) на два полосовых фильтра ($ПФ_1$ и $ПФ_2$), каждый из которых настроен на частоту соответствующей цветовой поднесущей f_R и f_B . Затем оба видео-

сигнала с выходов ПФ детектируются с помощью амплитудных детекторов (D_1 и D_2) в полосе частот $0 \dots 0,5$ или $0 \dots 0,8$ МГц, усиливаются, подвергаются гамма-коррекции и поступают на блок матриц. В то же время на блок матриц поступают две компоненты яркостного сигнала: сигнал $E'_{Y_{н.ч}}$ в полосе $0 \dots 0,5$ или $0 \dots 0,8$ МГц и широкополосный сигнал E'_Y в полосе $0 \dots 3$ МГц, которые формируются фильтрами нижних частот $\Phi НЧ_1$ и $\Phi НЧ_2$. В блоке матриц из данных сигналов формируются цветоразностные сигналы D'_R, D'_B , которые вместе с яркостным сигналом E'_Y подаются далее на кодирующее устройство стандартной системы цветного телевидения.

Основные недостатки данной системы следующие:

низкая разрешающая способность за счет неэффективного использования частотного спектра (две разнесенные поднесущие и отдельная полоса яркостного сигнала);

наличие биений разностной частоты ($f_6 = f_R \pm f_B$) около 1,5 МГц, попадающих в канал яркости;

наличие помех дискретизации (муара);

искажения на границах цветных объектов типа «кроссколор», а также перекрестные помехи от сигналов цветности на поднесущих [4];

зависимость цветопередачи от астигматизма электронного луча (апертура луча не позволяет обеспечить одинаковое разрешение цветных полосок), требующая специального решения колориметрической задачи;

наличие так называемого эффекта «зеленых углов»;

критичность к расфокусировке изображения;

критичность к линейности строчной развертки (допускается нелинейность не более $1 \dots 2\%$);

низкое отношение сигнал/шум в каналах цветности, что требует применения специальных мер по обработке видеосигналов, приводящих к увеличению габаритов и массы камеры.

Однотрубочные камеры частотной системы ввиду перечисленных недостатков не нашли широкого применения и в настоящее время практически не выпускаются.

1.2.3. Фазовая система

Фазовая система является усовершенствованием частотной в части улучшения разрешающей способности, отношения сигнал/шум, повышения эффективности использования частотного спектра и уменьшения колориметрических ошибок, вызванных астигматизмом электронного луча. Наклон полосок светофильтров и режим разложения изображения выбираются такими, что импульсы цветных сигналов на выходе передающей трубки имеют одинако-

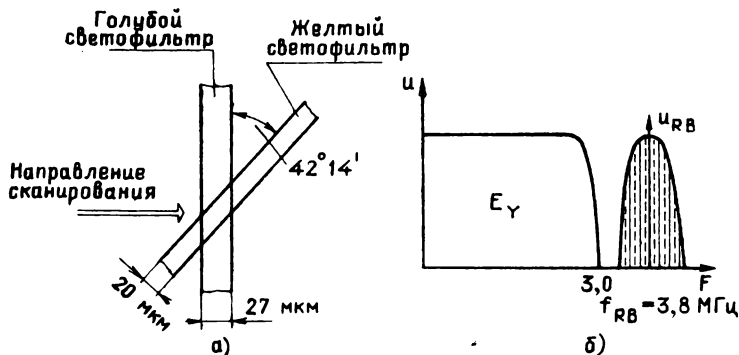


Рис. 1.7. Штриховые кодирующие светофильтры (а) и вид спектра выходного сигнала (б) на выходе передающей трубки камеры НК

вые скважность и круговую частоту следования, а фазы сигналов цветности изменяются в нескольких строках на 2л. Для разделения сигналов цветности в этом случае используется гребенчатый фильтр. Впервые камера на этом принципе была построена корпорацией НК в 1971—1973 гг. [28, 29]. Спектр выходного сигнала и вид штрихового фильтра приведены на рис. 1.7 [29, 30], структурная схема камеры показана на рис. 1.8.

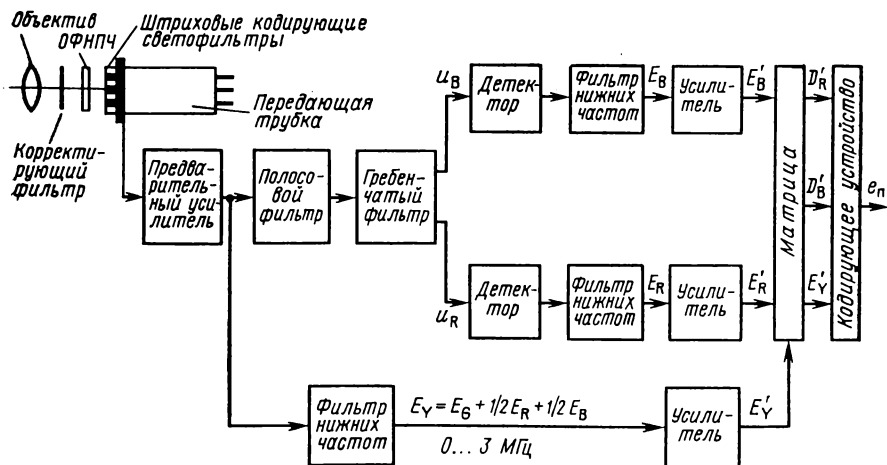


Рис. 1.8. Структурная схема однотрубной камеры НК

Современные камеры этой системы построены на трубках типа косвикон и ньюкосвикон, имеющих две группы штриховых кодирующих светофильтров и расположенных симметрично относитель-

но вертикальной оси [31]. При сканировании мишени трубки в выходном сигнале присутствует одна поднесущая частота f_{RB} :

$$u \approx U_G(\Omega t) + \frac{1}{2} U_R(\Omega t) + \frac{1}{2} U_B(\Omega t) \pm \frac{2}{\pi} U_R(\Omega t) \sin \omega_{RB} t + \\ + \frac{2}{\pi} U_B(\Omega t) \sin \omega_{RB} t = \left(E_G + \frac{1}{2} E_R + \frac{1}{2} E_B \right) \pm a_R E_R \sin \omega t + \\ + a_B E_B \sin \omega t.$$

Высокочастотная часть сигнала выделяется полосовым фильтром и далее разделяется гребенчатым фильтром на сигналы E_R и E_B с последующим детектированием. Структура гребенчатого фильтра показана на рис. 1.9.

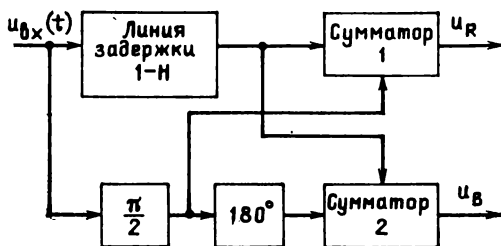


Рис. 1.9. Структурная схема гребенчатого фильтра камер фазовой системы

В соответствии с приведенной структурой гребенчатого фильтра (ГФ) на выходе сумматоров имеем высокочастотные сигналы красного u_R и синего u_B цветоделенных изображений на поднесущей частоте f_{RB} :

$$u_R = A_1 \sin \omega_{RB} t,$$

$$u_B = A_2 \sin \omega_{RB} t.$$

Низкочастотная часть сигнала после ограничения полосы частот с помощью ФНЧ образует квазиаркостный сигнал, аналогичный сигналу E_Y частотной системы. После обработки в канале сигналы E'_R , E'_B , E'_Y поступают в матрицу, где образуются обычные сигналы E'_Y , D'_R , D'_B , которые далее подаются в кодирующее устройство стандартной системы; с выхода последней снимается полный телевизионный сигнал цветного телевидения e_n . Разрешающая способность однотрубной камеры данной системы может достигать 400 ТВЛ. Поскольку дискретизирующие полосы имеют одинаковую ширину, цветопередача в данной системе лучше, чем в частотной, так как обе группы полосок одинаково (с одинаковой

частотой) разрешаются электронным лучом и, следовательно, не зависят от его астигматизма. Общим недостатком обеих систем является так называемый «сдвиг к зеленому» (эффект «зеленых углов»), который происходит даже при небольшой расфокусировке электронного луча, так как при этом изменяется разрешение цветowych поднесущих, вызывающее колориметрические ошибки, в то время как сигнал основной полосы E_{γ} остается постоянным [32]. Как и в частотной системе, здесь имеют место помехи дискретизации и биения типа «кросколор». Помехи дискретизации устраняются специальными оптическими фильтрами нижних пространственных частот (ОФНПЧ).

Помимо указанных недостатков в данной системе имеют место так называемые «межстрочные биения цветности», которые возникают при разрегулировке цепей гребенчатого фильтра или значительной несинхронности строчной развертки [5, 30].

Данная система имеет несколько модификаций, отличающихся особенностями перемежения спектров двух сигналов и наличием нескольких поднесущих частот; она широко используется в бытовой видеозаписи, медицине, промышленности и других областях [31, 32, 43, 52, 53]. Наиболее интересной разновидностью системы является фазовая система на трубке интерплекс фирмы Siemens (ФРГ) [33, 34]. Принцип работы системы Interplex поясняет устройство узла цветового кодирования на базе штриховых фильтров, приведенное на рис. 1.10.

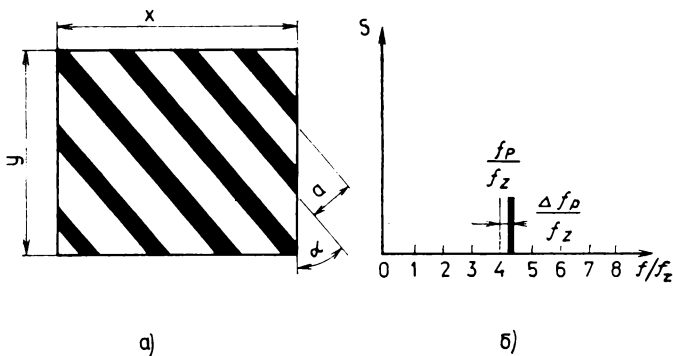


Рис. 1.10. Штриховой кодирующий светофильтр системы Interplex (а) и его частотный спектр (б)

Вертикальный штриховой растр дает спектр частот, кратный частоте строк. При наклоне этих штрихов под углом α к вертикали возникает сдвиг частотного спектра на дробную часть частоты строк. Этот принцип и лежит в основе системы.

Электрические и геометрические параметры штриховых фильтров связаны соотношениями

$$f_{p0} = f_z \frac{x}{a} \frac{\cos \alpha}{1 - t_R f_z}; \quad f_p = f_{p0} + \Delta f_p; \quad \Delta f_p = f_z \frac{y}{a} \frac{\sin \alpha}{z},$$

где f_{p0} — частота, кратная частоте строк f_z ; Δf_p — смещение за счет штрихового фильтра; t_R — время обратного хода строчной развертки; z — число строк в кадре; f_p — центральная частота цветокодированного сигнала.

В данной системе используются также две группы (желтые и голубые) симметрично наклонных относительно вертикальной оси мишени трубки кодирующих штриховых светофильтров. Выбирают такой угол наклона штриховых фильтров относительно вертикальной оси, при котором получают положительный или отрицательный сдвиг в четверть строки цветных компонентов относительно яркостного сигнала. Таким образом, спектр выходного сигнала системы Interplex приближается к спектру сигнала системы PAL. Ширина штрихов вдоль строк одинаковая, поэтому при считывании возникает последовательность импульсов одной частоты. Частоту поднесущей в системе Interplex выбирают равной поднесущей цветности системы PAL, т. е. 4,43 МГц. Спектр сигнала системы Interplex приведен на рис. 1.11.

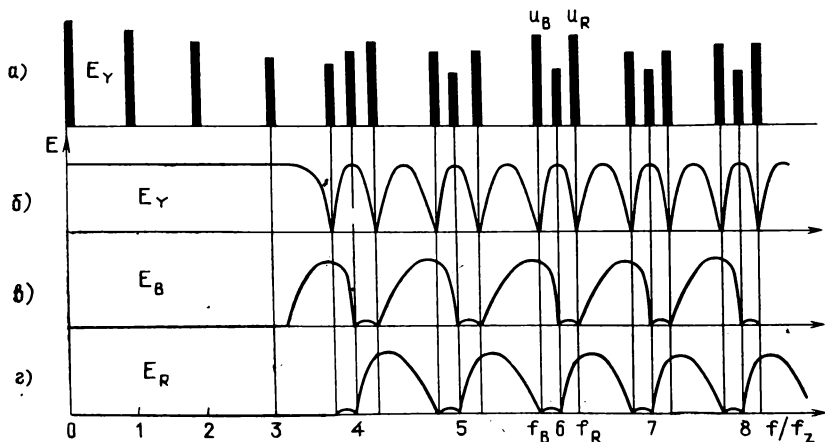


Рис. 1.11. Спектр сигнала в системе Interplex и характеристики прозрачности гребенчатого фильтра:
 а — спектр выходного сигнала; б — характеристика ГФ сигнала яркости; в, г — характеристики ГФ сигналов цветности синего и красного соответственно

Разделение сигналов в данной системе осуществляется двумя гребенчатыми фильтрами: одним для разделения сигналов цветности на поднесущей частоте 4,43 МГц (u_R, u_B) и горизонтального

контурного сигнала $E_{YГ}$, другим — для выделения вертикального контурного сигнала $E_{YВ}$ и низкочастотного сигнала яркости E_{Y0} (вертикальный и горизонтальный). После детектирования сигналов u_R и u_B и ограничения частоты до 0,5 МГц образуются низкочастотные сигналы E_{R0} , E_{B0} . Полный сигнал яркости E_Y получается суммированием полученных компонентов в соответствии с выражением

$$E_Y = E_{Y0} + E_{YГ} + E_{YВ}.$$

Упрощенная структурная схема декодирующего устройства системы Interplex приведена на рис. 1.12. Здесь приняты следующие

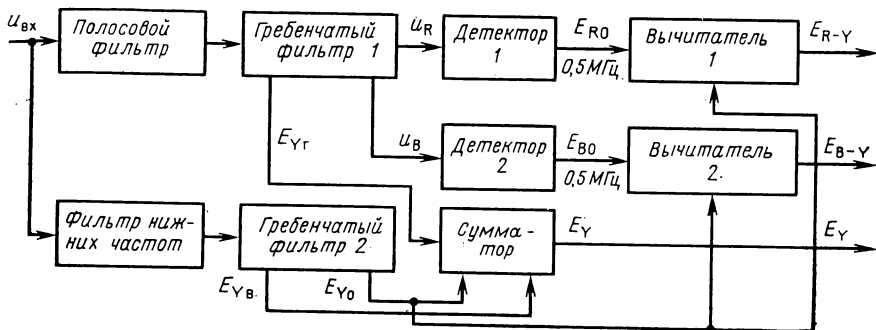


Рис. 1.12. Упрощенная структурная схема декодирующего устройства системы Interplex

обозначения: $u_{вх}$ — сигнал, закодированный в системе Interplex, с выхода предварительного усилителя камеры; u_R , u_B , $E_{YГ}$ — сигналы цветовой поднесущей для красного, синего и горизонтального контурного сигналов соответственно; E_{R0} , E_{B0} — низкочастотные («нечеткие») сигналы красного и синего цветоделенных изображений; $E_{YВ}$, E_{Y0} — вертикальный контурный и низкочастотный («нечеткий») яркостные сигналы соответственно; E_{R-Y} , E_{B-Y} — красный и синий цветоразностные сигналы соответственно.

Гребенчатый фильтр 1 канала цветности разделяет сигналы красной и синей компонент на поднесущей 4,43 МГц и горизонтальный контурный сигнал $E_{YГ}$. Яркостный гребенчатый фильтр 2 образует вертикальный контурный сигнал $E_{YВ}$ и низкочастотный («нечеткий») сигнал яркости E_{Y0} в горизонтальном и вертикальном направлениях (соответствующий по своей четкости демодулированным сигналам E_{R0} и E_{B0}). Из низкочастотных сигналов E_{R0} , E_{B0} и яркостного сигнала образуются цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} .

Сигнал E_Y соответствует частотным компонентам полной полосы частот видеотракта и обеспечивает разрешающую способность камеры Interplex, соответствующую полосе принятой систе-

Параметры однотрубочных малогабаритных

Тип камеры	Фирма	Год выпуска	Диаметр трубки, мм	Тип трубки	Система дискретизации
1	2	3	4	5	6
IK-12	Toshiba	1975	26	E5080, видикон	Фазовая
FP-3030	Hitachi	1976	26	HS-250, сатикон	Трехэлектродная
DXC-1200P	Sony	1977	26	Видикон	Индексная
WV-3300	Panasonic	1978	26	S4089, видикон	Фазовая
G-71P/31P	JVC	1979	26	S4077C, видикон	Высокочастотно-ступенчатая
FAC-1800	Grundig	1979	26	S4089, видикон	Фазовая
DXC-1610	Sony	1979	26	CT-1122, видикон	Индексная
GP-7	Hitachi	1979	26	HS-251, сатикон	Трехэлектродная
Sicolor-K80	Siemens	1979	26	XQ-1365, кремни-кон	Фазовая (интер-плекс)
WV-3890	National	1981	18	H4103, сатикон	Фазовая
HVC-3000S	Sony	1981	18	CT-2132, видикон	Индексная
WV-3030E	Panasonic	1981	18	S4094P, видикон	Фазовая
FP-10	Hitachi	1981	26	HS-302, сатикон	Трехэлектродная
GP-41D/F	Hitachi	1981	18	HS-256, видикон	То же
VK-C800E	Hitachi	1981	18	H9373, сатикон	Фазовая
WV-3990	National	1981	18	H4103, сатикон	То же
BVP-110P/S	Sony	1982	18	HBST, сатикон	Индексная
WVP-55E	Panasonic	1982	13	H4181, сатикон	Фазовая
HVC-4000P	Sony	1982	18	Видикон	Индексная
WVP-100E	Panasonic	1983	18	H4100A, сатикон	Фазовая
CV-300	Konica	1984	13	S4161, ньювикон	То же
WVP-A1	Panasonic	1984	13	S4161, ньювикон	< >
VZ-C10	Matsushita	1984	13	S4156, ньювикон	< >
VZ-C75	Matsushita	1985	18	S4165, ньювикон	< >
WV-6000	Matsushita	1985	18	H4196, сатикон	< >
DXC-1800SK	Sony	1979	18	CT-2222, сатикон	Индексная (трини-кон)
HVC-2000P	Sony	1981	18	CT-2122, видикон	
VK-C750E	Hitachi	1981	18	Видикон	Трехэлектродная
GX-77E	JVC	1980	18	Видикон	—

Отношение сигнал/шум, дБ	Освещенность на объекте, лк		Разрешающая способность, ТЛД	Габариты, мм	Масса, кг	Потребляемая мощность, Вт	Назначение
	$E_{\text{раб}}(F)$	$E_{\text{мин}}(F)$					
7	8	9	10	11	12	13	14
40	1000 (F1.9)	250 (F1.9)	240	90×170×345	2,6	65	Для различных применений
40	2000 (F4.0)	250 (F2.0)	250	84×118×338	2,3	11	Бытовая
45	1500 (F2.5)	250 (F2.5)	300	192×416×657	18,6	75	Полупрофессиональная
45	1400 (F4.0)	150 (F2.0)	250	90×245×233	2,5	11,5	Бытовая
40	2000 (F4.0)	100 (F1.8)	230	268×200×382	3,7	12	То же
45	1400 (F4.0)	100 (F2.0)	250	90×233×431	2,5	11,5	« »
45	1000 (F2.1)	200 (F2.1)	300	446×209×233	4,9	12	Полупрофессиональная
40	2000 (F4.0)	100 (F2.0)	250	142×146×339	5,2	11	То же
45	1400 (F4.0)	—	500	—	0,7	—	Для промышленности
50	1400 (F4.0)	50 (F1.4)	300	104×130×321	2,6	12	То же
45	1400 (F4.0)	40 (F1.4)	300	225×200×354	3,0	9,3	Полупрофессиональная
45	1400 (F4.0)	70 (F1.4)	240	375×260×78	1,9	8,1	Бытовая
48	2000 (F4.0)	50 (F1.8)	450	295×260×100	5,3	15	Полупрофессиональная
45	500 (F1.6)	75 (F1.6)	240	70×245×330	1,9	6,7	Бытовая
46	2000 (F5.6)	50 (F1.4)	270	200×270×425	3,1	9,5	То же
50	1400 (F4.0)	70 (F1.6)	300	104×130×321	2,6	12	Для промышленности
53	2000 (F4.0)	80 (F1.6)	400	365×180×173	2,9	11	Профессиональная
45	1400 (F4.0)	25 (F1.2)	250	147×252×374	1,7	4,5	Бытовая
45	1400 (F4.0)	—	300	—	2,9	—	Для различных применений
46	1400 (F4.0)	50 (F1.4)	300	180×217×405	3,0	5,5	Полупрофессиональная
45	1400 (F4.0)	—	280	220×65×140	1,2	3,3	Бытовая
45	1400 (F4.0)	7 (F1.2)	280	193×179×292	1,3	4,7	Полупрофессиональная
46	1400 (F4.0)	20 (F1.4)	300	188×157×236	1,1	4,2	То же
46	800 (F4.0)	10 (F1.4)	360	—	—	—	« »
52	1000 (F4.0)	10 (F1.4)	420	—	—	—	« »
48	2000 (F1.0)	50 (F1.4)	300	—	5,1	13,3	Полупрофессиональная
45	1400 (F4.0)	70 (F1.8)	300	225×200×351	2,9	8,3	То же
40	2000 (F5.6)	100 (F2.0)	240	78×238×348	1,8	5,8	Бытовая
40	1400 (F4.0)	100 (F4.4)	270	82×242×285	1,7	4,5	То же

1	2	3	4	5	6
WV-3800EN	Panasonic	1979	26	S4089A, видикон	Фазовая
CVC69	Saba	1981	26	Сатикон	То же
K-770	Minolta	1982	13	Сатикон	« »
VX-303	Olympus	1982	18	Ньювикон	« »
IK-C400	Toshiba	1982	13	Сатикон	« »
XC-7S	Sharp	1982	18	Сатикон	« »
VK-C870E	Hitachi	1983	13	Сатикон	« »
GX-N5	JVC	1984	18	S4145, ньювикон	« »
WVP-A2E	Panasonic	1984	13	S4161, ньювикон	« »
VC-X2E	AKAI	1982	18	Сатикон	—
GZ-S3	JVC	1983	13	Сатикон	Фазовая
BVW-1P/S	Sony	1982	18	HBST, Сатикон	Индексная (триникон)
FX-203	Futek	1982	13	Сатикон	Фазовая
BMC-100	Sony	1983	13	S3222, Сатикон	Индексная (триникон)
Microvideo	Matsushita	1983	13	S4156, ньювикон	Фазовая
Handy Video	SANYO	1983	—	Видикон	—
BVW-2N	NHK	1984	13	S3222, сатикон	Индексная (триникон)
GR-C1	JVC	1984	13	Сатикон	—
NV-M1	Matsushita	1985	13	Ньювикон	Фазовая

мы (до 7 МГц). Таким образом, система Interplex обеспечивает эффективное использование частотного спектра.

Благодаря использованию спектральных компонент сигнала яркости, лежащих в полосе поднесущей цветности, разрешающая способность может быть получена в полной полосе частот яркостного канала [7, 32—34]. В системе с трубкой интерплекс нежелательно применение ОФНПЧ, так как он снижает разрешающую способность камеры. Однако при этом появляются помехи дискретизации. Поэтому в данной системе предъявляются высокие требования к обоим гребенчатым фильтрам (их параметрам и точности настройки). В реальных камерах системы Interplex разрешаю-

7	8	9	10	11	12	13	14
45	1400(F4.0)	140(F2.0)	260	—	—	14	Для промышлен- ности
45	1400(F4.0)	80(F1.8)	280	185×215×375	3,4	14,4	Бытовая
45	1400(F4.0)	30(F1.2)	250	80×219×375	1,6	—	То же
45	1400(F4.0)	15(F1.6)	300	208×218×296	2,5	—	Для различных применений
46	1400(F4.0)	50(F1.4)	250	56×265×235	0,9	—	Бытовая
45	1400(F4.0)	30(F1.4)	250	72×271×133	1,6	—	То же
45	500(F1.4)	10(F1.4)	250	193×230×453	2,6	4,4	« »
46	800(F4.0)	10(F1.4)	300	—	1,4	—	Полупрофессио- нальная
45	1400(F4.0)	7(F1.2)	280	193×180×236	1,3	4,7	То же
45	1400(F4.0)	30(F1.4)	—	—	2,4	—	« »
45	1400(F4.0)	30(F1.4)	—	—	1,25	5,5	« »
53	2000(F1.4)	60(F1.4)	330	110×366×225	8	15	Полупрофессио- нальная, длитель- ность записи 24'
45	1400(F2.0)	10(F1.2)	250	168×334×76	2,7	—	Movimag, длитель- ность записи 45'
49	1400(F4.0)	28(F1.2)	300	385×220×125	2,4	—	Betamovie
46	1400(F4.0)	10(F1.2)	280	229×118×67	2,1	5	Полупрофессио- нальная, длитель- ность записи 120'
40	—	—	250	—	2,8	—	Полупрофессио- нальная, длитель- ность записи 20'
49	1400(F4.0)	14(F1.2)	280	190×210×479	4,1	15	Betamovie, дли- тельность записи 70'
45	—	—	—	—	1,9	—	Video Movie, дли- тельность записи 30'
45	1400(F4.0)	10(F1.4)	250	155×190×325	3,3	8,5	VHS Movie, дли- тельность записи 240'

щая способность по горизонтали достигает 500 ТВЛ. Однотрубочные камеры данной системы нашли широкое применение в промышленности и медицине, а также в системах видеозаписи.

Основные недостатки данной системы те же, что у фазовой системы НК.

Параметры камеры системы Interplex фирмы Siemens приведены в табл. 1.4.

1.2.4. Индексная система

В индексных системах сигналы цветности разделяются с помощью специально сформированного индексного (опорного) сигнала синхронным детектированием. Типичные структуры кодирую-

ших светофильтров приведены на рис. 1.13. Здесь индексный сигнал формируется оптическим путем за счет введения непрозрачных полосок. Структурная схема камеры приведена на рис. 1.14. Основными достоинствами системы являются нечувствительность к линейности строчной и кадровой разверток, высокое отношение сигнал/шум в каналах сигналов яркости и цветности, стабильная цве-

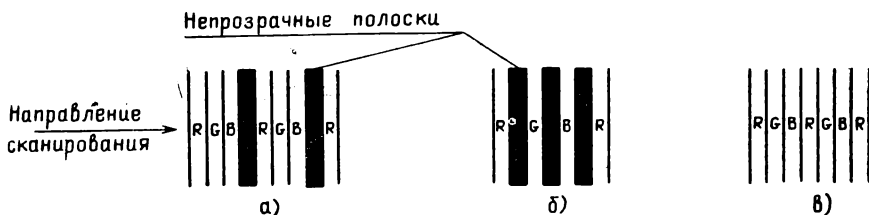


Рис. 1.13. Структура штриховых светофильтров в индексной системе: а, б — с неэффективным использованием светового потока; в — с эффективным использованием светового потока

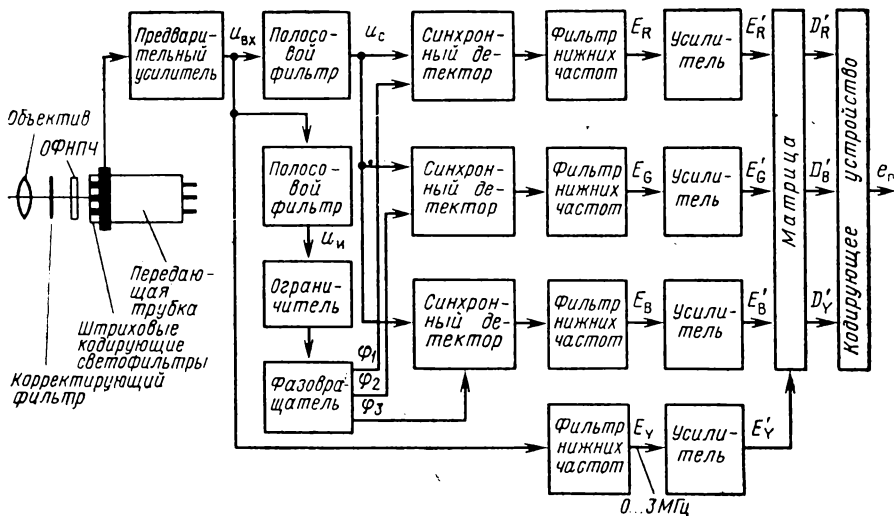


Рис. 1.14. Структурная схема однотрубной камеры индексной системы

топередача, нечувствительность к астигматизму электронного луча (все полоски равной ширины). Недостатком является неэффективное использование светового потока за счет наличия непрозрачных полосок, приводящего к снижению светочувствительности камеры. Этот недостаток может быть устранен введением прозрачной полоски, однако в этом случае имеет место неопределенность фазы индексного сигнала при уменьшении освещенности (или при пере-

светках), что налагает особые требования на уровни ограничения видеосигнала при выделении индексного сигнала из сигналов цветových групп.

Значительно лучшие результаты достигнуты в индексной системе с трубкой триникон, в которой индексный сигнал формируется электрическим путем [35, 36, 53]. Сигнальная пластина трубки триникон выполнена в виде двух «гребенок», вставленных одна в другую, причем напротив каждой триады полосок светофильтров R—G—B располагаются по одному зубцу каждой гребенки, т. е. мишень разделена на две секции, которые участвуют в формировании индексного сигнала и выходного сигнала трубки. Структурная схема камеры на триниконе приведена на рис. 1.15, штриховые

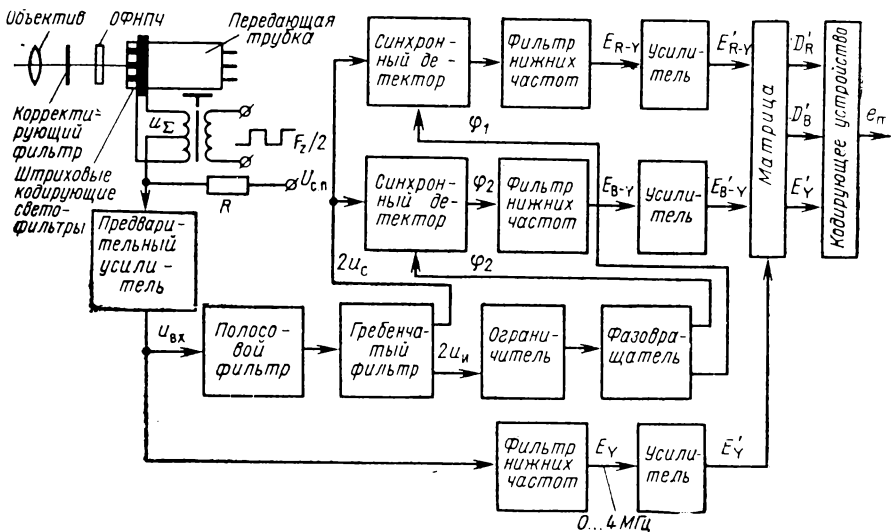


Рис. 1.15. Структурная схема однотрубной камеры на триниконе

вые кодирующие светофильтры на мишени трубки показаны на рис. 1.13, в.

Выходной сигнал u_{Σ} снимается с трансформатора, обеспечивающего оптимальное согласование выхода передающей трубки со входом предварительного усилителя. Во вторичную обмотку трансформатора подаются импульсы полустрочной частоты от трансформатора преобразователя камеры размахом 5...8 В. Коэффициент трансформации выбирается меньше 1, так что на выводах соответствующих секций сигнальной пластины амплитуда подаваемых импульсов $f_z/2$ не превышает 0,5 В. Таким образом, напряжение сигнальной пластины $U_{с.п.}$, подаваемое через резистор R,

в соответствующие моменты времени увеличивается или уменьшается на 0,5 В. Тем самым сложение и вычитание сигналов двух соседних строк приводит к выделению сигнала цветности и индексного сигнала. Учитывая, что напротив каждой триады кодирующих светофильтров RGB расположены два зубца «гребенки» сигнальной пластины, коммутируемые с частотой $f_z/2$, при развертке сканируемой поверхности лучом образуется поднесущая сигнала цветности и поднесущая индексного сигнала, частоты которых равны.

На рис. 1.16 приведен спектр выходного сигнала индексной системы на трубке триникон. Суммарный сигнал на выходе поло-

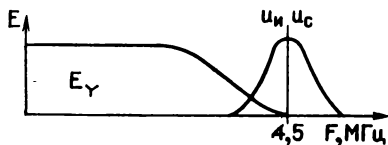


Рис. 1.16. Спектр выходного сигнала индексной системы на триниконе

сового фильтра за один период строчной развертки (u'_z) определяется из выражения

$$u'_z = u_c + u_n,$$

где u_c — сигнал, представляющий собой сумму сигналов цветности и яркости; u_n — сигнал индексный.

Во втором периоде развертки суммарный сигнал u''_z имеет вид

$$u''_z = u_c - u_n.$$

В результате сложения и вычитания этих сигналов в гребенчатом фильтре получается

$$u'_z + u''_z = 2u_c;$$

$$u'_z - u''_z = 2u_n.$$

Затем индексный сигнал $2u_n$ подается через ограничитель на фазовращатели и соответствующие синхродетекторы, на вторые входы которых подается сигнал $2u_c$. На выходе формируются сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} , которые вместе с сигналом E_Y подвергаются γ -коррекции и подаются на матрицу и далее — в кодирующее устройство стандартной системы. Данная система имеет разновидности [35].

Достоинствами системы с триниконном являются эффективное использование светового потока, равенство частот сигналов цветности и индексного (отсутствие биений разностной частоты), нечувствительность к фазовым искажениям и линейности разверток, а также к астигматизму электронного луча, слабая зависимость

цветопередачи от точности фокусировки, хороший баланс белого и полное отсутствие эффекта «зеленых углов», характерного для камер частотной и фазовой систем ПСДИ. Камеры с триникомом могут иметь разрешающую способность более 400 ТВЛ [37, 38]. Параметры наиболее известных камер данного типа приведены в табл. 1.4.

1.2.5. Высокочастотно-ступенчатая система

Высокочастотно-ступенчатая система является одним из вариантов частотной системы с использованием одной поднесущей частоты сигнала цветности. Разработана в начале 70-х годов фирмой Matsushita, а позднее модифицирована фирмой JVC [39—41]. Штриховой кодирующий светофильтр передающей трубки в данной системе содержит триады вертикальных полосок равной ширины, причем первая группа из прозрачных штрихов пропускает белый свет (все три цвета), вторая — только два цвета (голубые), третья группа — только один цвет (синие).

Упрощенная структурная схема камеры приведена на рис. 1.17 [40], структура кодирующих светофильтров и соответствующие ей сигналы показаны на рис. 1.18.

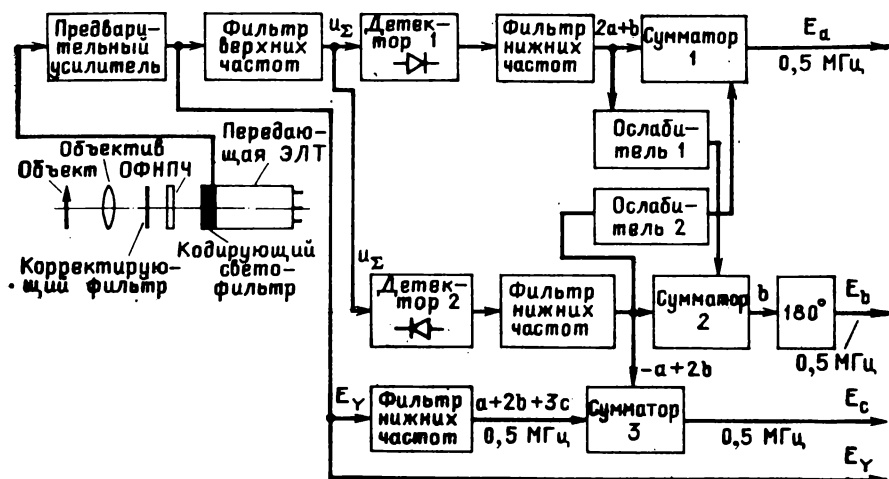


Рис. 1.17. Упрощенная структурная схема однотрубной камеры высокочастотно-ступенчатой системы ПСДИ

Сигналы на выходе фильтра верхних частот (рис. 1.18, г) имеют одинаковую площадь относительно среднего уровня 0. Возможность разделения цветовых сигналов здесь рассматривают с чисто геометрических позиций.

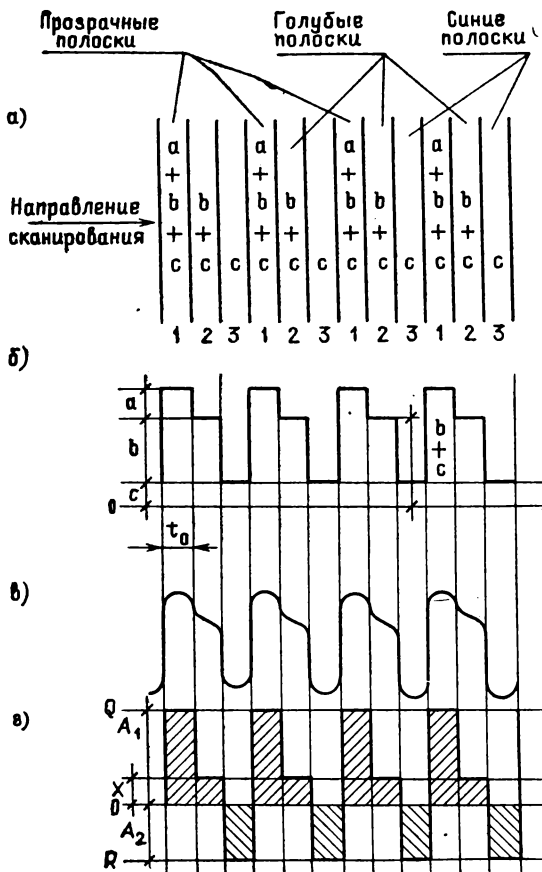


Рис. 1.18. Структура кодирующих светофильтров (а) и соответствующие ей сигналы для случая передачи белого поля:

б — идеализированные сигналы на выходе предварительного усилителя; в — реальные сигналы на выходе предварительного усилителя; г — сигналы на выходе фильтра верхних частот (без гасящих импульсов)

Пусть X — разность между средним уровнем и уровнем P ; P — верхняя граница цветовой составляющей b или нижняя граница цветовой составляющей a ; A_1 — разность между средним уровнем 0 и верхней границей Q цветовой составляющей a ; A_2 — разность между средним уровнем 0 и нижней границей R цветовой составляющей b ; t_0 — время сканирования одной полоски ($a+b+c$, $b+c$ или c).

Для данных сигналов имеют место соотношения

$$A_2 t_0 = X t_0 + A_1 t_0;$$

$$A_2 = X + A_1;$$

$$A_1 = a + X;$$

$$A_2 = b - X.$$

Таким образом, два цветовых сигнала (a и b) могут быть разделены путем суммирования и вычитания A_1 и A_2 [40].

Сигналы цветности выделяются полосовым фильтром, амплитудным детектированием и последующим многократным сложением—вычитанием этих сигналов между собой и с сигналом яркости.

Сигналы верхнего и нижнего уровня разделяются соответствующим образом включенными детекторами.

С выхода камеры низкочастотные сигналы a, b, c и широкополосный яркостный сигнал E_w поступают на матрицу, в которой формируются необходимые цветоразностные сигналы D'_R, D'_B и далее — на кодирующее устройство стандартной системы цветного телевидения.

На рис. 1.19 приведена структурная схема реальной камеры данной системы. Сигналы на выходе детекторов имеют вид

$$E_{a1} = \frac{1}{3}(2E_B + E_R); \quad E_{a2} = -\frac{1}{3}(2E_R + E_B),$$

где E_{a1} — сигнал на выходе первого детектора; E_{a2} — сигнал на выходе второго детектора.

Широкополосный сигнал с выхода предварительного усилителя поступает на два фильтра нижних частот. На выходе первого ФНЧ формируется сигнал яркости E_{Y0} без поднесущей цвета в виде

$$E_{Y0} = E_G + \frac{2}{3} E_B + \frac{1}{3} E_R.$$

С выхода второго ФНЧ снимается узкополосный сигнал яркости E_{Y01} в полосе частот около 0,5 МГц для матрицирования с цветовыми сигналами.

Сигналы E_{Y0} и E_{Y01} отличаются от стандартного сигнала яркости E_Y , что, несомненно, вносит ошибки цветопередачи и требует дальнейшей коррекции.

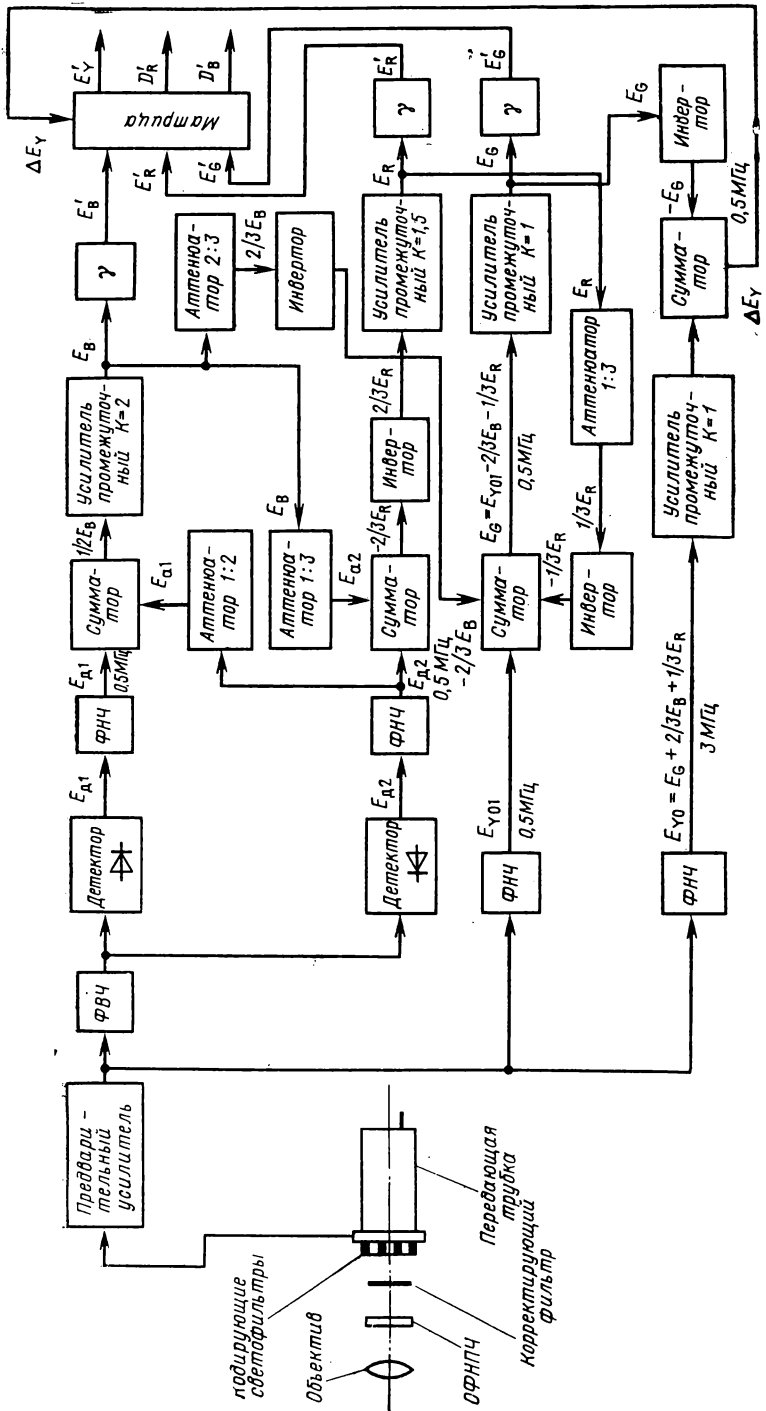
Сигнал E_{a2} проходит аттенюатор, где ослабляется в 2 раза. На выходе аттенюатора формируется сигнал

$$E_{a1} = \frac{1}{2} \left\{ -\frac{1}{3} (2E_R + E_B) \right\} = -\frac{1}{3} E_R - \frac{1}{6} E_B,$$

который поступает на дополнительный сумматор первого канала, где складывается с сигналом E_{a1} :

$$\begin{aligned} E_{a1} + E_{a1} &= \frac{1}{2} \left\{ -\frac{1}{3} (2E_R + E_B) \right\} + \left\{ \frac{1}{3} (2E_B + E_R) \right\} = \\ &= \left\{ -\frac{1}{3} E_R - \frac{1}{6} E_B \right\} + \frac{2}{3} E_B + \frac{1}{3} E_R = \frac{2}{3} E_B - \frac{1}{6} E_B = \frac{1}{2} E_B. \end{aligned}$$

Таким образом, последующим умножением на 2 получают сигнал E_B .



Ослабляя сигнал E_B в 3 раза, получают компоненту E_{a2} , складывая ее с сигналом E_{d2} , определяют второй цветовой сигнал

$$\begin{aligned} E_{d2} + E_{a2} &= -\frac{1}{3}(2E_R + E_B) + \frac{1}{3}E_B = -\frac{2}{3}E_R - \frac{1}{3}E_B + \frac{1}{3}E_B = \\ &= -\frac{2}{3}E_R. \end{aligned}$$

Инвертируя данный сигнал и умножая его на коэффициент 1,5, получаем сигнал E_R .

Дальнейшим матрицированием сигналов в нужной пропорции с узкополосным яркостным сигналом E_{Y01} получим сигнал

$$E_G = E_{Y01} - \frac{2}{3}E_B - \frac{1}{3}E_R.$$

Во избежание значительных колориметрических ошибок из полученных узкополосных сигналов E_G , E_R , E_B , вообще говоря, целесообразно сформировать правильный узкополосный сигнал яркости в виде

$$E_{Y1} = E_R + E_G + E_B,$$

а затем, вычитая этот сигнал из широкополосного входного сигнала E_{Y0} , выделить высокочастотную часть сигнала яркости в виде

$$\Delta E_{Y0} = E_{Y0} - E_{Y1} \quad (\text{или } \Delta E_1 = E_{Y0} - E_G).$$

Данная компонента, как и ранее рассмотренная компонента ΔG ($E_{G \text{ в.ч.}}$), в тракте приемника (при декодировании) должна использоваться путем «замешивания» на все три катода кинескопа для обеспечения баланса белого на мелких деталях передаваемой сцены.

После прохождения γ -коррекции сигналы E'_G , E'_R , E'_B и ΔE_1 поступают в выходную матрицу, которая обеспечивает получение обычных сигналов E'_Y , D'_R , D'_B для подачи на кодирующее устройство стандартной системы цветного телевидения.

Достоинствами данной системы является наличие одной поднесущей, эффективное использование светового потока, слабая зависимость цветопередачи от нелинейности строчной развертки и простота обработки видеосигналов. К недостаткам следует отнести трудность получения достаточно высокого отношения сигнал/шум в каналах цветности за счет многократных операций матрицирования, требуемых для разделения цветовых сигналов. Поэтому данная система (как и частотная) требует применения передающих трубок с высокими контрастно-частотными характеристиками. Повышение частоты поднесущей затруднено, так как при этом падает глубина модуляции сигналов цветности, а за счет используемых операций матрицирования трудно сохранить требуе-

мое отношение сигнал/шум, т. е. в данной системе сложнее решается и вопрос повышения разрешающей способности за счет простого повышения частоты поднесущей цветности. Поэтому данная система нашла ограниченное применение в бытовой видеозаписи и промышленности.

Система имеет модификации, отличающиеся особенностями детектирования цветных сигналов, в частности, с помощью второй гармоники поднесущей частоты [41]. В этом варианте система имеет поднесущую частоту цвета 3,25 МГц, а полоса пропускания предварительного усилителя рассчитывается на пропускание второй гармоники поднесущей (6,5 МГц).

Наиболее известные камеры, использующие эту систему, — камеры фирмы JVC типа G-31P, G-71P выпуска 1979 г.

Основные параметры данных этих камер приведены в табл. 1.4.

1.2.6. Трехэлектродная система

Трехэлектродная система является аналогом обычных трехтрубных камер. Основу системы образует так называемая трехсигнальная передающая трубка со штриховыми светофильтрами основных цветов (RGB). Сигнальная пластина трубки выполнена в виде трех одинаковых секций, каждая в виде «гребенки», напротив зубцов которых расположены соответствующие полосы свето-

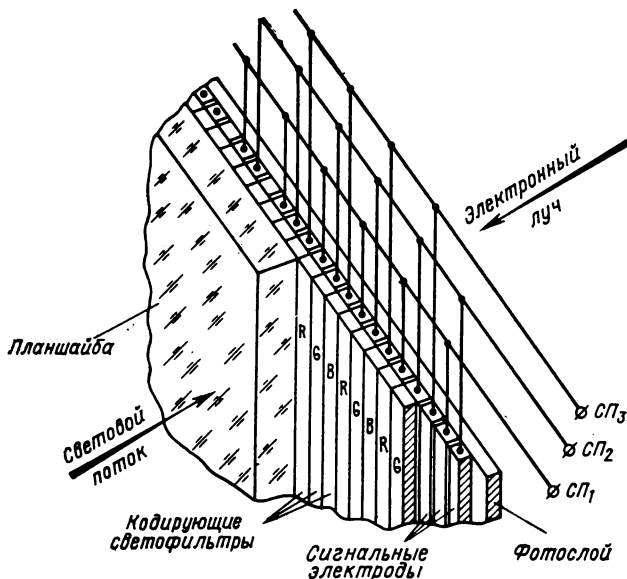


Рис. 1.20. Структура мишени трехсигнальной передающей трубки фирмы Hitachi (Япония)

фильтров. Поэтому иногда эту систему называют системой с секционированной мишенью. С выводов трех секций сигнальной пластины снимаются сразу три низкочастотных сигнала: E_R , E_G , E_B . Система разработана в начале 70-х годов фирмой Hitachi [42]. Первые попытки создания трехцветного видеоконкрета предпринимались еще в 50-х годах, однако существовавший тогда уровень техники не позволил создать серийно способную камеру из-за больших шумов [5]. На рис. 1.20 приведена упрощенная структура мишени трехэлектродной (или трехсигнальной) передающей трубки фирмы Hitachi, а на рис. 1.21 — упрощенная структурная схема однотрубочной камеры данной системы.

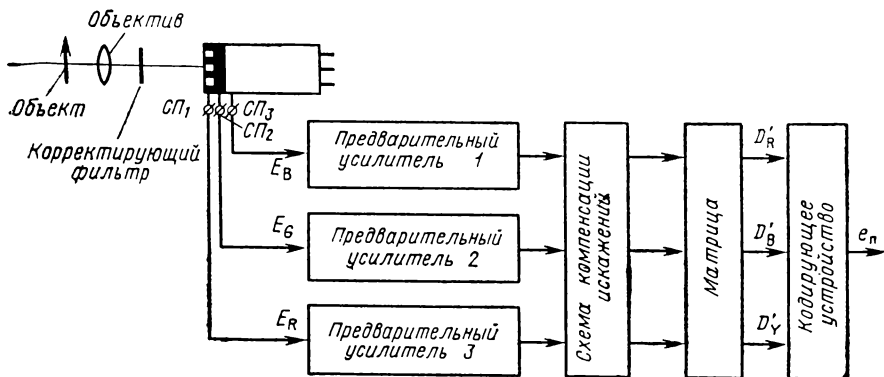


Рис. 1.21. Структурная схема камеры на трехсигнальной передающей трубке

Разделение мишени трубки на три части снижает светочувствительность и разрешающую способность камеры, приводит к утроению всех узлов, начиная с предварительных усилителей. В отличие от других однотрубочных камер в данной системе необходим блок коррекции искажений для снижения влияния перекрестных помех за счет межсекционных емкостей (которые могут достигать 200 пФ), что приведет к уменьшению отношения сигнал/шум в цветowych каналах. Основным недостатком системы является высокая сложность в изготовлении мишени трубки (и соответственно высокая стоимость передающей трубки) и трудность получения разрешающей способности более 300 ТВЛ (для этого требуется применение расширенного входного окна трубки), что ограничивает возможные области ее применения. Однако в технике бытовой видеозаписи данная система используется достаточно широко. Камеры этого типа имеют наиболее простую структуру видеотракта и могут иметь параметры, приближающиеся к уровню современной репортажной аппаратуры.

Параметры наиболее известных однотрубочных камер на трубках с секционированной мишенью приведены в табл. 1.4 [44, 45]

1.2.7. Прочие системы

Рассмотренные основные системы пространственно-световой дискретизации изображения, используемые в однотрубных малогабаритных камерах цветного телевидения, как упоминалось выше, имеют много разновидностей. Однако можно отметить, что разновидности основных систем ПСДИ, как правило, не приводят к качественным различиям разработанных однотрубных камер, которые имеют лишь иное техническое исполнение и соответственно стоимость. По мере совершенствования элементной базы параметры камер различных систем будут различаться незначительно и на первом плане, по-видимому, окажется стоимость реализации той или иной системы.

Основное направление исследований и разработок новых систем ПСДИ направлено на создание однотрубных МКЦТ с повышенной разрешающей способностью и свободных в той или иной мере от помех, и прежде всего муаров, вызванных дискретизацией изображения [46, 47].

В настоящее время уже известны однотрубные камеры с горизонтально расположенными штриховыми фильтрами. Здесь прежде всего следует отметить разработки фирмы «Ниппон Бикута кк.» (Япония). В однотрубных МКЦТ данной фирмы для повышения разрешающей способности по горизонтали мишень передающей трубки содержит три группы чередующихся горизонтальных полосок: желтой, голубой и прозрачной. Каждая полоска расположена параллельно строкам раstra, а по ширине соответствует двум строкам. Для разделения цветовых сигналов выходной сигнал с трубки через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) подается к двум параллельным запоминающим устройствам (ЗУ), каждое из которых имеет емкость на одно поле. С выходов ЗУ сигналы считываются поочередно и через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) поступают на демодулятор для разделения цветовых составляющих, а затем на кодирующее устройство стандартной системы цветного телевидения NTSC. В других вариантах такой камеры этой же фирмы для разделения сигналов цветности сигнал с выхода предварительного усилителя камеры через АЦП записывается в ЗУ на кадр, откуда затем считывается так, чтобы в каждой строке была информация о всех цветах исходного изображения. Этот сигнал через ЦАП поступает на демодулятор для разделения цветовых составляющих сигнала цветности. Выходные сигналы демодулятора E_Y , E_{R-Y} , E_{B-Y} проходят через вторую цепочку АЦП, ЗУ, ЦАП, после чего из сигналов с выхода ЦАП второй цепочки формируется сигнал стандартной системы.

Для разделения цветовых сигналов в таких камерах может быть использовано также изменение направления сканирования (коммутация разверток), т. е. переключение отклоняющих катушек строчной и кадровой разверток. При повороте на 90° направления сканирования изменяется соответственно алгоритм разделения цветовых сигналов. Когда луч движется перпендикулярно полоскам светофильтров, сигнал с выхода предварительного усилителя подается на синхронные детекторы и разделяется на цветовые составляющие по фазе со сдвигом на 120° каждый, а при обратном повороте направления сканирования сигнал перед демодулятором (т. е. перед устройством выделения сигналов цветности) проходит через цепочку из АЦП, ЗУ на кадр и ЦАП.

В ЗУ на кадр компенсируется изменение направления развертки. Затем демодулированные сигналы подаются на вход кодирующего устройства стандартной системы цветного телевидения. В последнем случае при коммутации разверток на угол 90° и использовании синхронного детектирования данная система аналогична рассмотренным индексным системам.

Выводы. Таким образом, существует много путей создания малогабаритных камер цветного телевидения и все они имеют возможности для дальнейшего развития. Среди них следует отметить следующие:

создание МКЦТ на базе трехтрубчатых портативных камер через улучшение их компонентной базы и конструкции;

создание МКЦТ через уменьшение числа датчиков сигнала (и соответственно каналов видеотракта) за счет использования одной или двух передающих трубок;

создание МКЦТ через использование нескольких преобразователей изображения (трех или двух) на основе ТПИ (ПЗС, ФПЗС);

создание МКЦТ через использование одного преобразователя на основе ТПИ.

При разработке МКЦТ на базе однотрубчатых камер предпочтение следует отдавать фазовой или индексной системе ПСДИ, так как именно в этих системах заложены наибольшие возможности для получения наилучших параметров разрабатываемых камер.

Глава 2.

ВЫБОР СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННО-СВЕТОВОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

2.1. Особенности построения видеотракта камер фазовой и индексной систем

При разработке различных радиотехнических устройств обычно стремятся к тому, чтобы принятое сообщение было по возможности тождественно переданному. В связи с этим решают (помимо задачи анализа) обратную задачу — задачу синтеза оптимальной структуры устройства, которая воспроизводила бы соответствующие сигналы с наименьшими искажениями в определенном смысле. Для решения данной задачи используют аппарат теории оптимальных методов радиоприема [48—51]. В результате решения задачи синтеза получают два важных результата: определяют оптимальную структуру видеотракта, которая при данном способе передачи обеспечивает наилучшие параметры декодирующего устройства по выбранным критериям, и находят рабочие характерис-

тики этой структуры видеотракта (например, предельное отношение сигнал/шум в каналах цветности и разрешающую способность в канале яркости). Сравнение характеристик оптимальной структуры видеотракта с характеристиками его реальной структуры позволяет сделать вывод о целесообразности работы над техническим усовершенствованием реальной системы.

Для использования камер в различных областях применения (в том числе бытовой видеозаписи) наиболее подходят фазовая и индексная (на трубке триинкон) системы. Сравнение характеристик оптимальных структур видеотракта фазовой и индексной систем ПСДИ позволяет сделать выбор наилучшей из них и определить пути разработки новой системы, свободной от недостатков. Поскольку кодирующие устройства стандартной системы цветного телевидения в камерах построены идентично, целесообразно проводить исследование той части видеотракта камер обеих систем, в которой осуществляется выделение цветных сигналов, подвергнутых пространственно-световой дискретизации в мишенном узле передающей трубки с помощью штриховых светофильтров. Каналы сигналов яркости камер обеих систем целесообразно исключить из рассмотрения, так как из материалов гл. 1 следует, что они идентичны.

Для детализации анализа рассмотрим образование сигнала в фазовой системе. Колебание поднесущей цветности, формируемое штриховым светофильтром, можно представить в виде функции

$$f(t) = A \sin \omega t,$$

где ω — круговая частота поднесущей от штрихового светофильтра; A — амплитуда колебаний.

При изменении фазы поднесущей цветности на 2π в m строках сигнал в строке l описывается уравнением [43, 52]

$$f(t) = A \sin \left[\omega \left(t - \frac{l}{m} T \right) - \frac{l}{m} 2\pi \right], \quad (2.1)$$

$$\frac{l}{m} T \leq t \leq \frac{l+1}{m} T; \quad l = 0, 1, \dots, m-1; \quad T = \frac{m}{F_2}.$$

Это выражение можно представить в виде ряда Фурье

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \exp \left(j \frac{2\pi n}{T} t \right),$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \exp \left(-j \frac{2\pi n}{T} t \right) dt.$$

При этом (2.1) имеет вид

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{l=0}^{m-1} \frac{2A}{\omega T - 2\pi n} \sin \frac{\omega T - 2\pi n}{2m} \sin \left[\frac{2\pi n t}{T} + \frac{\omega T - 2\pi n}{2m} - \frac{2\pi(n+1)l}{m} \right], \quad (2.2)$$

где $\omega \neq \frac{2\pi n}{T}$,

или

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{l=0}^{m-1} \frac{A}{m} \sin \left[\frac{2\pi n}{T} t - \frac{2\pi l}{m} (n+1) \right], \quad (2.3)$$

где $\omega = \frac{2\pi n}{T}$.

Полагая в (2.2) и (2.3) $m=1, l=0$, получаем

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{A}{\pi \left(\frac{F}{F_z} - n \right)} \sin \pi \left(\frac{F}{F_z} - n \right) \times \\ \times \sin \left[2\pi n F_z t + \pi \left(\frac{F}{F_z} - n \right) \right], \quad (2.4)$$

где $F \neq nF_z$,

или

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A \sin 2\pi n F_z(t), \quad (2.5)$$

где $F = nF_z$,

т. е. компоненты спектра поднесушей цветности от вертикального светофильтра являются гармониками частоты строк F_z . Сигнал поднесушей от наклонного светофильтра (при $m=2, l=0,1$)

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{A}{\pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{1}{2} \right) \right]} \sin \pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{1}{2} \right) \right] \times \\ \times \sin \left\{ (2k-1) \pi F_z t + \pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{1}{2} \right) \right] \right\}, \quad (2.6)$$

где $F \neq \left(k - \frac{1}{2} \right) F_z$,

или

$$f(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A \sin(2k-1)\pi F_z t, \quad (2.7)$$

где $F = \left(k - \frac{1}{2}\right) F_z$,

т. е. частотный спектр поднесущей цветности представлен нечетными гармониками полустрочной частоты $F_z/2$. Суммарный спектр выходного сигнала, таким образом, оказывается уплотненным. Аналогично может быть рассмотрен случай, когда фаза поднесущей в m строках запаздывает на 2π . Тогда сигнал в строке l описывается уравнением

$$f(t) = A \sin \left[\omega \left(t - \frac{l}{m} T \right) + \frac{l}{m} 2\pi \right]. \quad (2.8)$$

Представляя его в виде ряда Фурье, получаем

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{l=0}^{m-1} \frac{2A}{\omega T - 2\pi n} \sin \frac{\omega T - 2\pi n}{2m} \sin \left\{ \frac{2\pi n}{T} t + \frac{\omega T - 2\pi n}{2m} - \frac{2\pi(n-1)l}{m} \right\}, \quad (2.9)$$

где $\omega \neq \frac{2\pi n}{T}$,

или

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{l=0}^{m-1} \frac{A}{m} \sin \left[\frac{2\pi n}{T} t - \frac{2\pi l}{m} (n-1) \right], \quad (2.10)$$

где $\omega = \frac{2\pi n}{T}$.

Если дискретизация осуществляется двумя наклонными штриховыми светофильтрами, фаза сигнала от которых изменяется на $\pm 2\pi$ в шести ($m=6$) или трех ($m=3$) строках, то компоненты выходного спектра поднесущей цветности можно найти из уравнений

$$f(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A}{\pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{1}{6} \right) \right]} \sin \pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{1}{6} \right) \right] \times \\ \times \sin \left\{ 2(6k-1)\pi \frac{F_z}{6} t + \pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{1}{6} \right) \right] \right\}, \quad (2.11)$$

где $F \neq (6k - 1) \frac{F_z}{6}$,

$$\text{или} \quad f(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A \sin 2(6k - 1) \pi \frac{F_z}{6} t, \quad (2.12)$$

где $F = (6k - 1) \frac{F_z}{6}$;

$$f(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{A}{\pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{2}{3} \right) \right]} \sin \pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{2}{3} \right) \right] \times \\ \times \sin \left\{ 2(3k - 2) \pi \frac{F_z}{3} t + \pi \left[\frac{F}{F_z} - \left(k - \frac{2}{3} \right) \right] \right\}, \quad (2.13)$$

где $F \neq (3k - 2) \frac{F_z}{3}$,

$$\text{или} \quad f(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A \sin 2(3k - 2) \pi \frac{F_z}{3} t, \quad (2.14)$$

где $F = (3k - 2) \frac{F_z}{3}$,

т. е. компоненты спектра поднесущей цветности в фазовой системе с симметрично наклонными штриховыми светофильтрами представляются в виде гармоник частоты $\frac{1}{6} F_z$ кратностью $(6k-1)$ при изменении фазы на $\pm 2\pi$ в шести строках или в виде гармоник частоты $\frac{1}{3} F_z$ кратностью $(3k-2)$ при изменении фазы на $\pm 2\pi$ в трех строках. Таким образом, дискретизация в фазовой системе имеет многовариантный характер.

Для разделения сигналов цветности требуется гребенчатый фильтр, содержащий линии задержки на соответствующее число строк. На рис. 2.1 приведены рассмотренные варианты наклона штриховых светофильтров и образования поднесущей, поясняющие приведенные рассуждения.

Разделение сигналов по фазе гребенчатым фильтром приводит к утере полезной информации за счет усреднения сигналов соответствующего числа строк [4]. Поэтому целесообразно рассматривать фазовую систему, в которой наклон штриховых светофильтров

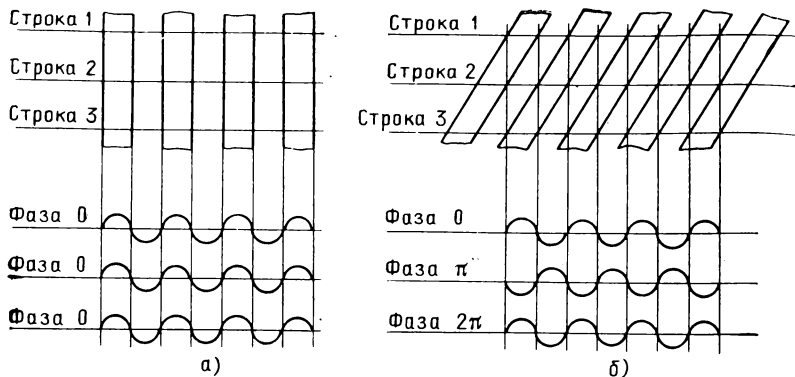


Рис. 2.1. Многовариантность дискретизации в фазовой системе: а — образование поднесущей цветности от вертикальных штрихов; б — то же от наклонных штрихов

обеспечивает изменение фазы в минимально возможном числе строк. Из рассмотренного выше следует, что таким вариантом является изменение фазы на $\pm\pi/2$ в двух соседних строках одного поля. При этом разделение сигналов цветности гребенчатым фильтром приводит к усреднению сигналов двух строк и соответственно — к снижению цветовой четкости по вертикали в 2 раза, что в ряде случаев допустимо.

Выберем частоту поднесущей цветности от штриховых светофильтров равной частоте поднесущей цветности сигнала системы NTSC, получим

$$\begin{aligned}
 F &= (2n + 1) \frac{1}{2} F_z = nF_z + \frac{1}{2} F_z = (2r + 1) \frac{1}{2} F_z = \\
 &= rF_k + \frac{1}{2} F_k = 455 \left(\frac{1}{2} F_z \right),
 \end{aligned}$$

где n и r — целые числа.

Таким образом, спектр поднесущей цветности в фазовой системе соответствует спектру поднесущей цветности NTSC. На рис. 2.2 показано расположение компонентов частотного спектра, соответствующего выражениям (2.5) и (2.7).

В нашей стране в течение 1979—1986 гг. были разработаны опытные образцы однотрубных камер цветного телевидения для систем бытовой видеозаписи на базе обеих систем ПСДИ. Структурные схемы устройств выделения сигналов (УВС) основных цветов камер индексной и фазовой («Электроника ТК-01Ц») систем ПСДИ показаны на рис. 2.3 и 2.4. Ниже, в гл. 5 (рис. 5.34), приведена структура мишени передающей трубки ЛИ-487 камеры «Электроника ТК-01Ц» со штриховыми светофильтрами желтого

Рис. 2.2. Спектр колебания поднесущей цветности в случае вертикальных и наклонных штриховых светофильтров

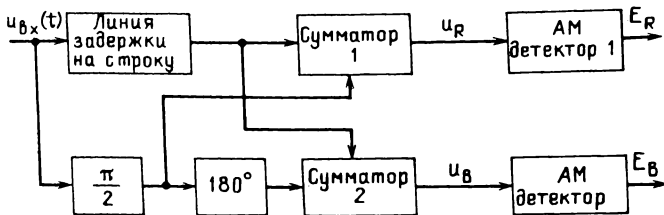
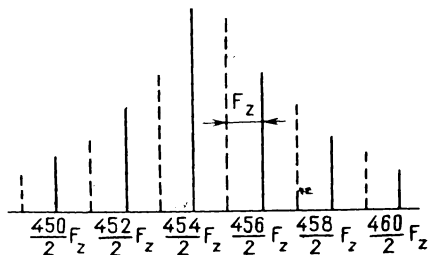


Рис. 2.3. Структурная схема устройства выделения сигналов основных цветов однотрубной камеры «Электроника ТК-01Ц» фазовой системы (канал цветности)

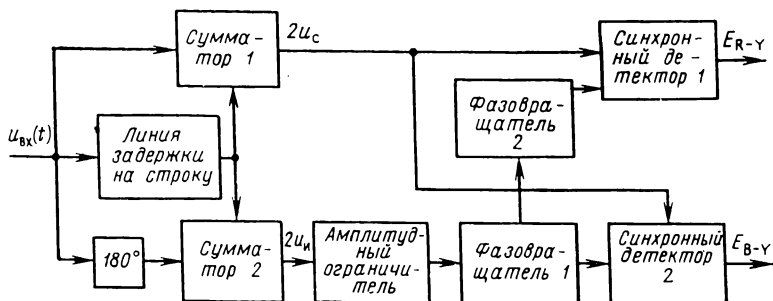


Рис. 2.4. Структурная схема устройства выделения сигналов основных цветов разработанной однотрубной камеры индексной системы с передающей ЭЛТ типа триникон (канал цветности)

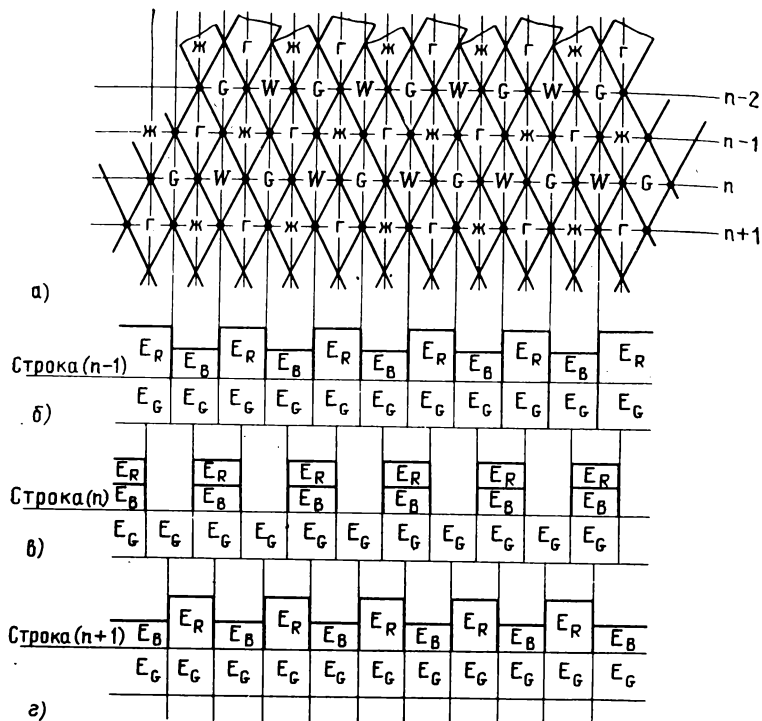


Рис. 2.5. Схема образования сигналов в смежных строках фазовой системы: а — структура кодирующих фильтров мишени передающей трубки типа ЛИ-487; б, в, г — сигналы в смежных строках (n-1), n, (n+1)

и голубого цветов. Образование сигналов в строках (n-1), n, (n+1) при передаче белого поля показано на рис. 2.5, б, в, г [54]:

$$u_{n-1} = E_G + \frac{E_R}{2} + \frac{E_B}{2} + a(U_R - U_B) \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right), \quad (2.15)$$

$$u_n = E_G + \frac{E_R}{2} + \frac{E_B}{2} + a(U_R + U_B) \sin \omega t. \quad (2.16)$$

На выходах сумматоров УВС получаем сигналы соответственно

$$(U_R + U_B) \sin \omega t + (U_R - U_B) \sin \omega t = 2U_R \sin \omega t = u_R, \quad (2.17)$$

$$(U_R + U_B) \sin \omega t - (U_R - U_B) \sin \omega t = 2U_B \sin \omega t = u_B. \quad (2.18)$$

Основным функциональным узлом схем на рис. 2.3 и 2.4 является гребенчатый фильтр (ГФ) с линией задержки на 64 мкс, который обеспечивает подавление сигнала другого канала на 30...40 дБ [5, 55].

Сравнивая структурные схемы УВС системы с тринионом и фазовой, можно заметить, что они аналогичны схеме разделения сигнала цветности на квадратурные составляющие в приемнике системы PAL. На рис. 2.6 приведена упрощенная структурная схе-

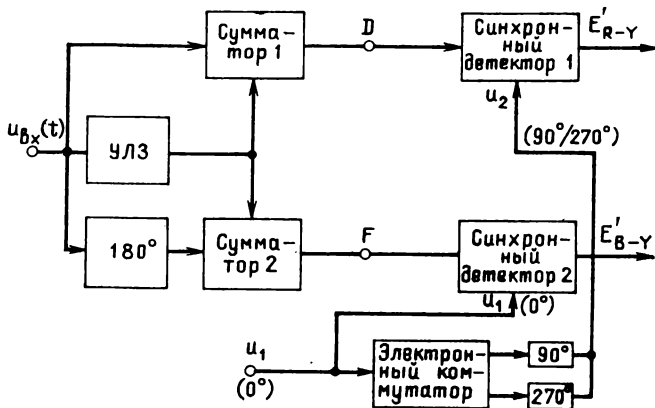


Рис. 2.6. Структурная схема декодирующего устройства системы PAL с линией задержки на 63,94325 мкс

ма декодирующего устройства системы PAL с линией задержки на строку [4]. Аналогично сигналу цветности системы PAL для сигналов цветности на выходе индексной системы с трубкой тринион имеют место соотношения

$$u_{ц} = \text{Re} \{ [U + jg(t)V] e^{i\omega t} \},$$

$$u_{и} = U_{и} \text{Re} \{ [-1 + jg(t)] e^{i\omega t} \},$$

где $u_{ц}$ — сигнал цветности; $u_{и}$ — индексный сигнал в момент времени t ; $g(t)$ — коммутирующая функция (квадратные импульсы с периодом $2H$ и частотой повторения f , где $f = 1/2H = F_z/2$, F_z — частота строк); $g(t) = 1$ в строках $2n$, $(2n+2)$, $(2n+4)$ и т. д.; $g(t) = -1$ в строках $(2n+1)$, $(2n+3)$, $(2n+5)$ и т. д.

Перемена полярности $g(t)$ совпадает во времени с ведущими краями стробирующих импульсов, имеющих частоту повторения, равную частоте строк F_z .

Сигналы $U + g(t)V = u_{ц}$ могут быть выделены, так как они отличаются сдвигом по фазе на 90° (т. е. умножением сигнала U на j) и коммутацией фазы на 180° от строки к строке в сигнале $g(t)V$ (т. е. введением множителя $g(t)$ в сигнал V). Отличие по этим двум признакам позволяет в приемнике PAL получить отдельно сигналы U_U и U_V с меньшими искажениями, чем в системе NTSC (в которой сигналы U и V отличаются только одним признаком — сдвигом фазы на 90°) [4]. Сигнал цветных вспышек в системе PAL аналогичен индексному сигналу в системе с тринионом, который также формируется из прямоугольных импульсов

частоты $F_z/2$. В результате сложения и вычитания соседних строк в точках D и F (рис. 2.7) получаются сигналы

$$u_D = u_{\text{н}}(t) + u_{\text{н}}(t - H) = 2U \cos \omega t = 2U_U = 2 \operatorname{Re}(U e^{j\omega t}),$$

$$u_F = u_{\text{н}}(t) - u_{\text{н}}(t - H) = 2g(t)V \cos \omega t = 2jg(t)UV = 2 \operatorname{Re}[jg(t)V e^{j\omega t}].$$

Амплитудно-частотные характеристики декодирующего устройства системы PAL приведены на рис. 2.7; АЧХ декодирующего устройства системы PAL соответствует АЧХ гребенчатого фильтра фазовой системы с одной линией задержки. Для данной схемы ГФ

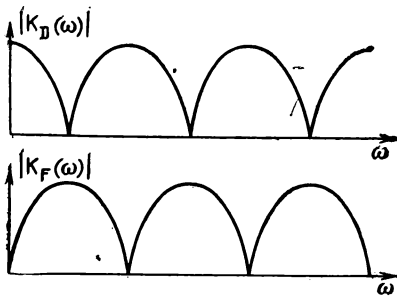


Рис. 2.7. Амплитудно-частотная характеристика декодирующего устройства системы PAL в точках D и F

характерна значительная чувствительность к изменениям частоты поднесущей цветности. В настоящее время разработаны ГФ с двумя и более линиями задержки на строку, обеспечивающие более глубокое подавление квадратурных сигналов (на 40... 60 дБ) и имеющие слабую зависимость характеристики от изменений частоты, однако данный путь, как указывалось выше, приводит к ухудшению разрешающей способности по вертикали, а также к усложнению настройки, увеличению габаритов и стоимости камеры. На рис. 2.8 и 2.9

приведены структурная схема ГФ с двумя линиями задержки на строку и ее АЧХ [5], на рис. 2.10 — зависимость глубины подавления паразитного сигнала от относительной нестабильности частоты поднесущей цветности для обоих типов ГФ.

Как показано в [4], на выходах D и F сумматоров декодирующего устройства системы PAL (см. рис 2.6) имеют место удвоенные амплитуды шумовых компонентов видеосигнала по сравнению

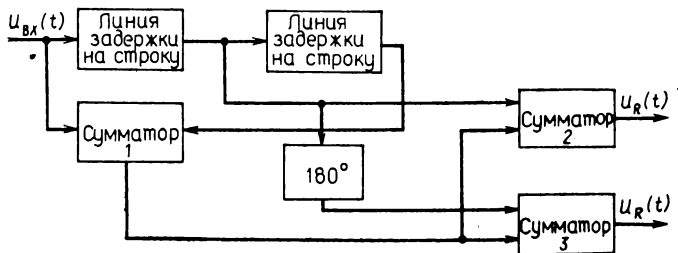
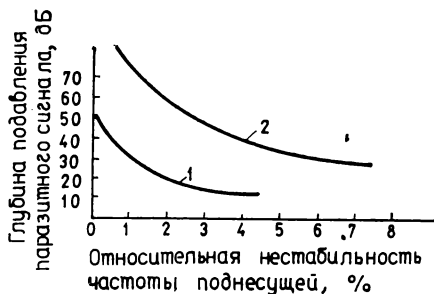


Рис. 2.8. Структурная схема гребенчатого фильтра с двумя линиями задержки

Рис. 2.10. Зависимость глубины подавления паразитного сигнала от относительной нестабильности частоты поднесущей сигнала цветности для обих типов ГФ:
 1 — с одной линией задержки; 2 — с двумя линиями задержки



с точкой *A*, поскольку мощности шумов в прямом и задержанном сигналах складываются. Мощность сигнала в точке *D* в 4 раза больше, чем в точке *A*, так как $|K_D(\omega)|^2$ имеет максимальное значение, равное 4. Аналогично в точке *F*. Таким образом, схема на рис. 2.6 аналогична схемам гребенчатых фильтров с одной линией задержки, используемым в фазовой системе и системе с триниконным однотрубочных камер; она улучшает отношение сигнал/шум в соответствующих видеосигналах в $\sqrt{2}$ раз.

2.2. Квадратурные помехи в фазовой и индексной системах

Как показано в [4], гармоническое колебание с произвольной фазой φ и круговой частотой ω можно представить в виде суммы двух гармонических колебаний с такой же частотой ω , но имеющих сдвиг фаз между собой:

$$\begin{aligned} A \sin(\omega t + \varphi) &= A_1 \sin \omega t + A_2 \sin(\omega t - \xi) = \\ &= A_1 \sin \omega t + A_2 (\sin \omega t \cos \xi + \cos \omega t \sin \xi) = \\ &= (A_1 + A_2 \cos \xi) \sin \omega t + A_2 \sin \xi \cos \omega t = \\ &= A (\sin \omega t \cos \varphi + \cos \omega t \sin \varphi), \end{aligned}$$

где $A_1 + A_2 \cos \xi = A \cos \varphi$; $A_2 \sin \xi = A \sin \varphi$. Таким образом, в исследуемых системах аналогично вещательным системам NTSC и PAL имеет место квадратурная модуляция и соответствующие сигналы могут быть выделены.

Для избежания перекрестных помех между квадратурными сигналами (для схемы на рис. 2.6 сигналы U_U и U_V), если фазы поднесущих колебаний неправильные, необходимо строго соблюдать равенство прямого и задержанного сигналов. Это характерно для фазовой системы. Однако, как следует из рассмотренных вариантов дискретизации, в фазовой системе штриховые светофильтры пересекаются. Это приводит к их размещению на планшайбе трубки в разных плоскостях и соответственно к различию в оптимальной величине фокусирующего тока I_f для каждой группы штриховых фильтров. Отклонения фокусирующего тока приводят к нарушению соотношений между высокочастотными сигналами u_R и u_B , разбалансировке гребенчатого фильтра, появлению перекрестных помех и нарушению цветового баланса по полю в выходном изображении.

На рис. 2.11 приведены зависимости амплитуд u_R и u_B от изменения I_f , подтверждающие данное положение. Если фазы правильные, то благодаря квадратурности сигналов U_U и U_V послед-

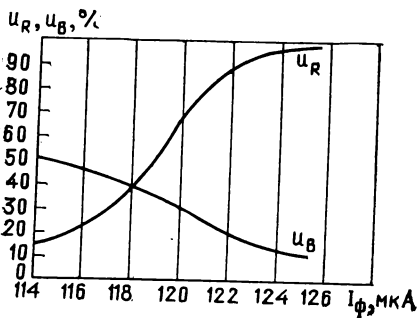


Рис. 2.11. Зависимость амплитуд сигналов цветности u_R и u_B в фазовой системе от изменения фокусирующего тока

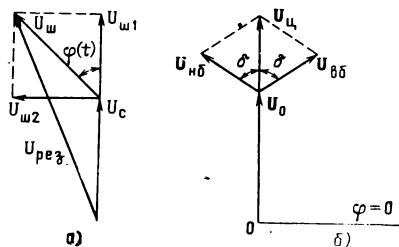


Рис. 2.12. Диаграмма входного напряжения шума в синхронном детекторе в системе с триниконом (а) и векторная диаграмма для колебания несущей частоты U_0 , верхнего и нижнего боковых колебаний $U_{вв}$, $U_{нб}$ и суммы боковых колебаний $U_ц$ на выходе обычного амплитудного модулятора (б)

ние не создают перекрестных помех на выходах соответствующих синхронных детекторов даже при неравенстве амплитуд прямого и задержанного сигналов. Это имеет место в системе с триниконом. Поскольку штриховые фильтры в этой системе одинаковые и не пересекаются, то технологически они выполняются в одной плоскости, что позволяет обеспечить одинаковые условия фокусировки для каждого из них и хороший цветовой баланс по полю.

Другой особенностью индексной системы с триниконом, как показано на рис. 2.4, является синхронное детектирование. В данном случае синхродетекторы могут считаться линейными, так как опорное напряжение (сигнал индексации) значительно больше действующих значений сигнала и шума и исключено явление подавления слабого сигнала сильным шумом [56]. Поэтому здесь также применим принцип суперпозиции. Благодаря фазовой избирательности синхронный детектор нечувствителен к квадратурной составляющей шума, сдвинутой относительно сигнала на 90° . В соответствии с изложенным на рис. 2.12, *a* приведена диаграмма входного напряжения шума в синхронном детекторе для системы с триниконом. Результирующая величина шумовой компоненты определяется из соотношения

$$U_{\text{ш}}^2(t) = U_{\text{ш1}}^2(t) + U_{\text{ш2}}^2(t) = \{U_{\text{ш}}(t) \cos \varphi(t)\}^2 + \{U_{\text{ш}}(t) \sin \varphi(t)\}^2 = [U_{\text{ш}}(t) \cos \varphi(t)]^2,$$

где $U_{\text{ш2}}(t)$ — квадратурная составляющая шума; $U_{\text{ш}}(t) \cos \varphi(t)$ — действующая в сигнале составляющая шума (на выходе детектора). Полагая распределение угла $\varphi(t)$ в пределах $0 \dots 2\pi$ равномерным, можно считать, что средние квадраты обеих составляющих равны квадрату эффективного напряжения шумов, т. е.

$$\bar{U}_{\text{ш1}}^2(t) = \bar{U}_{\text{ш2}}^2(t) = \bar{U}_{\text{ш}}^2(t).$$

В то же время можно записать $\bar{U}_{\text{ш}}^2(t) = \bar{U}_{\text{ш1}}^2(t) + \bar{U}_{\text{ш2}}^2(t) = 2U_{\text{ш}}^2$. То есть устраняя действие квадратурной компоненты шума при слабом сигнале, при разделении сигналов цветности и индексного можно уменьшить мощность шумов на выходе синхродетектора в 2 раза и во столько же раз (в пределе) улучшить отношение сигнал/шум. Действие синхродетектора в общем случае затруднено при слабых сигналах, однако в системе с триниконом сигнал синхронизации постоянен независимо от сюжета и других факторов, так как он представлен индексным сигналом, формируемым электрическим путем на мишени трубки из импульсов $F_z/2$.

Таким образом, в данном случае на выходное напряжение влияет только синфазная составляющая шума $U_{\text{ш1}}(t)$, причем чем меньше амплитуда входного сигнала U_c , тем большее влияние на выходной сигнал оказывает шумовая синфазная компонента $U_{\text{ш1}}$.

Следует отметить, что хотя в фазовой системе вместо АМ-детекторов могут быть использованы синхродетекторы, однако условия их работы значительно хуже, чем в рассмотренной системе с триниконом. Это объясняется тем, что в качестве опорного колебания поднесущей в таком случае должна использоваться сама поднесущая сигналов цветности, однако в зависимости от сюжета (условий съемки) ее амплитуда нестабильна. Как отмечалось выше, синхронное детектирование обеспечивает выигрыш в отношении сигнал/шум за счет подавления квадратурной составляющей

шума на слабых сигналах только при достаточном уровне опорного сигнала, что имеет место лишь в индексной системе с триниконом (в других индексных системах амплитуда сигнала индексации зависит от передаваемого сюжета, что ухудшает условия детектирования и не дает каких-либо преимуществ).

Таким образом, с точки зрения отношения сигнал/шум в каналах цветности система с триниконом имеет преимущество, которое на слабых сигналах может достигать 2. Это означает, что при прочих равных параметрах поднесущая частота сигналов цветности в системе с триниконом может быть перенесена в область более высоких частот по сравнению с фазовой системой на косвике не менее чем на 1 МГц, что обеспечивает возможность увеличения разрешающей способности камеры с триниконом в канале яркости приблизительно на 100 ТВЛ (при том же диаметре трубки).

Как известно, основная причина квадратурных помех в системе NTSC с разнополосными сигналами E'_I и E'_Q — различие в ширине верхней и нижней боковых полос. Для их подавления в приемнике используют фильтр на выходе синхронного детектора СД-Q с полосой пропускания 0,6 МГц. Другой путь устранения этих помех — выбор равнополосных сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y} с полосой по 0,6 МГц [4]. Данная помеха образует окрашенный муар на вертикальных границах между цветами (искажениями цветового тона).

В фазовой системе имеют место симметричные боковые колебания. Соответствующая векторная диаграмма для колебаний несущей частоты U_0 , верхнего бокового колебания $U_{вб}$, нижнего бокового колебания $U_{нб}$ и суммы боковых колебаний $U_{ц}$ на выходе обычного амплитудного модулятора приведена на рис. 2.12, б. Вектор $U_{ц}$ совпадает по фазе с вектором U_0 . Углы δ монотонно изменяются от 0 до 2π , так как векторы $U_{вб}$ и $U_{нб}$ вращаются. Векторы $U_{вб}$ и $U_{нб}$ равны по величине, и квадратурная помеха не образуется.

В индексной системе с триниконом (аналогично системе PAL) квадратурные помехи отсутствуют. Однако между фазовой и индексной системами ПСДИ в отношении квадратурных помех существует значительная разница, которая состоит в следующем.

Пусть светодискретизирующие полоски светофильтра имеют, например, волнистость 0,5 мкм при ширине каждой полоски $\tau = 10$ мкм и частоте поднесущей $f_{РВ} = 4,3$ МГц. Период поднесущей $T = 1/f_{РВ} = 1/4,3 = 0,233$ мкс. Величина волнистости 0,5 мкм относительно ширины полоски 10 мкм составляет 5%. А так как $T_1 = 2\tau = 20$ мкм, то максимальное изменение периода поднесущей ΔT_{\max} не превышает 2,5%, т. е. $\Delta T_{\max} = 0,006$ мкс. Тогда новый период поднесущей $T_1 = T + \Delta T_{\max} = 0,233 + 0,006 = 0,239$ мкс (или

наоборот: $T_2 = T - \Delta T_{\text{макс}} = 0,233 - 0,006 = 0,227$ мкс) и ей соответствует частота поднесущей $f_1 = 1/(T + \Delta T) = 4,18$ МГц (или 4,405 МГц). А так как волнистости желтого (ж) и голубого (г) светофильтров не могут совпадать по своему закону на всей строке, то при разделении E_R и E_B сигналов возникают квадратурные помехи в сигналах цветности на выходе соответствующих сумматоров гребенчатого фильтра за счет отклонения спектров нижней и верхней боковых частот от исходного, которые далее детектируются в детекторах каналов R и B, и образуются низкочастотные биения разностной частоты $4,3 \pm 4,18$ МГц = 0,12 МГц, попадающие в канал яркости при последующей обработке и создающие дополнительный муар. Кроме того, ухудшается качество цветопередачи выходного изображения, так как поднесущая f_{RB} выходит за пределы эффективной полосы пропускания полосового фильтра в УВС на 0,1...0,2 МГц, что ограничивает полосу от 0,5...0,6 до 0,3...0,4 МГц.

Таким образом, как показали проведенные исследования, волнистость полосок светофильтров должна быть не более 0,2 мкм, что является весьма жестким требованием для существующих методов фотолитографии. Отсюда следует другой путь: допуск на волнистость может быть оставлен в пределах 0,5 мкм, но при этом волнистость полосок от полоски к полоске должна быть распределена по случайному закону или иметь определенный закон распределения, когда уменьшение толщины одной полоски соответствует увеличению толщины другой полоски на той же строке на ту же величину. То есть данный вид помех хотя и невозможно полностью устранить, но можно придать им структуру флуктуационного шума за счет специального искривления полосок по определенному закону или за счет придания границам полосок нормального распределения.

В системе же с триниконом волнистость полосок не приводит к появлению квадратурных искажений и биений разностной частоты, попадающих в канал яркости, а лишь уменьшается насыщенность цвета за счет ухода поднесущей за пределы эффективной полосы пропускания полосового фильтра в УВС. Из этого можно сделать вывод, что в индексной системе с триниконом допуск на волнистость полосок светофильтров менее жесткий, чем в фазовой, хотя в данной системе требуется высокая точность совмещения штриховых светофильтров с гребенками проводящих полосок соответствующих сигнальных пластин.

В соответствии с теорией гребенчатых фильтров [55] и физическими свойствами реальной системы в фазовой системе имеет место некоторая расстройка гребенчатого фильтра, что приводит к тому, что в выходных сигналах u_R и u_B присутствуют помехи, вызванные наличием паразитного сигнала другого канала. Основными причинами этих помех (называемых в литературе «меж-

строчными «биениями цветности»), снижающих качество цветопередачи на границах наблюдаемых цветных объектов (например при передаче испытательной таблицы вертикальных цветных полос), как указывалось в гл. 1, являются разрегулировка цепи гребенчатого фильтра или значительная несинхронность строчной развертки. В [57] дополнительно указывается на большое влияние точности согласования времен задержки и согласования наклонов фазовых характеристик прямого канала и канала задержки гребенчатого фильтра. Исследования разработанного образца камеры фазовой системы «Электроника ТК-01Ц» подтвердили наличие этих помех и позволили выявить некоторые причины их возникновения:

невозможность точной настройки УЛЗ в гребенчатом фильтре на крайние частоты ВЧ-канала;

неточность настройки или изготовления УЛЗ (T_{64} — не соответствует необходимому числу периодов поднесущей);

смещение штриховых фильтров относительно вертикальной оси раstra.

Все эти причины приводят к взаимодействию дискретных спектров исходных сигналов между собой и ослабляют подавляющие свойства гребенчатого фильтра. В частности, хотя в фазовой системе желтый и голубой кодирующие светофильтры ориентированы относительно вертикальной оси под одним и тем же углом, теоретически имеют одну и ту же частоту и противоположные фазы в смежных строках одного поля, тем не менее в реальной системе всегда имеются факторы, создающие ошибочные фазовые сдвиги, препятствующие точному разделению сигналов цветности гребенчатым фильтром. Аналогично и для дополнительной разностной частоты, которая возникает при смещении штрихов одного из фильтров относительно другого и соответственно относительно вертикальной оси раstra в фазовой системе. Причинами такого смещения в реальной системе могут являться:

неточность запрессовки мишенного узла в колбу трубки типа дефлекtron;

неточность ориентации самих штрихов обоих фильтров относительно друг друга на планшайбе;

ошибки в фотошаблонах обоих типов фильтров, при которых отличается их ширина в направлении сканирования;

волнистость полосок штриховых светофильтров (в том числе шероховатость поверхности планшайбы, на которую наносятся светофильтры);

значительная нелинейность строчной развертки (более 4...5%); неоптимальный электрический режим в трубке дефлектрона (особенно по сетке и пластинам дефлектрона), влияющий на разворот раstra и равномерность разрешения по полю, и некоторые другие.

В [58] приводится методика настройки камеры фазовой системы, которая позволяет точно устанавливать штриховые светофильтры относительно раstra путем их поворота, однако при использовании передающих трубок типа дефлекtron данная методика неприемлема, так как штриховые фильтры установлены непосредственно на планшайбе, а положение раstra определено параметрами электронно-оптической системы (ЭОС) трубки.

В частотной системе ввиду значительной разности частот f_R и f_B помехи должны быть устранены специальным режекторным фильтром, который вырезает и полезную часть спектра. В фазовой системе разность частот f_R и f_B небольшая и спектр комбинационных частот лежит в области подавления ОФНПЧ. В индексной же системе с триниконом помехи данного типа отсутствуют благодаря аддитивности спектра выходного сигнала. При развороте раstra за счет режима трубки или неточностей при ее запрессовке, а также нелинейности развертки в данной системе возникает фазовый сдвиг, одинаковый для всех светофильтров R, G, B. Данный сдвиг, как показали проведенные исследования разработанных камер, может быть легко учтен при последующем синхронном детектировании в УВС либо скомпенсирован небольшой регулировкой напряжения на сетке трубки, которая позволяет выровнять положение раstra на $0,5 \dots 1^\circ$ относительно вертикали. Поэтому в данной системе требования к перечисленным выше факторам менее жесткие, что подтвердили испытания разработанной камеры индексной системы.

Аналогичное влияние на выходное изображение оказывают бения типа «кросколор», вызванные взаимодействием боковой полосы частот сигнала цветности с высокочастотными компонентами основной полосы частот. При этом образуются промежуточные комбинационные частоты. Особенности возникновения подобных помех, характерных при работе с квадратурными сигналами и при использовании гребенчатых фильтров, исследованы в системах PAL и NTSC [4].

Если обозначить комбинационную частоту, возникающую за счет эффекта «кросколор» в виде f_2 , то в реальной фазовой системе за счет указанных причин будет действовать результирующая помеха, частота которой может быть определена из условия

$$f_n = f_1 \pm f_2,$$

где f_n — частота результирующей помехи; f_1 — разностная частота, возникающая при смещении штрихов одного из светофильтров относительно другого и соответственно относительно вертикальной оси раstra в фазовой системе.

При этом ее влияние на качество цветного изображения будет иметь еще более сложный характер.

Однако компонента помехи f_2 может быть значительно ослаблена, например за счет улучшения характеристик реальных полосовых фильтров или фильтров нижних частот, используемых в УВС для формирования сигналов яркости и цветности, или за счет ограничения полосы частот канала яркости. Но последний путь не является оптимальным, так как приводит к заметному снижению разрешающей способности в яркостном канале. Компромисс может быть достигнут при использовании адаптивного режекторного фильтра на область комбинационных частот или применении новых методов подавления биений, основывающихся на статистических параметрах сигнала и помех. Сочетание перечисленных мер позволит значительно уменьшить заметность помех данного типа на цветовых переходах, а при использовании адаптивной фильтрации в яркостном и цветовых каналах позволит повысить качество и разрешающую способность в целом.

2.3. Критичность к нелинейности строчной развертки

Как было показано выше, индексная система не критична к нелинейности строчной развертки. Требования по данному параметру для фазовой системы необходимо уточнить.

Известно, что нелинейность строчной развертки не оказывает заметного влияния на условие противофазности двух цветовых сигналов в фазовой системе [58]. Однако при разработке однострубочной камеры «Электроника ТК-01Ц» и настройке экспериментальных образцов камер было установлено, что нелинейность пилообразных отклоняющих напряжений, формируемых генераторами строчной (ГСР) и кадровой (ГКР) разверток существенно влияет на качество цветопередачи, что выражается в изменениях цветности ряда участков передаваемого изображения, нарушении цветового баланса по полю (появлении зеленых пятен на изображении) и ухудшении качества передачи вертикальных границ между цветными объектами. Данный эффект заметно усиливался при испытаниях камер на воздействие температуры свыше 25°С, когда линейность пилообразных напряжений, формируемых ГСР, значительно ухудшалась. Это потребовало разработки специальных разверток и соответственно методов измерения нелинейности.

Влияние нелинейности строчной развертки можно кратко пояснить следующим образом. Как известно, ток сигнала на выходе передающей трубки при идеальной коммутации определяется по формуле [59]

$$i_c = \Delta UC/t,$$

где ΔU — глубина потенциального рельефа; C — емкость некоторого участка мишени; t — время считывания потенциального рельефа. Время считывания можно определить через скорость раз-

вертки лучом поверхности мишени на элементарном отрезке ΔS ; тогда эта зависимость примет вид

$$i_c = \Delta UCv / \Delta S,$$

где v — скорость развертки.

Таким образом, изменение нелинейности развертки приводит к изменению коммутирующих свойств электронного луча и соответственно к изменению тока сигнала. Поэтому увеличение нелинейности развертки в определенном месте раstra приводит к уменьшению тока сигнала с данного участка и нарушению баланса белого, поскольку при этом уменьшается уровень сигнала поднесущей и изменяется его частота так, что она выходит за пределы эффективной полосы пропускания полосового фильтра в устройстве выделения сигналов цветности. Уход поднесущей частоты сигналов цветности за пределы эффективной полосы пропускания полосового фильтра в декодирующем устройстве приводит к ослаблению ВЧ-компоненты сигнала, уменьшению его амплитуды на выходах детекторов и соответственно на входах матрицы. Аналогичное влияние оказывает и нарушение соотношений между цветовыми сигналами на выходе предварительного усилителя, например при изменениях глубины модуляции соответствующих сигналов.

Следствием отклонения частоты поднесущей от исходной является ослабление подавляющих свойств гребенчатого фильтра. Зависимость подавляющих свойств гребенчатого фильтра от девиации частоты поднесущей приведена на рис. 2.10. Ослабление подавляющих свойств гребенчатого фильтра за счет нелинейности развертки в данной системе связано с тем, что на строке 64 мкс укладывается нецелое число периодов поднесущей и задержанный сигнал отличается от незадержанного не на $\pm \pi/2$. В результате ухудшается разделение сигналов и появляются муаровые помехи в каналах цветности, интенсивность которых зависит от нелинейности. В результате указанных причин ухудшается отношение сигнал/шум в каналах цветности.

Эксперименты по измерению нелинейности проводились с помощью измерителя растровых искажений типа ИРИ-3Н. На рис. 2.13 приведена структурная схема эксперимента при измерении нелинейности разверток. При измерениях использовалась таблица 0365 (0365М) и образцы камер «Электроника ТК-01Ц», ФАС-1800 (ФРГ), WV-3030E (Япония).

Методика испытаний соответствует методике измерения нелинейных искажений для видеоконтрольных устройств ВК150М, 151М (ИРО.204.000 ТУ). Нелинейные искажения рассчитывались по формуле

$$K_n = \frac{2(a_{\text{макс}} - a_{\text{мин}})}{a_{\text{макс}} + a_{\text{мин}}} 100\%,$$

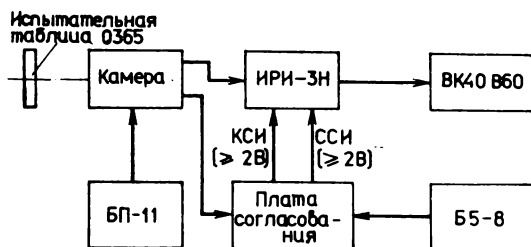


Рис. 2.13. Структурная схема эксперимента при измерении нелинейности разверток

где a_{\max} , a_{\min} — максимальный и минимальный размеры сторон измеряемых квадратов (в единицах времени или относительных единицах по ручкам отсчета ИРИ). Для расчета принимались во внимание длины сторон измерительных квадратов таблицы 0365 (0365М), лежащих в одном ряду (по вертикали — при измерении нелинейности по кадру или по горизонтали — при измерении нелинейности по строке).

Блок питания БП-11 камеры «Электроника ТК-01Ц» обеспечивал испытываемые камеры напряжением питания 12 В. Блок питания Б5-8 обеспечивал питание платы согласования напряжением 12 В, необходимой для формирования строчных и кадровых синхронизирующих импульсов размахом не менее 2 В на $R_n = 75 \text{ Ом}$ для подачи последних на измеритель растровых искажений (ИРИ). Черно-белое видеоконтрольное устройство (ВКУ) типа ВК40В60 обеспечивало наблюдение на экране оптической (с камеры) и электронной таблиц (с ИРИ) при измерениях.

В табл. 2.1 приведены результаты испытаний. Значение нелинейности (K_n) для измеряемых квадратов в камере WV-3030E на косвике $\varnothing 18 \text{ мм}$ не превышает 3,3%. При этом площадь цветного изображения с нарушением баланса белого не превышает 10...15%, что приемлемо для камер бытовых систем видеозаписи. Значение K_n для экспериментального образца камеры «Электроника ТК-01Ц» не превышает 5%, что также можно считать приемлемым, так как качество изображения при этом соответствует субъективной оценке по шкале МККР «удовлетворительно» [60].

На рис. 2.14 приведена зависимость качества изображения от нелинейности строчной развертки по методу субъективной оценки МККР для камеры «Электроника ТК-01Ц» (кривая 1) и для обычной камеры черно-белого изображения типа КТ-3 (кривая 2). Для сравнения приведена теоретическая зависимость (кривая 3) для МКЦТ частотной системы.

Однако следует отметить, что значение нелинейности около 3% находится на границе приборной точности ИРИ, что, несомненно,

Результаты испытаний камер фазовой системы

Тип камеры	Квад-рат	Сго-рона	Отсчет по ИРИ-3Н	Раз-но-сть	Отсчет по ИРИ-3Н	Раз-но-сть	Отсчет по ИРИ-3Н	Раз-но-сть	Отсчет по ИРИ-3Н	Раз-но-сть	Площадь изображе-ния с на-рушением баланса, %		
WV-3030E	B-B	B	123 (B-2)	182 (B-3)	59	241 (B-4)	59	595 (B-10)	655 (B-11)	60	715 (B-12)	60	1,7
		B	123 (B-2)	182 (B-3)	59	241 (B-4)	59	595 (B-10)	654 (B-11)	59	715 (B-12)	61	3,3
	E-D	D	123 (D-2)	182 (D-3)	59	241 (D-4)	59	592 (D-10)	651 (D-11)	59	711 (D-12)	60	1,7
		E	122 (E-2)	181 (E-3)	59	240 (E-4)	59	591 (E-10)	650 (E-11)	59	711 (E-12)	61	3,3
	И-3	З	119 (З-2)	178 (З-3)	59	238 (З-4)	60	589 (З-10)	648 (З-11)	59	709 (З-12)	61	3,3
		И	117 (И-2)	176 (И-3)	59	236 (И-4)	60	588 (И-10)	648 (И-11)	60	708 (И-12)	60	1,7
Электрон-ка ТК-01Ц	B-B	B	121 (B-2)	181 (B-3)	60	242 (B-4)	61	594 (B-10)	655 (B-11)	61	717 (B-12)	62	3,2
		B	121 (B-2)	180 (B-3)	59	240 (B-4)	60	594 (B-10)	653 (B-11)	59	714 (B-12)	61	3,3
	E-D	D	120 (D-2)	179 (D-3)	59	240 (D-4)	61	593 (D-10)	653 (D-11)	60	713 (D-12)	60	3,3
		E	119 (E-2)	179 (E-3)	60	241 (E-4)	62	592 (E-10)	652 (E-11)	60	712 (E-12)	60	3,2
	И-3	З	117 (З-2)	176 (З-3)	59	238 (З-4)	62	587 (З-10)	648 (З-11)	61	710 (З-12)	62	4,9
		И	116 (И-2)	176 (И-3)	60	239 (И-4)	63	586 (И-10)	648 (И-11)	62	711 (И-12)	63	4,9

15...20

10...15

Примечания. 1. Полученные экспериментально значения H для генератора кадровой развертки не превышают 5...7%, что соответствует требованиям, предъявляемым большинству совместных ГКР различных телевизионных камер.
2. Значение H для камеры FAS-1800 на косвинконе $\varnothing 26$ мм соответствует приведенным в таблице значениям.

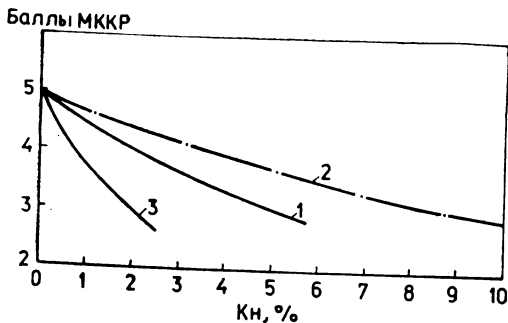


Рис. 2.14. Зависимость качества изображения от нелинейности строчной развертки по методу субъективной оценки МККР [60] в разработанной камере фазовой системы «Электроника ТК-01Ц» (кривая 1), в камере черно-белого изображения КТ-3 (кривая 2) и в камере частотной системы (кривая 3)

вносит заметную погрешность в полученные результаты. Поэтому получение реальных отсчетов, выражающих зависимость качества цветопередачи (или площади изображения с нарушенным балансом) от нелинейности отклоняющих пилообразных напряжений ГСР затруднено. В настоящее время разработаны более сложные и более точные методы измерения нелинейности строчной и кадровой разверток, основанные, например, на измерении временных интервалов между линиями искаженной и неискаженной электронных сеток, записанных на мишень запоминающей электронно-лучевой трубки (ЗЭЛТ) типа литокон с использованием измеряемого и прецизионного генераторов разверток [61]. Приведенные результаты позволяют сделать выводы о заметном влиянии нелинейности на качество цветного изображения.

Как видно из приведенных данных, для использования фазовой системы ПСДИ в однотрубных камерах необходима разработка ГСР с повышенными требованиями по нелинейности формируемых отклоняющих пилообразных напряжений, что усложнит настройку последних в серийном производстве, так как требуется специальное метрологическое обеспечение.

Из приведенных результатов можно сделать вывод, что требования к нелинейности строчной развертки в фазовой системе несколько ниже, чем в частотной, и выше, чем в индексных системах. Удовлетворительные результаты получаются при $K_n \leq 4 \dots 5\%$.

Требования по нелинейности к кадровой развертке аналогичны требованиям, предъявляемым к ГСР различных типов существующих камер.

2.4. Влияние импульсов полустрочной частоты на качество изображения

В индексной системе с триниконом опорный сигнал для синхронного детектирования формируется из импульсов $F_z/2$. Такое формирование индексного сигнала связано с секционированием

сигнальной пластины передающей трубки, наличием специального трансформатора на входе предварительного усилителя (ПУ) и использованием двухтактного преобразователя напряжения для питания узлов камеры и получения импульсов $F_z/2$.

Как показали проведенные исследования разработанных образцов камер индексной и фазовой систем, использование двухтактных преобразователей напряжения в однотрубных МКЦТ приводит к паразитной модуляции строк растра импульсами полустрочной частоты за счет различия величин пульсаций питающих напряжений трубки в соседних строках (особенно по аноду), что проявляется в изображении в виде перемещающихся в вертикальном направлении разнояркостных строк растра (цветного или черно-белого). Эффект хорошо заметен как на изображении, так и при закрытой диафрагме объектива на экране ВКУ.

В экспериментальных образцах однотрубных камер «Электроника ТК-01Ц» исследовались как двухтактные, так и однотактные преобразователи. Результаты исследований оказались приблизительно одинаковыми по всем основным параметрам, за исключением двух: при использовании однотактного преобразователя отсутствует помеха полустрочной частоты типа «паразитная модуляция строк», в то время как при использовании двухтактного преобразователя требовались дополнительные меры ее устранения (экранировка трансформатора, мостовые схемы выпрямления и т. п.). Кроме того, в случае однотактного преобразователя массогабаритные параметры (при использовании идентичной элементной базы) оказались несколько лучше (приблизительно на 10...15%). Поэтому можно сделать вывод о нецелесообразности применения в камерах с различными методами кодирования и разделения цветовых сигналов преобразователей одного типа. В системах с трубкой типа триникон, требующих формирования индексного сигнала с помощью импульсов полустрочной частоты, необходим двухтактный преобразователь, а в камерах фазовых систем целесообразно применять однотактный преобразователь [62].

Однако питание сигнальных пластин трубки триникон напряжением, имеющим различную амплитуду от строки к строке (размах меандра, подаваемого на обе гребенки, составляет 0,5 В), приводит к нескольким дополнительным негативным факторам: изменениям тока сигнала на выходе трубки в соседних строках; смещениям рабочей точки транзистора первого каскада ПУ; детектированию меандра $F_z/2$ каскадами видеотракта.

Изменение тока сигнала трубки в соседних строках происходит в данной системе за счет протекающего в нестационарном режиме процесса перезаряда емкости мишени. При использовании мишени, ток через которую зависит от приложенного к ней напряжения, эта зависимость будет влиять также на изменения тока сигналь-

ной пластины при изменении ее потенциала, т. е. наложение сигнала $F_z/2$ эквивалентно введению в выходной сигнал трубки триникон мультипликативной модулирующей помехи, причем данная помеха остается в канале сигнала E_y после ограничения высокочастотной части, содержащей поднесущую цветности. Уменьшение заметности этих искажений в разработанных практических конструкциях камер было достигнуто с помощью специальных мер и лишь частично, что позволяет сделать вывод о том, что для индексной системы с триникомом, в отличие от фазовой, характерны яркостные искажения типа «паразитная модуляция строк», которые являются особенностью системы. В настоящее время имеются технические решения, позволяющие уменьшить заметность этого рода помех. Очевидно, что поиск путей устранения данных помех следует вести в направлении новых методов формирования индексного сигнала. Тем не менее уже достигнутый уровень данных помех, характеризующий качество выходного изображения по шкале МККР как «хорошее» [60], позволяет широко использовать данную систему в различных областях народного хозяйства, в том числе в бытовой и профессиональной видеозаписи.

Выводы. При разработке однотрубочных МКЦТ различного назначения и выборе используемой системы ПСДИ следует руководствоваться требуемыми конкретными техническими параметрами применительно к заданной области применения и условиям окружающей среды.

Для большинства применений удовлетворяют фазовая и индексная системы ПСДИ, степень сложности реализации которых в схемотехническом отношении приблизительно одинакова.

В стоимостном отношении реализация камеры фазовой системы обходится дешевле, чем индексной на триниконе, но и параметры камер оказываются несколько ниже.

Основными преимуществами индексной системы на триниконе являются:

- отсутствие квадратурных помех;

- более высокое отношение сигнал/шум в каналах цветности;

- слабая критичность к нелинейности разверток;

- более высокое качество формируемого цветного изображения и некоторые другие.

К достоинствам фазовой системы следует отнести отсутствие необходимости в импульсах $F_z/2$, приводящих к возникновению помех.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМ ПРОСТРАНСТВЕННО-СВЕТОВОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ И МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ

3.1. Анализ математической модели систем пространственно-световой дискретизации изображения

Входное изображение, прецируемое на мишень передающей трубки в однотрубной камере, подвергается двойной дискретизации: с одной стороны — штриховыми дискретизирующими светофильтрами, с другой — считывающим электронным лучом. Поэтому большое значение представляют разработка и анализ соответствующей математической модели с точки зрения возможных помех.

В [63] приводятся сведения о природе шума пространственной дискретизации изображения при его разложении в телевизионный растр. Однако данный вопрос применительно к системам ПСДИ в однотрубных камерах на передающих трубках со штриховыми светофильтрами ранее не рассматривался.

Структурная схема системы передачи изображения и ее классическая математическая модель приведены в [64]. Применительно к рассматриваемой задаче данную модель можно использовать, дополнив ее новым функциональным узлом, осуществляющим на входе светозлектрического преобразователя пространственно-световую дискретизацию изображения. В соответствии с изложенным обобщенная математическая модель систем пространственно-световой дискретизации изображения в камерах цветного телевидения на передающих трубках со штриховыми светофильтрами может быть представлена через оператор системы и соответствующие операторы функциональных узлов в виде

$$B(x, y, t) = P_{\text{эсп}} [P_{\text{кан}} [P_{\text{сэп}} [P_{\text{псд}} [A(x, y, t)]]]] = P_{0 \text{ сист}} [A(x, y, t)],$$

$$P_{0 \text{ сист}} = P_{\text{эсп}} P_{\text{кан}} P_{\text{сэп}} P_{\text{псд}},$$

где $P_{0 \text{ сист}}$ — обобщенный оператор системы передачи изображения; $P_{\text{псд}}$ — соответствующий оператор цветокодирующего узла мишени передающей многосигнальной ЭЛТ, осуществляющего пространственно-световую дискретизацию входного изображения; $A(x, y, t)$, $B(x, y, t)$ — функции, соответствующие входному и выходному изображениям в обобщенной модели; $P_{\text{эсп}}$, $P_{\text{кан}}$, $P_{\text{сэп}}$ — операторы соответствующих функциональных узлов (электросветового преобразователя, канала и светозлектрического преобразователя). Данному выражению соответствует рис. 3.1. Модель изображения при решении ряда задач считают функцией двух пространственных координат и времени. Поскольку в однотрубных

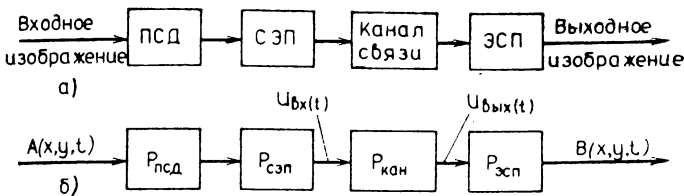


Рис. 3.1. Структурная схема исследуемой системы передачи изображения (а) и ее математическая модель (б)

МКЦТ изображение плоское и является функцией времени, то оно может быть описано функцией $A(x, y, t)$, хотя в общем случае цветное (полихроматическое) изображение является функцией шести аргументов: координат x, y, t , яркости L , длины волны λ и чистоты цвета P . Однако здесь можно ограничиться рассмотрением случая передачи черно-белого изображения испытательной таблицы. Функциям $A(x, y, t)$ и $B(x, y, t)$ соответствует физическая величина — интенсивность изображения в соответствующей точке плоскости x, y в соответствующий момент времени t , например яркость изображения.

Действие штриховых кодирующих светофильтров на мишени трубки аналогично цифровому фильтру, осуществляющему пространственную дискретизацию входной функции $S(t)$, которая выполняется путем ее умножения на вспомогательную периодическую последовательность $y_T(t)$ достаточно коротких тактовых импульсов:

$$S_T(t) = S(t)y_T(t),$$

где $S_T(t)$ — дискретизированный с шагом T сигнал; $y_T(t)$ — тактовая функция; $S(t)$ — исходный периодический световой сигнал.

После перехода к δ -функции имеем

$$S_T(t) = S(t) \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT) = \sum_{-\infty}^{\infty} S(kT) \delta(t - kT),$$

где T — шаг дискретизации (расстояние между соседними отсчетами); k — целые числа ($k=0, 1, 2, \dots$).

Однако при отсутствии штриховых кодирующих светофильтров входная функция подвергается дискретизации электронным лучом в координатах x, y с помощью дискретизирующей растровой функции

$$\begin{aligned} d(x, y) &= A \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(x - n\Delta x) \delta(y - k\Delta y) = \\ &= A \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} a_l [\exp(il\omega_{\Delta x} X)] b_r [\exp(ir\omega_{\Delta y} Y)], \end{aligned} \quad (3.1)$$

где $d(x, y)$ — вторая растровая функция; $\Delta x, \Delta y$ — шаг дискретизации вдоль осей x и y (параметры разложения); A — постоянный коэффициент; $\omega_{dx} = 2\pi/\Delta x$ — растровая частота (частота дискретизации) по горизонтали; $\omega_{dy} = 2\pi/\Delta y$ — растровая частота (частота дискретизации) по вертикали; a_l и b_r — коэффициенты Фурье ($a_l = 1/\Delta x$; $b_r = 1/\Delta y$).

Таким образом, сигнал входного изображения, дважды подвергнутый дискретизации (S_d), имеет вид

$$S_d = S_r(\tau) d(x, y) = S(t) y_r(t) d(x, y). \quad (3.2)$$

Для упрощения анализа примем, что дискретизация изображения осуществляется одной группой вертикальных штриховых светофильтров, например желтых (дискретизацию лучом учитывать не будем). Изображение разлагается в строчный растр только в одном направлении — вдоль оси x (т. е. по строкам). В этом случае растровая функция, соответствующая желтым штрихам (d_j), может быть получена из (3.1). Данное выражение приводится к виду

$$d(x, y) = \frac{A}{\Delta x \Delta y} \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} \exp [i (\omega_{dx} l x + \omega_{dy} r y)].$$

В этом выражении (с учетом разложения только вдоль строк) необходимо положить $\omega_{dx} l x = 0$. Тогда

$$d_j(x, y, t) = T \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(x - kT), \quad (3.3)$$

где T — соответствует периоду решетки ($T = 2\tau$, τ — ширина одного штриха).

Пусть в направлении строки n в поле раstra, содержащем N желтых вертикальных штриховых светофильтров, в точке с координатами $(x_1, x_2; y_1, y_2)$ расположен мелкоструктурный объект протяженностью (по строке) τ или на СЭП проецируется таблица в виде вертикальной штриховой мiры с шириной штрихов, равных

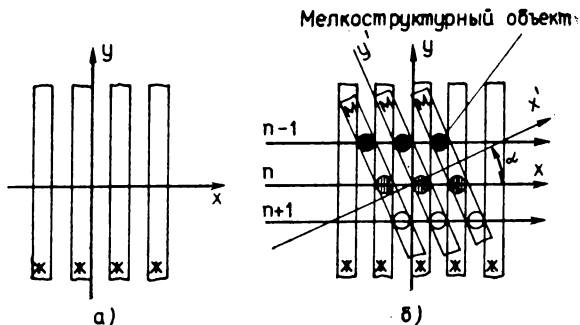


Рис. 3.2. Дискретизация изображения штриховыми светофильтрами (а) и образование помехи дискретизации (б): ж — желтые дискретизирующие светофильтры; м — штриховая мiра

(или близких) τ , причем эта мiра расположена так, что ее линии совпадают со штрихами желтого светофильтра в строках $n, n+2, \dots$ и не совпадают в строках $n-1, n+1, \dots$ (рис. 3.2, а). Тогда растровая функция для проектируемой штриховой мiры (d_m) может быть записана в виде

$$d_m(x', y', t) = T \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(x' - kT) = T \sum_{-\infty}^{\infty} a_1 e^{i\omega_{1x} x'}.$$

В соответствии с правилом преобразования прямоугольных координат имеем

$$x = x' \cos \alpha - y' \sin \alpha,$$

$$y = x' \sin \alpha + y' \cos \alpha.$$

Отсюда можно получить выражения для координат

$$x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha,$$

$$y' = -x \sin \alpha + y \cos \alpha.$$

Тогда

$$d_m(x, y, t) = T \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(x \cos \alpha + y \sin \alpha - kT). \quad (3.4)$$

Спектр функции (3.3) имеет вид

$$S_{\text{ж}}(\omega_x, \omega_y, \omega) = (2\pi)^3 \delta(\omega) \sum_{m_1} \delta(\omega_x - m_1 \omega_{\tau}),$$

где $\omega_x, \omega_y, \omega$ — пространственные и временная круговые частоты; $\omega_{\tau} = 2\pi/T$ — пространственная круговая частота желтого светофильтра.

Аналогично спектр растровой функции штриховой мiры

$$S_m(\omega_x, \omega_y, \omega) = (2\pi)^3 \delta(\omega) \sum_{m_2} \delta(\omega_x - m_2 \omega_{\tau} \cos \alpha) \delta(\omega_y - m_2 \omega_{\tau} \sin \alpha). \quad (3.5)$$

Результирующий сигнал S_n дискретизированного изображения находится произведением сигнала исходного изображения и соответствующих растровых функций:

$$S_n = S_{\tau} d_{\text{ж}} d_m.$$

Спектр изображения, прошедшего через желтые полосы и решетку испытательной мiры, может быть найден сверткой спектров $S_{\text{ж}}$ и S_m по теореме о спектре произведения двух функций:

$$\begin{aligned} S_{\text{жм}}(\omega_x, \omega_y, \omega) &= \frac{1}{(2\pi)^3} S_{\text{ж}}(\omega_x, \omega_y, \omega) * S_m(\omega_x, \omega_y, \omega) = \\ &= (2\pi)^3 \delta(\omega) \sum_{m_1, m_2} \delta(\omega_x - m_1 \omega_{\tau} - m_2 \omega_{\tau} \cos \alpha) \delta(\omega_y - m_2 \omega_{\tau} \sin \alpha). \quad (3.6) \end{aligned}$$

Учитывая, что спектр функции дискретизации лучом (S_L) аналогичен рассмотренному для функции (3.3), запишем [65]

$$S_L(\omega_x, \omega_y, \omega) = (2\pi)^3 \delta(\omega_x) \sum_{n_1, n_2} \delta(\omega_y - n_1 \omega_r) \delta\left(\omega + n_1 \frac{\omega_p}{2} - n_2 \omega_p\right), \quad (3.7)$$

где $\omega_r = 2\pi/P$ — пространственная круговая частота строчной структуры раstra (P — расстояние между соседними строками); $\omega_p = 2\pi/T_p$ — пространственная круговая частота полей. Результирующий спектр тройной дискретизации имеет вид

$$\begin{aligned} S_p(\omega_x, \omega_y, \omega) &= S_{жм}(\omega_x, \omega_y, \omega) * S_L(\omega_x, \omega_y, \omega) = \\ &= (2\pi)^3 \sum_{\substack{m_1, m_2 \\ n_1, n_2}} \delta(\omega_x - m_1, \omega_y - m_2 \omega_r \cos \alpha) \delta(\omega_y - m_2 \omega_r \sin \alpha - n_1 \omega_r) \times \\ &\quad \times \delta\left(\omega + n_1 \frac{\omega_p}{2} - n_2 \omega_p\right), \end{aligned} \quad (3.8)$$

где $S_p(\omega_x, \omega_y, \omega)$ — результирующий спектр дискретизированного изображения. Учитывая, что в любой телевизионной камере минимальный промежуток, разрешаемый по осям x и y , не превышает $2P$ (при дискретизации лучом), а мелькания заметны при частоте полей, меньше 50 Гц, в результирующем спектре $S_p(\omega_x, \omega_y, \omega)$ следует учитывать только те компоненты, которые находятся в пределах эллипсоида вращения, определяемого из выражения [66, 67]

$$\frac{\omega_x^2}{\omega_r^2} + \frac{\omega_y^2}{\omega_r^2} + \frac{\omega^2}{\omega_p^2} = 1.$$

Подставляя сюда значения $\omega = 0$ и $\omega = \omega_p/2$, получаем

$$\omega_x^2 + \omega_y^2 \leq \omega_r^2, \quad (3.9)$$

$$\omega_x^2 + \omega_y^2 \leq \omega_r^2 - \frac{1}{4} \omega_r^2 = \frac{3}{4} \omega_r^2. \quad (3.10)$$

На плоскости выражения (3.9), (3.10) соответствуют окружностям, в которых располагаются координаты мешающих компонентов спектра.

Рассмотренный случай аналогичен системам из двух видов дискретизирующих штрихов — желтого и голубого для фазовой системы. Однако для этого случая процесс дискретизации целесообразно рассматривать вдоль строки n (рис. 3.2, б), поскольку параметры обоих типов штриховых фильтров в точках их пересечения должны полностью совпадать. Тем не менее в реальной фазовой системе всегда есть факторы, приводящие к смещению одной поднесущей цветности относительно другой, что соответствует рассмотренному случаю. На рис. 3.3 приведены результаты расчетов $S_p(\omega_x, \omega_y, \omega)$ для случая, когда штрихи дискретизирую-

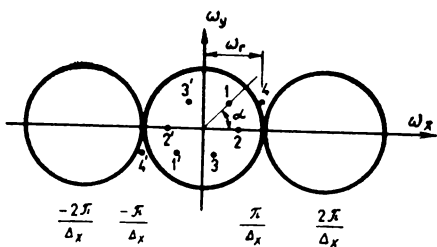


рис. 3.3. Компонент
результующего спектра
выходного сигнала
(при $\omega = 0$)

щего фильтра $d_{ж}$ и штрихи мiры $d_{м}$ (или пространственные частоты наблюдаемого мелкоструктурного изображения) не совпадают (взаимно развернуты) на угол $\alpha = 45^\circ$.

Точки на плоскости ω_x, ω_y соответствуют расположению спектральных компонентов. При $\omega = 0$ помимо постоянной составляющей имеют место четыре пары компонентов порядка не выше первого (см. рис. 3.3). Компоненты 1 и 2 соответствуют пространственным частотам поднесущей желтого светофильтра и наблюдаемой штриховой мiры, а 3 — мультипликативная перекрестная помеха от этих частот. При $\omega = \omega_{п}/2$ внутри круга находятся две пары компонентов и еще две пары — на плоскости $(-\omega_{п}/2)$. Эти четыре пары компонентов определяют помеху частоты 25 Гц.

Аналогично рассмотренному в индексной системе (с эффективным использованием светового потока) имеет место последовательная дискретизация тремя типами штриховых фильтров, расположенных вдоль оси y :

$$d_R(x, y, t) = T \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(x - kT),$$

$$d_G(x, y, t) = T \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(x_1 - kT),$$

$$d_B(x, y, t) = T \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(x_2 - kT),$$

где d_R, d_G, d_B — соответствующие растровые функции каждого светофильтра (красного, зеленого и синего соответственно).

Преобразование координат в этом случае сводится к смещению начала отсчета по оси x . Результирующий спектр сигнала в индексной системе имеет вид

$$\begin{aligned} S_{\text{ри}} &= S_T [S_R(\omega_x, \omega_y, \omega) + S_G(\omega_{x1}, \omega_y, \omega) + S_B(\omega_{x2}, \omega_y, \omega)] = \\ &= S_x(\omega_x, \omega_y, \omega) * S_{\text{RGB}}(\omega_x, \omega_y, \omega), \end{aligned} \quad (3.11)$$

где $S_{\text{RGB}}(\omega_x, \omega_y, \omega)$ — спектр суммы трех дискретизированных изоб-

бражений; $S_{\text{ри}}$ — результирующий спектр сигнала в индексной системе.

Таким образом, результирующий спектр дискретизированного изображения от штриховых фильтров равен свертке спектра изображения от дискретизации лучом и суммы трех спектров от дискретизаций идентичными штриховыми фильтрами. Из этого можно сделать вывод, что в результирующем спектре индексной системы ПСДИ отсутствует мультипликативная компонента помехи дискретизации, вызванная взаимодействием штриховых светофильтров. Переходя в выражении (3.11) к обратному преобразованию, можно получить выражение сигнала в индексной системе в виде

$$u = E_R \left[a_0 + \sum_1^{\infty} a_n \cos(\omega n t + Q_n) \right] + E_G \left[a_0 + \sum_1^{\infty} a_n \cos \left(n \omega t + \frac{2\pi}{3} + Q_n \right) \right] + E_B \left[a_0 + \sum_1^{\infty} a_n \cos \left(n \omega t - \frac{2\pi}{3} + Q_n \right) \right].$$

Отсюда следует вывод, что сигналы в индексной системе могут быть выделены синхронным детектированием. Таким образом, можно заключить, что в индексной системе мультипликативная компонента помехи образуется из взаимодействия растровой функции каждого из штриховых фильтров с растровой функцией, определяющей режим разложения изображения (или с растровой функцией высокочастотных компонентов в исходном изображении, имеющей частоту, равную или близкую частоте штриховых кодирующих светофильтров), а в фазовой системе, кроме того, помеха дискретизации образуется также от дополнительной мультипликативной квадратурной компоненты шума, возникающей от взаимодействия обоих штриховых фильтров между собой в результате отклонения параметров реальной системы от идеальной. Данная помеха имеет собственную частоту:

$$f_3 = f_4 \pm f_5, \quad (3.12)$$

где f_4 и f_5 — соответствующие электрические частоты пространственных частот красного и синего цветоделенных изображений.

Частота f_3 является перекрестной помехой, которая искажает цветопередачу на границах цветных объектов. В случае идеального совпадения параметров обоих штриховых фильтров и их ориентации относительно вертикальной оси раstra в фазовой системе частота f_3 образуется в результате взаимодействия структуры штриховых фильтров с высокочастотными компонентами передаваемой сцены и должна быть устранена из результирующего спектра с помощью так называемого оптического фильтра нижних пространственных частот (ОФНПЧ).

Благодаря идентичности параметров штриховых фильтров в индексной системе с эффективным использованием светового по-

тока и их одинаковой ориентации вдоль оси y , позволяющей разделять цветовые сигналы синхронным детектированием, в данной системе имеет место двойная дискретизация исходного изображения: первичная — за счет разложения лучом, вторичная — группой одинаковых штриховых фильтров различного цвета, а в фазовой — соответственно тройная. Поэтому в фазовой системе ПСДИ качество передачи вертикальных границ между цветными объектами в формируемом цветном изображении хуже, чем у индексной. Кроме того, поскольку в фазовой системе при отклонении наклона штриховых фильтров относительно вертикали от расчетной величины появляется перекрестная мультипликативная компонента помехи пространственной дискретизации, частота которой увеличивается с увеличением угла наклона, то в данной системе должен быть жестко задан допуск на точность ориентации раstra относительно вертикали (или электронного раstra относительно штриховых фильтров), а также допуск на волнистость штриховых фильтров.

Как показали проведенные исследования, суммарная величина отклонения ширины каждого штрихового фильтра в направлении сканирования (по точности ориентации и волнистости) не должна превышать 0,5 мкм (т. е. $\pm 0,25$ мкм), что выполнить очень трудно. Поэтому в фазовой системе необходимо использовать развертки с возможностью точного поворота раstra относительно вертикали. В индексной системе неточность ориентации раstra приводит к одинаковому изменению фазы поднесущей всех трех штриховых фильтров, так как они идентичны, что легко может быть учтено при синхронном детектировании.

При выборе той или иной системы ПСДИ следует учитывать, что чем больше шум пространственной дискретизации, тем меньше должен быть шум от других источников, чтобы общий уровень шума не превысил допустимое значение. Спектральная интенсивность шума пространственной дискретизации при разложении в строчный растр имеет вид

$$S_{\text{ш.д.стр}}(\omega_x, \omega_y) = \lim_{\omega_{dx} \rightarrow \infty} S_{\text{ш.дт}}(\omega_x, \omega_y) = \\ = \sum_{-\infty}^{\infty} |K_n(\omega_x, \omega_y - r\omega_{dy})|^2 S_c(\omega_x, \omega_y - r\omega_{dy}),$$

за исключением члена $r=0$,

где $S_{\text{ш.д.стр}}(\omega_x, \omega_y)$ — спектральная интенсивность шума пространственной дискретизации при разложении изображения в строчный растр; $|K_n(\omega_x, \omega_y)|$ — модуль коэффициента передачи апертуры датчика изображения:

$$S_c(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{S_{\text{из}}} |M_c(\omega_x, \omega_y, j)|^2;$$

$M_c(\omega_x, \omega_y, j)$ — спектр исходного недискретизированного изображения $A(x, y, j)$; $S_{из}$ — площадь прямоугольника, в который вписано изображение ($S_{из} = x_0 y_0$).

В [63] приводятся сведения по виду и составу шума пространственной дискретизации при разложении изображения в строчный растр в линейной системе, когда апертура датчика сигнала изображения представляет собой квадрат со стороной, равной шагу разложения Δ_d ($\omega_d = \omega_{dy} = 2\pi/\Delta_d$). Показано, что в этом случае $S_{ш.д.стр}(\omega_x, \omega_y)$ состоит из двух составляющих шума: флуктуационной — в виде муара и регулярной — в виде линейчатости, причем для правильного обнаружения и опознавания изображений регулярную составляющую можно не учитывать.

Использование апертурной коррекции в видеотракте подчеркивает флуктуационную составляющую шума дискретизации. Чтобы сделать шум пространственной дискретизации незаметным в выходном изображении, необходимо либо увеличить поперечное сечение апертур, что приведет к расфокусировке изображения, либо применить специальные методы его подавления. Поскольку этот шум возникает в результате биений частотных составляющих спектра изображения с частотными составляющими отсчетов (растровой функции), то он представляет собой сумму компонентов, которые можно рассматривать как случайные величины, имеющие случайные амплитуды и фазы. А поскольку условия центральной предельной теоремы для этой суммы выполняются, то распределение шума пространственной дискретизации описывается нормальным законом [63]. Поэтому муаровую компоненту шума пространственной дискретизации можно устранить, используя не только оптические фильтры нижних пространственных частот, но и смещение раstra датчика сигнала или объекта наблюдения от поля к полю или от строки к строке по псевдослучайному закону, как показано в § 3.2. Это позволяет повысить эффективность использования светового потока в камере за счет исключения из оптического тракта ОФНПЧ, а также улучшить массогабаритные параметры оптического устройства за счет использования объективов с коротким задним отрезком.

С учетом выводов, полученных в гл. 2, в индексной системе с эффективным использованием светового потока имеется запас по величине отношения сигнал/шум по сравнению с фазовой приблизительно в 2 раза за счет структуры устройства выделения сигналов цветности. Поэтому можно записать для фазовой и индексной систем выражения для отношения сигнал/шум на выходе эквивалентного фильтра (с учетом фильтрации, осуществляемой наблюдателем при опознавании изображения):

$$\Psi_{\Delta\phi} = S_{сф} \frac{1}{\sqrt{\bar{n}_{ш\phi}^2}}; \quad (3.13)$$

$$\Psi_{\Delta n} = S_{\text{сн}} \frac{1}{\sqrt{\bar{n}_{\text{шн}}^2}}, \quad (3.14)$$

где $\Psi_{\Delta\phi}$ — отношение сигнал/шум на выходе эквивалентного фильтра в фазовой системе; $\Psi_{\Delta n}$ — отношение сигнал/шум на выходе эквивалентного фильтра в индексной системе; $\bar{n}_{\text{шф}}^2$, $\bar{n}_{\text{шн}}^2$ — средние квадраты шума в фазовой и индексной системах соответственно.

При наличии всех источников шума (трубки, канала, приемника, шума пространственной дискретизации и т. п.) в формулы (3.13), (3.14) следует подставить результирующую, т. е. суммарную интенсивность шума, которая находится путем суммирования спектральных интенсивностей отдельных компонент:

$$S_{\text{ш}\Sigma}(\omega_x, \omega_y) = S_{\text{ш1}}(\omega_x, \omega_y) + S_{\text{ш2}}(\omega_x, \omega_y) + \dots$$

При этом результирующее значение среднего квадрата шума

$$\bar{n}_{\text{ш}\Sigma}^2 = \bar{n}_{\text{ш1}}^2 + \bar{n}_{\text{ш2}}^2 + \dots, \quad (3.15)$$

где $\bar{n}_{\text{ш1}}^2$, $\bar{n}_{\text{ш2}}^2$ — средние квадраты шума, создаваемого каждым источником на выходе эквивалентного фильтра.

Таким образом, шумы, создаваемые различными источниками, фильтруются независимо друг от друга, причем независимая фильтрация шумов различных источников (с любой спектральной интенсивностью) имеет место благодаря тому, что коэффициент передачи эквивалентного фильтра наблюдателя не зависит от спектральной интенсивности шума. Это позволяет при расчете результирующего отношения сигнал/шум с учетом эффекта фильтрации (Ψ_{Δ}) независимо рассчитать отношение сигнал/шум каждого источника:

$$\frac{1}{\Psi_{\Delta}^2} = \frac{1}{\Psi_{\Delta 1}^2} + \frac{1}{\Psi_{\Delta 2}^2} + \dots,$$

$$\text{где } \Psi_{\Delta 1} = S_c \frac{1}{\sqrt{\bar{n}_{\text{ш1}}^2}}; \quad \Psi_{\Delta 2} = S_c \frac{1}{\sqrt{\bar{n}_{\text{ш2}}^2}}, \dots$$

Тогда с учетом высказанного ранее положения о наличии в фазовой системе дополнительной мультипликативной помехи пространственной дискретизации за счет неточности ориентации раstra и отклонения параметров гребенчатого фильтра от расчетных для передающей части телевизионной системы (т. е. без учета компоненты шума канала, приемника и т. п.) можно записать для фазовой системы

$$\bar{n}_{\text{шф}}^2 = \bar{n}_{\phi}^2 + \bar{n}_{\text{м}}^2 + \bar{n}_{\text{вс ф}}^2, \quad (3.16)$$

где \bar{n}_{ϕ}^2 — средний квадрат флуктуационной составляющей шума;

\bar{n}_m^2 — средний квадрат дополнительной мультипликативной компоненты флуктуационной составляющей шума в фазовой системе; $\bar{n}_{увс\ \phi}^2$ — средний квадрат компоненты шума, вносимой УВС фазовой системы.

Аналогично для индексной системы

$$\bar{n}_{ши}^2 = \bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_{увс\ и}^2, \quad (3.17)$$

где $\bar{n}_{увс\ и}^2$ — средний квадрат компоненты шума, вносимой УВС индексной системы.

Полагая, что наблюдаемое входное (недискретизированное) изображение в фазовой и индексной системах и параметры датчика сигнала одинаковые, а площади прямоугольников, в которые вписаны изображения на мишени передающей трубки фазовой ($S_{из.\phi}$) и индексной ($S_{из.\ и}$) систем, равны, т. е. $S_{из.\phi} = S_{из.\ и}$, можно в соответствии с (3.16), (3.17) найти соотношение между $\Psi_{\Delta\phi}$ и $\Psi_{\Delta и}$:

$$\Psi_{\Delta\phi} = S_{сф} \frac{1}{\sqrt{\bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_m^2 + \bar{n}_{увс\ \phi}^2}}; \quad \Psi_{\Delta и} = S_{си} \frac{1}{\sqrt{\bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_{увс\ и}^2}}.$$

Тогда

$$\frac{\Psi_{\Delta\phi}}{\Psi_{\Delta и}} = \sqrt{\frac{\bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_{увс\ и}^2}{\bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_m^2 + \bar{n}_{увс\ \phi}^2}}. \quad (3.18)$$

Полагая

$$\frac{\Psi_{\Delta увс\ и}}{\Psi_{\Delta увс\ \phi}} = \frac{S_{си} \sqrt{\bar{n}_{увс\ \phi}^2}}{S_{сф} \sqrt{\bar{n}_{увс\ и}^2}} = A, \quad (3.19)$$

получаем при $A=2$

$$\bar{n}_{увс\ \phi}^2 = 4\bar{n}_{увс\ и}^2.$$

В этом случае выражение (3.18) примет вид

$$\frac{\Psi_{\Delta\phi}}{\Psi_{\Delta и}} = \frac{\sqrt{\bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_{увс\ и}^2}}{\sqrt{\bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_m^2 + 4\bar{n}_{увс\ и}^2}} = \sqrt{\frac{\bar{n}_{\phiс}^2}{\bar{n}_{\phiс}^2 + \bar{n}_m^2 + 3\bar{n}_{увс\ и}^2}}, \quad (3.20)$$

где $\bar{n}_{\phiс}^2 = \bar{n}_\phi^2 + \bar{n}_{увс\ и}^2$ — результирующий шум в индексной системе от пространственной дискретизации и УВС. Полагая в выражении (3.20) $\bar{n}_{увс\ и}^2 = \bar{n}_m^2 = \bar{n}_\phi^2 = 1$, можно получить зависимости (рис. 3.4) отношения сигнал/шум от кратности дискретизации K_d , определяемой по формуле

$$K_d = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} \bar{n}_{mi}^2}{\bar{n}_m^2} = \frac{\bar{n}_{m1}^2 + \bar{n}_{m2}^2 + \bar{n}_{m3}^2 + \dots}{\bar{n}_m^2},$$

где $\bar{n}_{m1}^2 = \bar{n}_{m2}^2 = \dots = \bar{n}_{mi}^2 = 1$ — дополнительные компоненты помех, возникающие при увеличении числа групп дискретизирующих штриховых светофильтров. Очевидно, что в идеальном случае желательно, чтобы выполнялось соотношение $\Psi_{\Delta\phi}/\Psi_{\Delta u} = 1$. Таким образом, как видно из выражения (3.20), в фазовой системе отно.

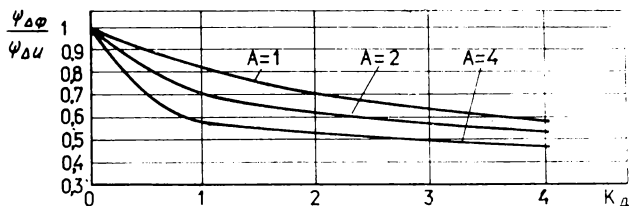


Рис. 3.4. Зависимость отношения сигнал/шум от кратности дискретизации

шение сигнал/шум всегда меньше, чем в индексной. Поэтому для уменьшения результирующего значения среднего квадрата шума в системе передачи изображения, использующей фазовую систему ПСДИ, необходимо применять дополнительные меры по улучшению шумовых характеристик входящих блоков (датчика сигнала, канала, приемника и т. п.). В частности, для этого необходимо производить очень точную установку раstra и настройку гребенчатого фильтра в УВС камеры и использовать датчики сигнала с более эффективными фоточувствительными слоями по величине отношения сигнал/шум. Такими слоями, как показано в табл. 5.8 (см. гл. 5), являются фотослой на основе $Zn-Cd-Te$, в то время как в индексной системе могут быть применены менее эффективные слои на основе $Se-As-Te$ или даже Sb_2S_3 . В соответствии с полученным результатом в разрабатываемых передающих многосигнальных ЭЛТ $\varnothing 13$ мм для перспективных образцов камер целесообразно использовать фотослой на основе $Zn-Cd-Te$. В соответствии с выражениями (3.19) и (3.20) на рис. 3.4 приведены зависимости отношения сигнал/шум от кратности дискретизации.

3.2. Методы подавления помех пространственно-световой дискретизации

Как было показано в § 3.1, одним из видов биений, ухудшающих качество формируемого изображения в однотрубных малогабаритных камерах цветного телевидения (МКЦТ), являются так называемые «пространственные биения», вызванные взаимодействием структуры наблюдаемых объектов (соответствующих им пространственных частот) и структуры штриховых кодирующих

светофильтров, образующей частоту поднесущей сигналов цветности $F_{цв}$. Биения (муар) хорошо заметны на соответствующих отметках вертикальных клиньев испытательных таблиц 0249 или ИТ-72. Существующие методы подавления данных биений основаны преимущественно на дефокусировке изображения оптическим или электрическим путем, что приводит к определенным потерям полезной информации. Более перспективными являются методы, обеспечивающие подавление биений с частичной дефокусировкой. К данным методам можно отнести дифракционные или фазовые решетки, а также оптические элементы с двойным лучепреломлением.

Оптические элементы, осуществляющие данную функцию, называются оптическими фильтрами нижних пространственных частот (ОФНПЧ).

Метод, основанный на подавлении биений за счет дефокусировки изображения по полю, практическую реализацию получил в виде так называемых цилиндрических линз, обеспечивающих дефокусировку передаваемой сцены по горизонтали и располагаемых в оптическом устройстве (ОУ) камеры между объективом и мишенью трубки. Камера цветного телевидения с ОФНПЧ в виде цилиндрических линз описана в [5].

Способы подавления пространственных биений на основе дифракционных решеток, а также так называемых «дырчатых» диффрагм и фазовых решеток широкого применения не нашли: первые — по причине неэффективного использования светового потока, вторые — по причине высокой сложности их изготовления и настройки, а также трудности обеспечения стабильности параметров в диапазоне температур [68].

Существует также способ, основанный на том, что между объективом камеры и мишенью трубки устанавливается плоскопараллельная прозрачная пластинка (скорость распространения волн в которой отличается от скорости распространения волн в окружающей среде), которая с помощью специального электромеханического привода может поворачиваться в заданном ритме вокруг определенной оси относительно направления сканирования. Однако данный способ также не нашел практической реализации в однотрубочных камерах, так как значительно усложняет оптическое устройство камеры. Кроме того, стабильность работы данного устройства зависит от ряда внешних дестабилизирующих механических и климатических факторов.

Наилучший из существующих в настоящее время методов подавления пространственных биений предусматривает использование прозрачных оптических элементов с эффектом двойного лучепреломления (натуральный и синтетический кварц, полевой шпат и др.). Данные элементы наклеивают на планшайбу передающих многосигнальных ЭЛТ или устанавливают в соответствующем мес-

те оптического устройства между мишенью трубки и объективом. Данный способ в настоящее время широко используется в однотрубочных малогабаритных камерах систем бытовой и пролупрофессиональной видеозаписи типа DXС-1610, DXС-1800, HVC-3000S и др. фирмы Sony, а также WVP-55E, WVP-100E фирмы Panasonic, CV-300 фирмы Kopica и др. В соответствии с данным методом в оптический тракт камеры включается дополнительный оптический элемент, который настроен в зависимости от частоты подавляемой цветности на определенную собственную частоту подавления и имеет толщину 3...5 мм. Однако в соответствии с законом Бугера—Ламберта интенсивность плоской световой волны в неоднородной среде уменьшается по мере распространения волны в среде по закону

$$I = I_0 e^{-(\mu+h)d} = I_0 e^{-Md}, \quad (3.21)$$

где I_0, I — интенсивности плоской монохроматической световой волны на входе в слой поглощающего вещества толщиной d и на выходе из него соответственно; μ — линейный коэффициент поглощения света веществом; h — коэффициент экстинкции. Таким образом, имеют место потери света на поглощение и рассеяние. Соответствующие зависимости приведены на рис. 3.5.

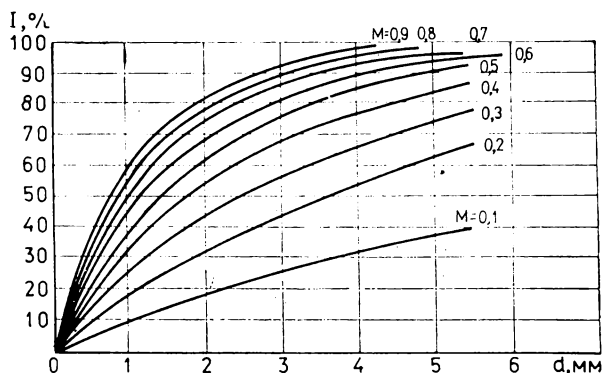


Рис. 3.5 Зависимость интенсивности световой волны от толщины ОФНПЧ

Итак, существующие методы подавления пространственных биений приводят к двум основным негативным факторам:

необходимости увеличения длины заднего отрезка объектива для размещения ОФНПЧ и, как следствие, увеличению габаритов оптического устройства;

снижению чувствительности камеры за счет введения дополнительного оптического элемента.

Исследования показывают, что указанных негативных факторов можно избежать. Для этого подавление биений необходимо осуществить в другом месте оптического тракта, например путем управления режимом сканирования мишени передающей трубки. При эксперименте осуществлялось перемещение центра раstra вдоль строк с частотой полей 50 Гц на величину c . Соответствующие диаграммы приведены на рис. 3.6.

Наилучший эффект подавления биений имеет место, когда в смежных полях (кадрах) осуществляют дискретное псевдослучайное изменение фазы запуска развертки изображения вдоль строк. Для этого следует установить максимальную величину пространственно-временного смещения раstra по горизонтали относительно среднего положения, не превышающую четвертой части длительности периода цветовой поднесушей. Соответственно следует уменьшить обратный ход по строке на величину смещения раstra и вычеркнуть краевые участки видеосигнала, на которые расширяется активная часть строки [69]. При этом происходит не только ослабление муара биений, но и разрушение его структуры, приводящее к тому, что данный муар рассыпается в шумы.

Поскольку в однотрубных МКЦТ частота поднесушей ниже 3,58 МГц не используется, то наибольшее смещение раstra относительно центрального положения составляет не более 70 нс, так как при этом период $T = 1/F_{цв} = 1/3,58 = 0,279$ мкс. При $F_{цв} = 4,3$ и 6,0 МГц смещение раstra относительно центра не

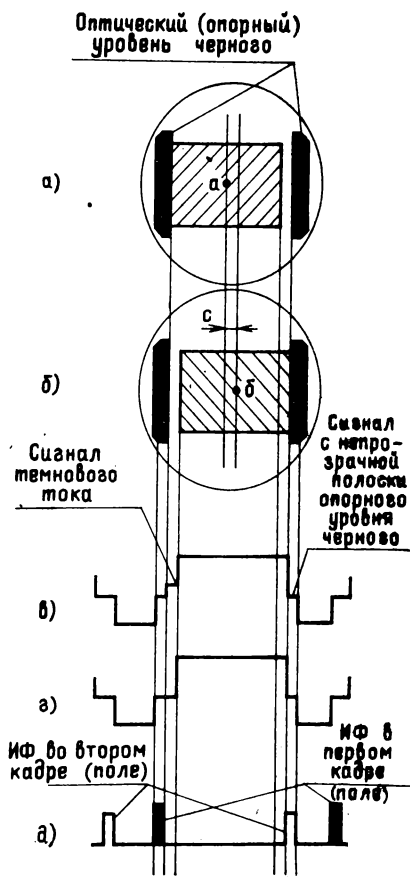


Рис. 3.6. Принцип коммутации раstra в передающей ЭЛТ для устранения пространственных биений:

a — положение раstra на мишени многосигнальной ЭЛТ в первом кадре (поле); b — положение раstra на мишени многосигнальной ЭЛТ во втором кадре (поле); $в$ — диаграмма сигнала белого поля (положение b) для трубок с большим темновым током; $г$ — диаграмма сигнала белого поля (положение b) для трубок с малыми темновыми токами; $д$ — положение импульса фиксации (ИФ) от кадра (поля) к кадру (полю)

превышает 58 нс и 41 нс соответственно. Поэтому величина c оказывается намного меньше длительности импульса фиксации (ИФ) в камере, которая обычно составляет $1,5 \text{ мкс} \leq \tau_{\text{ИФ}} \leq 4,7 \text{ мкс}$ и может быть отнесена лишь к нестабильности фронта ИФ. Поэтому такое смещение раstra в трубках с малыми темновыми токами, например ньювикон или сатикон, оказывается вообще «невидимым».

В трубках с большими темновыми токами (более 20 нА), например видикон, для устранения возможных искажений может быть дополнительно к данному методу использована коммутация фазы импульсов фиксации в видеотракте соответствующим образом: от строки к строке (от поля к полю, от кадра к кадру), при которой фиксируют видеосигнал поочередно на опорный уровень черного (оптический уровень черного на рис. 3.6, а) начального и конечного участков строки, как показано на рис. 3.6, б.

Эффект подавления биений по данному методу основан на свойствах глаза к интегрированию изображений, инерционных свойствах трубки и статистических характеристик сигнала изображения и сигнала биений, в соответствии с которыми сигналы изображения соседних участков имеют высокую корреляцию, а сигнал биений — низкую [63]. Поэтому при перемещении раstra сигнал в зрительном анализаторе человека «накапливается», а структура биений разрушается. Если при этом в видеотракте провести несложную дополнительную обработку по выделению видеосигналов, соответствующих смещенному и несмещенному изображениям, и их суммированию, то можно одновременно с подавлением помех дискретизации существенно повысить разрешающую способность однотрубочной МКЦТ.

В практических конструкциях камер целесообразно использовать коммутацию раstra от поля к полю за счет управления генератором разверток. Структурная схема камеры с таким управлением приведена на рис. 3.7. Как известно, показатель преломления среды в электронной оптике изменяется непрерывно. Управление положением раstra с помощью разверток приводит к дискретному изменению показателя преломления в электронной оптике трубки, что эквивалентно процессу преломления, обеспечиваемому с помощью оптических средств, например ОФНПЧ. При этом происходит наложение за один кадр двух смещенных изображений. При перемещении раstra на мишени передающей трубки на заданную величину c за счет наложения двух изображений происходит модуляция апертуры считывающего луча вдоль строк, при которой в первом поле диаметр луча $d_{\text{л}} = d$, а во втором $d_{\text{л}} = d + \Delta d$. Если диаметр сечения луча $d_{\text{л}}$ меньше ширины полосы $T_{\text{п}}$, создаваемой условной помехой, то сигнал имеет 100%-ную модуляцию, т. е. изменяется от $i_{\text{макс}}$ до $i_{\text{мин}}$. Если же луч оказывается шире полосы, т. е. $d_{\text{л}} > T_{\text{п}}$, то, находясь на черной полосе, апертура

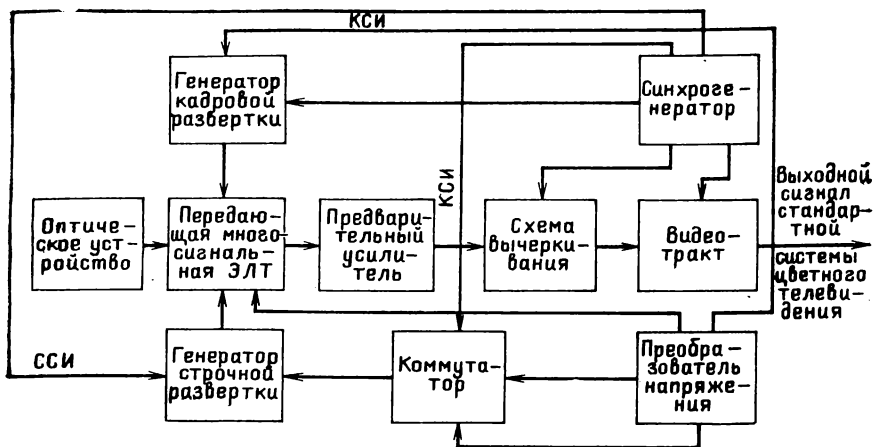


Рис. 3.7. Упрощенная структурная схема однотрубной камеры с коммутацией раstra

будет захватывать частично и белое поле, а если полоса от условной помехи белая, то апертура будет захватывать и остальное поле. При этом, как указывается в [70], «черный» сигнал посветлеет, а «белый» потемнеет, т. е. размах сигнала уменьшится. Таким образом, при увеличении апертуры мелкие детали, расположенные вдоль строк, смазываются. Соответствующая диаграмма приведена на рис. 3.8.

В некоторых случаях подавление муара можно осуществить смещением датчика сигнала (например, ПЗС) с помощью вибратора.

Структурные схемы оптических устройств известных однотрубных камер и предлагаемой согласно разработанному методу подавления помех дискретизации приведены на рис. 3.9. Оба метода позволяют упростить структуру оптического устройства за счет исключения из тракта ОУ однотрубных камер ОФНПЧ, укоротить требуемый задний отрезок объектива и уменьшить габариты камеры в целом, а также повысить эффективность использования светового потока [46].

Следует отметить, что использование трубок с инерционностью более 10% приводит к усилению эффекта ослабления муара и полезного сигнала на мелких деталях за счет «смазывания» изображения. Поэтому наилучшие результаты могут быть получены при использовании трубок с новыми фоточувствительными слоями на основе $Zn-Cd-Te$ и $Se-As-Te$ с дополнительными средствами, уменьшающими инерционность. При этом в механизме подавления

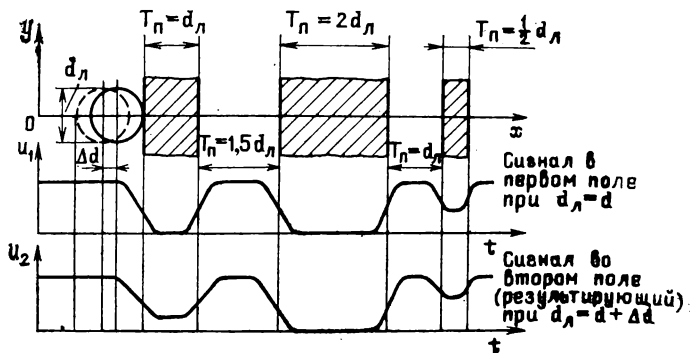


Рис. 3.8. Диаграмма образования сигнала от деталей передаваемой сцены при изменении апертуры считывающего луча

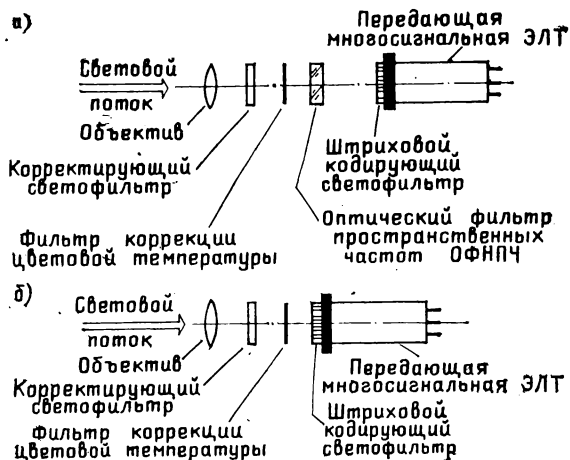


Рис. 3.9. Структурные схемы оптических устройств известных однотрубных камер (а) и по разработанному методу подавления помех дискретизации (б)

биений будет преобладать составляющая, основанная на статистических параметрах полезного сигнала и сигнала биений, и можно не вычеркивать краевые участки раstra, что позволит дополнительно увеличить полезную площадь мишени трубки и повысить чувствительность камеры.

При эксперименте отмечалось также уменьшение биений типа «кросколор» на вертикальных границах цветных объектов, что позволяет расширить применение данного метода на другие области.

Данные методы могут найти широкое применение в различных телевизионных системах для борьбы с некоторыми типами помех в цветном изображении наблюдаемых объектов.

Выводы. Анализ процесса дискретизации, осуществляемой в однотрубочных МКЦТ на базе многосигнальных передающих электронно-лучевых трубок со штриховыми светофильтрами с помощью соответствующей математической модели, позволяет раскрыть механизм возникновения помех дискретизации изображения и определить пути их подавления.

Исследование предложенной модели позволяет сделать следующие основные выводы:

повышение кратности дискретизации входного изображения за счет увеличения числа групп кодирующих светофильтров приводит к появлению дополнительных помех дискретизации:

в фазовой системе кратность дискретизации выше, чем в индексной, поэтому для уменьшения результирующего значения среднего квадрата шума при ее использовании необходимо применять дополнительные меры по улучшению шумовых характеристик входящих блоков (использование датчиков сигнала с новыми эффективными фотослоями, канала и т. п.);

качество цветопередачи на вертикальных границах между цветными объектами можно повысить за счет повышения точности установки раstra и настройки гребенчатого фильтра;

путь устранения помех дискретизации (муаров), позволяющий упростить структуру ОУ камеры и увеличить разрешающую способность, следует искать в направлении методов, учитывающих статистические параметры полезного видеосигнала и сигнала помех.

Полученные выводы, по-видимому, позволяют обобщить их и на другие системы ПСДИ, в том числе на используемые в камерах на ТПИ.

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ В МАЛОГАБАРИТНЫХ КАМЕРАХ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

4.1. Общие причины возникновения шумов

В общем случае все помехи, вносимые в видеосигнал телевизионной системой, могут быть разделены на шумы передающей стороны, шумы линии связи, шумы приемной стороны.

С точки зрения разработчика камеры наибольшую проблему представляют шумы передающей стороны, поскольку в ней формируется полный цветовой телевизионный сигнал соответствующей системы телевидения с заданным отношением сигнал/шум в каналах яркости и цветности, в то время как линия связи и приемная сторона должны лишь не ухудшать отношения сигнал/шум, достигнутого на передающей стороне. Шумы передающей стороны имеют сложный характер и обусловлены следующими основными компонентами: шумами передающей телевизионной трубки (ПТ); шумами предварительного усилителя (ПУ); шумами канала (последующего видеотракта); шумами отклонения.

Шумы ПТ обусловлены физическими процессами, протекающими в трубке при ее работе, в частности самим процессом преобразования оптического изображения в электрические сигналы (последующий тракт лишь добавляет шумы к уже имеющимся, поэтому необходимо снижать уровень добавляемых шумов во всех звеньях тракта и в самом процессе образования сигнала), который включает: дробовый эффект эмиссионных процессов (вызывается фотоэмиссией, термоэмиссией и другими причинами); тепловой шум; фликер-шум.

Величина дробовых флюктуаций тока не зависит от причин, его вызвавших (фотоэмиссии, термоэмиссии и т. п.). Среднее значение квадрата флюктуаций тока, вызванного дробовым эффектом, связано с величиной самого тока соотношением

$$\overline{i_{др}^2} = 2i_0 e \Delta f, \quad (4.1)$$

где i_0 — средний ток полной эмиссии; e — заряд электрона; Δf — полоса частот.

Из выражения (4.1) видно, что величина дробового шума пропорциональна ширине полосы и не зависит от положения частоты по спектру, т. е. шум дробового эффекта гладкий («плоский»). Поэтому для постоянной полосы частот эффективное значение дробового шума может быть записано в виде выражения

$$\sqrt{\overline{i_{др}^2}} = \text{const} \sqrt{i_0} = \text{const} \frac{i_0}{\sqrt{i_0}}, \quad (4.2)$$

которое означает, что значение тока, деленное на корень квадратный из этого же значения, определяет амплитуду своей собственной помехи и является одним из важнейших законов квантовых эмиссионных процессов.

Однако разработчиков камер интересует прежде всего не само значение уровня шума, а его отношение к полезному сигналу:

$$\text{сигнал/шум} = \frac{i_c}{\sqrt{i_{\text{др}}^2}} = \frac{i_c}{\sqrt{2i_0e\Delta f}} = \sqrt{\frac{i_c}{2e\Delta f}} \quad (4.3)$$

есть отношение величины полезного сигнала к эффективному значению содержащегося в нем шума.

Выражение (4.3) позволяет определить минимально допустимый ток сигнала, при котором обеспечивается заданное отношение сигнал/шум. Эта зависимость, вычисленная для полосы частот 7,3 МГц, показана на рис. 4.1.

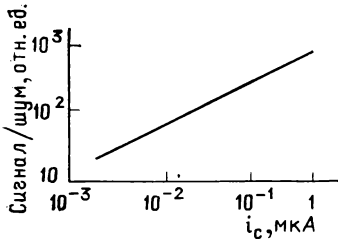


Рис. 4.1. Зависимость отношения сигнал/шум от величины полезного сигнала

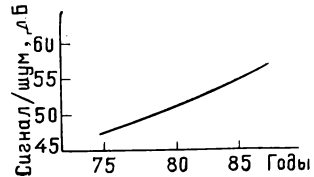


Рис. 4.2. Тенденция улучшения отношения сигнал/шум с 1975 г. по 1985 г.

Выше под i_c понимался ток, соответствующий только полезному выходному сигналу, а если этот ток составляет только часть общего выходного тока (например, в трубках с двухсторонней мишенью), то отношение сигнал/шум уменьшается, так как уровень шума определяется всем током, а сигнал — только его частью.

В зависимости от типа передающей трубки компоненты шума могут дополняться [3]. Наиболее всего «шумят» трубки суперорбитрон, изокон, антизискон, в которых основную компоненту шума создает ток обратного луча [72], наименее — плюмбиконы, сатиконы и ньювиконы (на основе гетероструктуры).

Шумы ПУ включают следующие основные компоненты: шумы, определяемые рабочей полосой (спектром) сигнала; шумы, определяемые сопротивлением нагрузки передающей трубки (R_L); шумы, определяемые параметрами полевого транзистора входного каскада ПУ.

Если считать, что трубка «не шумит» и ее полная выходная емкость минимальная, т. е. $C_{\text{полн}} = C_{\text{вых}\Sigma} + C_{\text{к.к}} + C_{\text{м}} = C_{\text{мин}}$, где $C_{\text{вых}\Sigma} = C_{\text{вых}} + C_{\text{к.фос}} + C_{\text{т.фос}}$ — суммарная выходная емкость трубки в составе ФОС, ОС, ФК соответственно; $C_{\text{т.фос}}$ — емкость токо-съемы ФОС; $C_{\text{к.фос}}$ — емкость, вносимая конструкцией ФОС; $C_{\text{к.к}}$ — емкость, вносимая конструкцией камеры; $C_{\text{м}}$ — емкость монтажа, а сопротивление нагрузки передающей трубки выбрано менее 100 ... 200 кОм (с учетом действия ООС), то шумы первого каскада ПУ определяются параметрами полевого транзистора (в зарубежных источниках — JFET), в частности: входной емкостью $C_{\text{вх}}$ (в зарубежных источниках C_{is} или C_i) и проводимостью прямой передачи g_m , которая определяет величину эквивалентного шумового сопротивления (R_{eq}) полевого транзистора в виде

$$R_{eq} = \frac{a}{g_m} + r_s \sim \frac{a}{g_m},$$

где a — постоянная определяемая особенностями (параметрами) транзистора (зависит, в частности, от питающего напряжения); R_{eq} — эквивалентное шумовое сопротивление транзистора; g_m — проводимость прямой передачи транзистора (transfer conductance of JFET); r_s — сопротивление источника [73].

Результаты ряда зарубежных исследователей показывают, что шумы, определяемые сопротивлением нагрузки передающей трубки (в зарубежных источниках R_L), почти в 2 раза меньше шумов, определяемых компонентой, зависящей от R_{eq} и $(C_{\text{полн}} + C_i)$ [74]. Однако шумы полевого транзистора складываются из: тепловых шумов канала, формирующих сопротивление R_{eq} ; дробового шума, образуемого обратным током затвора и подложки; шумов генерирования и рекомбинаций носителей, производимых ловушками в запирающем слое; фликкер-шума, возникающего из-за генерации и рекомбинаций, лавинных процессов и контактов около поверхности соединения; шумов, индуцированных затвором, возникающих из-за того, что тепловые шумы в канале изменяют заряд на затворе через емкость затвора.

Данные шумы детально исследованы ведущими в данной области фирмами Японии (Matsushita, Hitachi, корпорация NHK) и учитываются при проектировании малозумящих полевых транзисторов [73].

Помимо перечисленных факторов соответствующий «шумовой» вклад в выходной видеосигнал вносят и выходные цепи ПУ. Шумы последующих каскадов ПУ имеют преимущественно тепловой и дробовый характер.

Таким образом, напряжение помех на выходе ПУ складывается из следующих факторов:

$$u_{\text{п.вых}} = u_{\text{п.вх.с}} + u_{\text{п.вх.ц}} + u_{\text{п.вых.ц}}, \quad (4.4)$$

где $u_{п.вых}$ — напряжение помех на выходе ПУ; $u_{п.вх.с}$ — напряжение помех во входном сигнале; $u_{п.вх.д}$ — напряжение помех входной цепи (включает составляющие помех трубки, схемы коррекции и полевого транзистора); $u_{п.вых.д1}$ — напряжение помех выходной цепи 1-го каскада ПУ.

В общем случае отношение сигнал/шум на выходе ПУ определяется по формуле

$$\text{сигнал/шум} = \frac{u_{с.вых}}{u_{п.вых}}.$$

Многочисленные исследования показывают, что труднее всего устранить два вида помех, возникающих в самом предварительном усилителе: от тепловых флюктуаций и от дробового эффекта [75]. Отношение зрителя к шумам в изображении в значительной мере определяется степенью видности шумов на экране. Некоторые исследователи приводят сведения о так называемом «пороге видности» шумов на телевизионном изображении, который они определяют для сатиконных камер как величину отношения сигнал/шум, приблизительно равного 36 дБ при наблюдении с расстояния $3H$ (H — высота изображения). Однако они отмечают, что при использовании контурной коррекции эта величина может существенно ухудшаться, поэтому реально это отношение больше 36 дБ [76].

Отношение сигнал/шум в видеосигналах современных портативных камер цветного телевидения за последние 15 лет достигло 55 дБ и продолжает улучшаться. Эта тенденция по зарубежным данным выражается графиком [77], приведенным на рис. 4.2.

Для успешной борьбы с помехами очень важно знать распределение шумов по спектру частот видеосигнала и, хотя современные телевизионные системы используют различные полосы частот, проблема эта общая. В частности, системы с повышенной четкостью предполагают работу в полосе частот от 20 МГц и более. В стандартных вещательных системах телевидения PAL, SEGAM, NTSC общая полоса частот видеосигнала не превышает 7,3 МГц (в действительности несколько уже), а в портативных камерах (в том числе однотрубных МКЦТ) полоса частот также не превышает 7,3 МГц; в большинстве случаев она значительно уже (до 4...6 МГц). В данной полосе частот основную компоненту шума составляет так называемый «треугольный» шум (в зарубежных источниках — «a triangular noise spectrum»), т. е. шум с треугольным спектром. Данный вид шума обусловлен действием предварительного усилителя (отрицательной обратной связью) и выходной емкостью трубки [78], т. е. если бы трубка создавала постоянный ток сигнала на всех частотах, то сигнал на входе ПУ падал бы уже только из-за нали-

чия емкости трубки $C_{\text{вых}\Sigma}$ и $C_{\text{вх.пу}}$. Поэтому этот эффект хотя и подавляется соответствующей ООС в ПУ, но вызывает «треугольный» шум.

В телевизионных камерах систем повышенной четкости (в зарубежных источниках — HDTV-Camera) рассматривается проблема борьбы с шумами двоякого рода: с треугольным спектром и так называемым «плоским» шумом (в зарубежных источниках «a flat noise spectrum»).

Результаты исследований степени видности шумов на изображении в системах повышенной четкости с полосой частот до 30 МГц показывают, что пороги видности шумов с треугольным и плоским спектрами различны. В частности, работы исследовательских лабораторий НКК по созданию трехтрубной камеры на передающих трубках типа DIS (сатиконы с диодной пушкой: Diodegun Impregnated—Cathode Saticon) для систем с разрешающей способностью 1125 ТВЛ показывают, что порог видности для «треугольного» шума составляет не менее 36 дБ при визуальном наблюдении с расстояния $3H$ (H — высота изображения). При этом оказывается, что использование так называемой катушки Персиваля приводит к выравниванию «треугольного» спектра шума к «плоскому» до частот около 20 МГц [76].

Аналогично зарубежные исследователи отмечают, что предельное отношение сигнал/шум (для «порога видности») при использовании сатикона в полосе частот 20 МГц для шумов с «плоским» спектром составляет не менее 46,3 дБ, а для шумов с «треугольным» спектром — 39,6 дБ. При этом рабочая полоса частот составляет 20 МГц, полная выходная емкость трубки $C_{\text{полн}}=14$ пФ, переходное сопротивление ПУ (с сопротивлением в цепи обратной связи) 1 МОм и результирующий шум усилителя около 1 нВ/√Гц при токе сигнала $I_s=300$ нА (в зеленом канале). При данных параметрах расчетное значение отношения сигнал/шум получает-

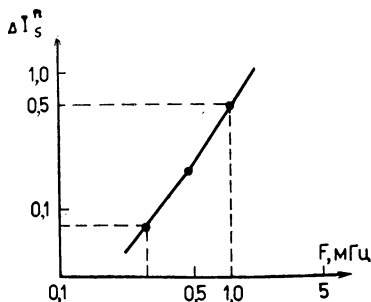


Рис. 4.3. Уровень шума в выходном сигнале

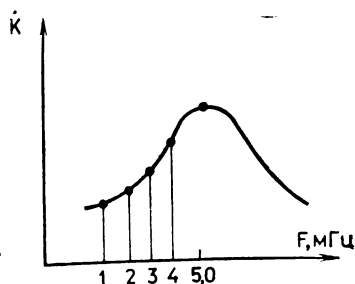


Рис. 4.4. Частотная характеристика шума в полосе частот 10 МГц

ся около 36,3 дБ. Увеличение отношения сигнал/шум на 3,5 дБ для перехода «порога видности» (чтобы скомпенсировать действие апертурной коррекции) было достигнуто за счет увеличения освещенности на объекте на 50%. Экспериментально доказано, что при токе сигнала $I_s=300$ нА отношение сигнал/шум (для случая «плоского» шума) достигает 40 дБ и более [79].

Создание за рубежом высококачественных портативных камер цветного телевидения, по величине отношения сигнал/шум приближающихся к студийным (отношение сигнал/шум в канале \bar{G} более 52 дБ), в том числе сближение систем бытовой и профессиональной видеозаписи на основе однотрубочных МКЦТ, требуют дальнейших исследований особенностей и причин возникновения шума для эффективной борьбы с ним.

На рис. 4.3 показан уровень шума, внесенный эквивалентом шумового сопротивления в выходном видеосигнале, а на рис. 4.4 изображена частотная характеристика шума в выходном сигнале.

Современные исследования трубок с эффективными фотослоями на основе гетероструктур Se—As—Te и Zn—Cd—Te показывают, что в рабочем диапазоне изменения токов сигнала и частот полезный сигнал I_s нарастает быстрее шума, что может быть выражено графиком, приведенным на рис. 4.5 [80].

Шумы канала (видеотракта) передающей камеры хотя и влияют существенно на окончательную величину отношения сигнал/шум в сигнале на выходе камеры, но по сравнению с шумами, создаваемыми передающей трубкой и ПУ, видеотракт находится в более благоприятном положении, так как его роль сводится лишь к тому, чтобы не ухудшить то, что уже есть, т. е. сохранить отношение сигнал/шум на уровне, соответствующем отношению сигнал/шум на выходе ПУ.

Шумы видеотракта носят в основном дробовый характер, причины ухудшения отношения сигнал/шум в канале связаны с введением специальных обработок, о которых будет сказано ниже. Детально шумы канала и их влияние на отношение сигнал/шум не следует рассматривать обособленно от ряда других важных параметров камер, таких как разрешающая способность, чувствительность и т. п., поэтому такое рассмотрение является предметом особого разговора.

Четвертым видом шумов передающей стороны являются шумы отклонения. Наиболее детально данный вид шумов в настоящее время исследован применительно к трубкам уменьшенных диамет-

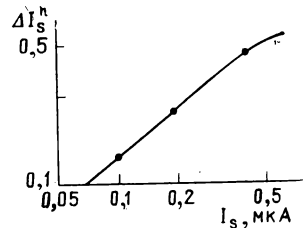


Рис. 4.5. Зависимость уровня шума в выходном сигнале от величины полезного сигнала

ров $(2/3)''$ и $(1/2)''$ с электронно-оптической системой (ЭОС) дефлекtron (типа M—S). Данный вид шумов вызывается непосредственно процессом отклонения луча, в частности большими потенциалами и импульсными пилообразными напряжениями на пластинках дефлектора. Шум, вносимый схемой отклонения в сигнал, присутствует в токе сигнала и воздействует непосредственно на вход ПУ, поэтому весьма нежелателен. Снижение этой компоненты шума может быть достигнуто специальными мерами: оптимальной конструкцией фокусирующей катушки (ФК), повышением стабильности пилообразных напряжений, улучшением фильтрации питающих напряжений генераторов развертки и анода и т. п. Следует заметить, что глубокое утапливание трубки в ФК в этом отношении наиболее неблагоприятно, особенно для трубок с кольцевыми токосъемником и выводом сетки, которые в этом случае эффективно выполняют роль антенны.

Необходимость улучшения отношения сигнал/шум в однотрубочных малогабаритных камерах цветного телевидения вызвана прежде всего тем, что шумы ограничивают чувствительность телевизионной камеры, снижают качество выходного изображения. Действительно, уменьшение диаметра передающих трубок, расширение диапазона рабочих освещенностей в низкую область спектра (до 7... 10 лк на объекте), использование апертурной коррекции для повышения разрешающей способности, работа трубки в так называемом «низковольтном» режиме с глубоким утапливанием в ФОС, ОС, ФК, приводящим к возрастанию $C_{\text{вых}}$ трубок с кольцевыми токосъемником и выводом сетки с 2... 3 до 10... 15 пФ, использование в системах видеозаписи многократной перезаписи видеосигнала, значительное различие токов сигналов I_R , I_G , I_B , I_W в многосигнальных ЭЛТ для однотрубочных МКЦТ (за счет того, что токи I_R , I_G , I_B лежат на разных участках сигнальной характеристики), операции матрицирования в видеотракте и другие причины вызывают необходимость в повышении отношения сигнал/шум в видеосигнале, требуют применения широкого комплекса мер.

4.2. Способы коррекции отношения сигнал/шум

Способы коррекции отношения сигнал/шум в современных портативных системах видеозаписи можно разделить на следующие основные виды:

коррекция на передающей стороне (в камере и камерном канале);

коррекция на приемной стороне (в видеоманитофоне или телевизионном приемнике).

Эту классификацию можно отнести также к вещательным и специальным телевизионным системам, в которых может дополнительно использоваться коррекция в линии связи.

Коррекция отношения сигнал/шум в линии связи и на приемной стороне имеет своей целью лишь довести до экрана передаваемые цветные сигналы с заданным качеством. Поэтому в обычных системах такая коррекция не предназначена для повышения отношения сигнал/шум.

В однотрубных МКЦТ широко применяются следующие виды коррекции отношения сигнал/шум:

элементная, заключающаяся в соответствующем выборе типа передающей трубки, ЭОС, входного транзистора ПУ;

конструктивная, заключающаяся в соответствующем выборе конструктивного исполнения камеры (типов ФОС, ОС, ФК, конструкции входного окна ФОС и трубки, вида монтажа трубка — ПУ и блока ПУ, наличия в зоне мишени трубки узлов, создающих помехи, и т. п.);

схмотехническая, определяемая соответствующими радиотехническими цепями и отличающаяся от предыдущих возможностью подстройки в процессе эксплуатации камеры.

Перечисленные виды коррекции связаны между собой так, что изменение одной из них приводит к изменению других.

Схмотехническая коррекция, направленная на улучшение отношения сигнал/шум, в современных однотрубных камерах цветного телевидения выполняется следующими основными методами и способами:

методом простой противозумовой коррекции (ППК);

методом сложной противозумовой коррекции (СПК);

методом режимной коррекции (обеспечивающей оптимальный электрический режим трубки и ее шумовые параметры на различных объектах наблюдения);

использованием отрицательной обратной связи;

использованием каскодных схем в первом каскаде ПУ;

использованием параллельного включения двух полевых транзисторов в первом каскаде ПУ;

использованием трансформаторного входного каскада;

использованием управляемых схем фиксации видеосигнала, а также усилителей — ограничителей (для «срезания») шумов;

использованием методов синхронного детектирования в декодирующем устройстве видеотракта;

использованием метода гребенчатой фильтрации для выделения высокочастотных компонентов сигналов E_R и E_B ;

использованием методов адаптивной фильтрации видеосигналов;

использованием метода сложения прямого и задержанного на 64 мкс сигналов двух соседних строк;

использованием метода «исключения цветности» при передаче изображения со слабо освещенных объектов и мелких деталей (путем запирания каналов цветности так, что сигналы E_R и E_B с плохим отношением сигнал/шум исключаются из полного выходного сигнала, который представляется в этом случае сигналом E_Y с достаточным отношением сигнал/шум).

Основные методы коррекции отношения сигнал/шум в камерах — методы простой и сложной противозумной коррекции — исследовались в нашей стране

еще в 30-х годах под руководством проф. Г. В. Брауде [81]. Данные методы исследовались также сотрудниками фирмы RCA (США) Притчардом и Фридендоллом в 50-х годах; их выводы оказали воздействие на существующий за рубежом взгляд на метод сложной противозумовой коррекции, как на «метод компенсации Персиваля».

Следует отметить, что в современных портативных, например трехтрубчатых, камерах цветного телевидения чаще всего используются разновидности метода простой противозумовой коррекции в сочетании с «нешумящими» трубками типа плюмбикон или сатикон, которые отличаются лишь особенностями включения обратной коррекции в последующих каскадах и длиной петли ООС. При соответствующем выборе трубки и входного полевого транзистора ни одна из разновидностей схем простой коррекции не дает существенного выигрыша.

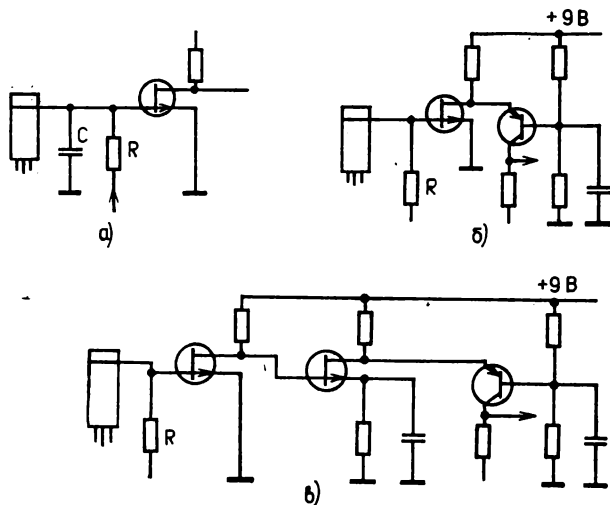


Рис. 4.6. Схемы простой противозумовой коррекции, используемые в современных портативных трехтрубчатых камерах

Основные способы простой противозумовой коррекции, используемые в современных портативных трехтрубчатых камерах, приведены на рис. 4.6, а—в [82]. Для расчета отношения сигнал/шум данных схем используют квадрат среднего шумового тока

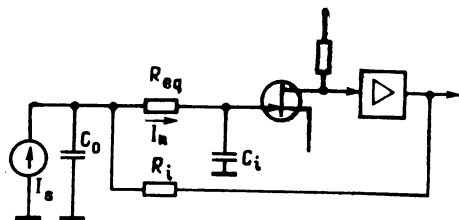
$$\bar{I}_n^2 = 4kTB \left(\frac{1}{R} + \frac{4}{3} \pi^2 C^2 \frac{a}{g_m} B^2 \right),$$

где k — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура; B — ширина полосы сигнала; a и g_m — параметры транзистора;

$$C = C_0 + C_s + C_i;$$

C_i — входная емкость транзистора; C_s — емкость монтажа; C_0 — выходная емкость трубки; a — постоянная, определяемая типом полевого транзистора.

Рис. 4.7. Эквивалентная схема входной цепи предварительно- усилителя с простой проти- вошумовой коррекцией



Эквивалентная схема варианта простой противозумовой коррекции с обратной связью приведена на рис. 4.7. Для этой схемы ток шума

$$I_n^2 = 4kTB \left[\frac{1}{R_L} + \frac{4}{3} \pi^2 B^2 (C_0 + C_i)^2 R_{eq} \right],$$

где R_{eq} — эквивалентное шумовое сопротивление JFET (современные полевые транзисторы имеют $R_{eq} = 32 \dots 48$ Ом [83]); $R_L = a/g_m$ — сопротивление нагрузки трубки; g_m — проводимость полевого транзистора (JFET). Составляющие тока шума, заключенные в квадратные скобки формулы, представляют соответственно шум, возникающий в сопротивлении нагрузки, и шум самого транзистора. Исследователи фирмы Hitachi считают, что в большинстве случаев

$$\frac{1}{R_L} \leq \frac{1}{2} \left[\frac{4}{3} \pi^2 B^2 (B_0 + C_i)^2 R_{eq} \right],$$

т. е. шумы ПУ определяются в основном параметрами транзистора. При этом для получения максимального отношения сигнал/шум значение g_m должно быть максимальным, а C_i — минимальным [74].

Отношение сигнал/шум на выходе ПУ для этой схемы

$$\text{сигнал/шум} = \frac{I_s}{\sqrt{4kTB \left[\frac{1}{R_L} + \frac{4\pi^2 B^2 R_{eq} (C_0 + C_i)^2}{3} \right]}}. \quad (4.5)$$

В ряде случаев для повышения отношения сигнал/шум используют размещение транзистора первого каскада ПУ непосредственно в торцевой части ФОС (ОС, ФК), что значительно уменьшает суммарную выходную емкость трубки [77].

Выражение (4.5) учитывает из параметров трубки лишь выходную емкость и может эффективно применяться для расчета отношения сигнал/шум в современных портативных камерах цветного телевидения на плюмбиконах и сатиконах, а также в камерах систем с повышенной четкостью [83].

Упрощенная схема простой противозумовой коррекции для «нешумящей» трубки представлена на рис. 4.8, а, эквивалентная схема — на рис. 4.8, б (для идеального усилителя [73]). Здесь R — сопротивление нагрузки передающей трубки; $C_0 = C_{\text{вых.з}} + C_{\text{вх.пу}} = C_{\text{вых.з}} + C_i$.

На рис. 4.8 показаны два источника шума: теплового шума сопротивления нагрузки R и шума первого каскада ПУ с эквивалентным шумовым сопротивлением R_{eq} . Если R и R_{eq} одного порядка (особенно при плохих параметрах по-

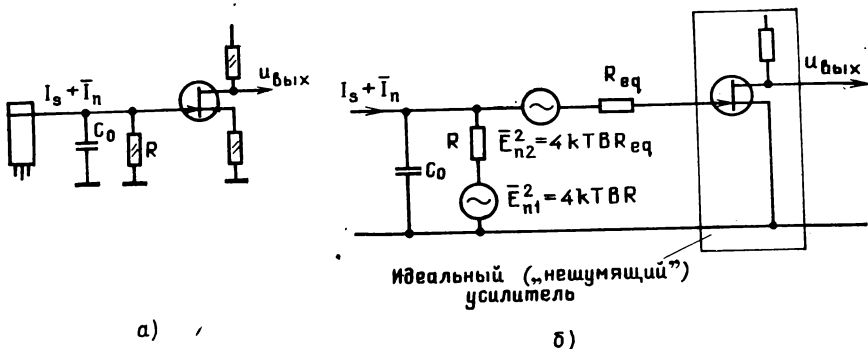


Рис. 4.8. Упрощенная схема простой противозумовой коррекции (а) и ее эквивалентная схема (б) для идеального усилителя [73]

левого транзистора), то для схемы на рис. 4.8, а отношение сигнал/шум должно учитывать обе эти величины и выражение (4.5) примет вид

$$\text{сигнал/шум} = \frac{I_s}{\sqrt{\bar{I}_n^2 + 4kTB \left[\frac{1}{R} \left(1 + \frac{R_{eq}}{R} \right) + \frac{4\pi^2 B^2 C_0^2 R_{eq}}{3} \right]}}. \quad (4.6)$$

В современных однотрубных камерах цветного телевидения используются специальные «малозумящие» полевые транзисторы, у которых R_{eq} не превышает 30...45 Ом, а сопротивление нагрузки передающей трубки (с учетом ООС) не превышает 300 кОм, т. е. выполняется соотношение $R_{eq} \ll R$. Таким образом, компонента теплового шума $\bar{E}_{n1}^2 \gg \bar{E}_{n2}^2$ (см. рис. 4.8, б).

Для современных полевых транзисторов ведущих радиоэлектронных фирм Японии значение $a \ll 0,7$.

Как упоминалось ранее, $R_{eq} = (a/g_m) + r_s$, где r_s — сопротивление источника; g_m — проводимость прямой передачи транзистора.

Таким образом, транзисторы с большей проводимостью имеют меньшее эквивалентное шумовое сопротивление. Но имеются данные, что при значительном увеличении g_m входная емкость C_i полевого транзистора также возрастает [73]. Поэтому на практике необходимо выбирать такой транзистор, у которого минимальной является величина $C_0^2 R_{eq}$, т. е.

$$C_0^2 R_{eq} \approx (C_{\text{вых } \Sigma} + C_i)^2 R_{eq} = \min, \quad (4.7)$$

т. е. при использовании трубок с большим диаметром и с большим значением $C_{\text{вых } \Sigma}$ использование двух или более идентичных транзисторов (с большим эквивалентным шумовым сопротивлением) в первом каскаде ПУ в параллель-

ном включении приводит к существенному увеличению отношения сигнал/шум, так как в этом случае оказывается

$$\bar{R}_{eq} = \frac{R_{eq1}R_{eq2}}{R_{eq1} + R_{eq2}} = \frac{R_{eq}}{2}, \quad g_m \geq 2g_{m1} (g_{m2}),$$

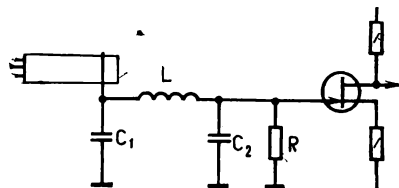
где R_{eq} — результирующее эквивалентное шумовое сопротивление при параллельном включении двух полевых транзисторов: R_{eq1} и R_{eq2} — эквивалентные шумовые сопротивления транзисторов.

Если при этом выполняется определенное соотношение между суммарной выходной емкостью трубки и емкостью монтажа $C_{\text{полн}}$ (с учетом конструкции камеры) и емкостью входа транзистора C_i в виде $C_{\text{полн}} \approx C_i$, то соотношение сигнал/шум может быть еще больше.

В трубках малого диаметра (2/3)", (1/2)" выходная емкость мала, поэтому применять параллельное включение транзисторов в первом каскаде нецелесообразно.

Как упоминалось выше, в современных однотрубочных МКЦТ с трубками уменьшенного диаметра (2/3)", (1/2)" и (1/3)" для компенсации потерь в отношении сигнал/шум используют так называемый метод компенсации Персиваля [76, 5, 38, 84]. В этом случае используется выравнивающий контур с катушкой Персиваля. В одну из рассмотренных схем простой входной цепи вводится катушка, образующая с емкостями трубки и транзистора колебательный контур. Упрощенная схема входной цепи с катушкой Персиваля приведена на рис. 4.9 [84].

Рис. 4.9. Упрощенная схема входной цепи с катушкой Персиваля



Здесь, как и раньше, $C_0 = C_1 + C_2$ — полная входная емкость ПУ; L — катушка Персиваля [84]. Отношение сигнал/шум для этой схемы

$$\begin{aligned} & \text{сигнал/шум} = \\ & = \frac{I_s}{\sqrt{\bar{I}_n^2 + 4kTB \left[\frac{1}{R} \left(1 - \frac{2b^2}{3a} + \frac{b^4}{5a^2} \right) + 4\pi^2 C_0^2 R_{eq} B^2 \left(\frac{1}{3} - \frac{2b^2}{5} + \frac{b^4}{7} \right) \right]}}, \end{aligned} \quad (4.8)$$

где a — коэффициент деления емкости C_0 катушкой Персиваля;

$$b = \frac{B}{f_r}; \quad f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_0(1-a)}}; \quad C_0 = C_1 + C_2; \quad I_n = \sqrt{2eI_s B}.$$

Хорошие результаты получаются, когда величины a и b оптимальны, а катушка L имеет высокую добротность. По зарубежным данным, наилучшие результаты в камере на сатиконе были достигнуты при использовании катушки с тороидальным сердечником [73].

Передаточная функция цепи с катушкой Персиваля имеет вид

$$T = \frac{1}{1 + j\omega R_l(C_1 + C_2) + (j\omega)^2 C_1 L + (j\omega)^3 R_l C_1 C_2 L}, \quad (4.9)$$

где R_l — входное сопротивление усилителя.

Учитывая вид передаточной функции (4.9), необходимо в последующих каскадах схемы ввести контур (схему) обратной компенсации (выравнивания) частотной характеристики. При этом компенсирующий контур (схема) должен иметь передаточную функцию, обратную (4.9), т. е. $1/T$. Данный вид коррекции также широко используется в высококачественных трехтрубчатых камерах.

Один из вариантов практической реализации данного метода, используемого за рубежом в ряде однотрубчатых МКЦТ, приведен на рис. 4.10, частотные характеристики усилителя показаны на рис. 4.11, a , b .

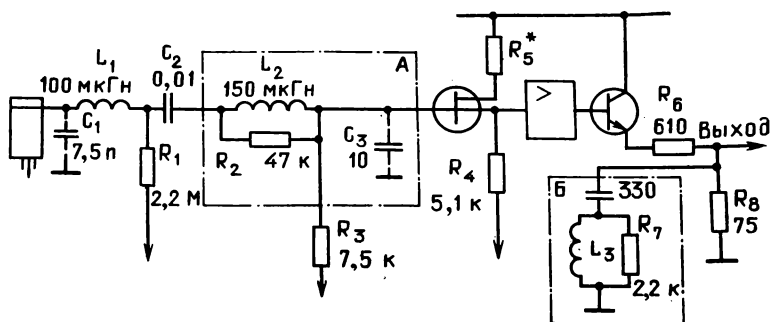


Рис. 4.10. Схема входной цепи с использованием метода Персиваля: А — контур Персиваля; Б — компенсирующий контур

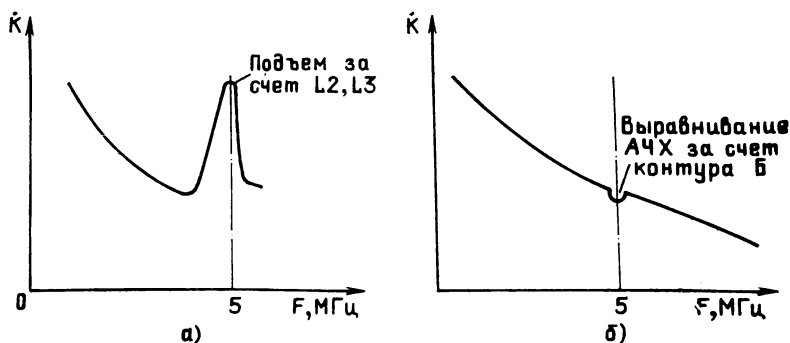


Рис. 4.11. Вид АЧХ на входе первого каскада (а) и выходе ПУ (б)

По данным исследователей фирмы RCA Притчарда и Фридендола отношение сигнал/шум, достигаемое по этому методу, составляет 6 дБ [5] и зависит от многих факторов (глубины ООС, характеристики источника шума и т. п.).

Учитывая, что некоторые исследователи в нашей стране широко пользуются термином «метод Персиваля» [38], следует отметить, что в соответствии с принципом коррекции Брауде основное требование, предъявляемое к АЧХ телевизионного усилителя, заключается в сохранении постоянства коэффициента усиления в пределах некоторой области частот, которое может быть проанализировано с помощью ряда Тейлора — Маклорена. С точки зрения фазочастотной характеристики (ФЧХ) телевизионного усилителя сдвиги фаз отдельных составляющих сигнала должны быть равны нулю или пропорциональны частоте, т. е. ФЧХ телевизионного усилителя должна быть по крайней мере линейна (хотя абсолютная величина углов сдвига фазы не имеет значения). Но поскольку условия оптимальности ФЧХ и АЧХ (с точки зрения числа каскадов усилителя) не совпадают, то структура ПУ должна строиться на условиях компромисса между желаемой АЧХ и ФЧХ. Брауде приводит примеры анализа ряда корректирующих схем с одним, двумя, тремя и более параметрами.

В схемах ПУ можно улучшить отношение сигнал/шум, если увеличить число параметров схемы (от одного — до двух, трех и т. д.), т. е. увеличить степень разложения коэффициента усиления в степенной ряд и число резонансных частот схемы. Однако этот путь не позволяет даже теоретически получить полную независимость коэффициента усиления от частоты, так как число членов разложения в степенной ряд, приравняваемых нулю, равно числу параметров схемы, будет при этом всегда на единицу меньше высшей степени разложения, т. е. приравнивая нулю бесконечное число резонансных частот схемы, можно получить необходимую частотную характеристику, но всегда будет оставаться член разложения более высокой степени, который рано или поздно вызовет резкое падение частотных характеристик. Тем не менее этот путь построения входной цепи усилителя также бывает оправдан при борьбе с шумами. По сравнению со схемой с отрицательным сопротивлением рассмотренный путь (увеличение числа параметров схемы) имеет преимущество в высокой устойчивости работы, однако при увеличении числа параметров схемы хотя и можно еще улучшить частотную характеристику, но схема при этом значительно усложняется, так что подборка параметров становится затруднительной. Чтобы иметь на входе возможно большее полное сопротивление при данной полосе частот, необходимо из всех допустимых частотных и фазовых искажений на весь радиотехнический тракт отнести на вход возможно большую их часть. При использовании сложной схемы коррекции расширение полосы частот достигается почти в 5 раз или при той же полосе частот — увеличение начального сопротивления (омического) также в 5 раз, что с точки зрения борьбы с шумами представляет большую практическую ценность. Поэтому схема сложной коррекции целесообразна на входе ПУ для улучшения отношения сигнал/шум. В промежуточных же каскадах следует использовать простые схемы коррекции.

При использовании сложных схем коррекции с самоиндукцией необходимо помнить, что собственная емкость катушки должна быть достаточно мала. По рекомендации Брауде катушку самоиндукции желательно совмещать с омиче-

ским сопротивлением R . Для этого ее можно выполнить в виде цилиндрической однослойной катушки из высокоомных проводов типов манганин, реотан диаметром около 0,5 мм, которые обычно используются для намотки сопротивлений, а в некоторых случаях (при больших значениях C и R) возможно использование дополнительно медной проволоки.

Условие пригодности проволоки для намотки катушки в данном каскаде ПУ может быть определено по формуле

$$\frac{ad_0^5}{g^3} > \frac{1,76 \cdot 64}{\pi^4} 10^{18} k^2 C^2 R,$$

где g — удельное сопротивление проволоки; d_0 — диаметр проволоки без изоляции; $a = d_0/d$ (d — диаметр провода с изоляцией); R — сопротивление катушки.

Диаметр катушки определяется из выражения

$$D = \frac{Rd_0^2}{4gn},$$

где n — число витков;

$$n = \frac{\pi^2 d_0^2 \alpha 10^{-9}}{16kCg^2}$$

для случая, когда отношение диаметра к длине однослойной цилиндрической катушки мало (это выполняется только при небольших сопротивлениях катушки R). Если же отношение диаметра к длине однослойной катушки, велико, то в расчетах учитывается поправка Nagaoka и число витков определяется из выражения

$$n = \frac{A}{\sqrt{f(P)}} = \sqrt{\frac{Rad_0}{4\rho f^2(P)}} = \frac{D}{l\sqrt{f(P)}},$$

где $D/l = f(P)$ — функция Nagaoka.

В результате анализа всех возможных вариантов построения схем коррекции Г. В. Бауде удалось найти такую универсальную схему, которая обеспечивает получение из нее ряда частных схем, обеспечивающих возможность высококачественной коррекции во всем возможном диапазоне отношений частных емкостей схемы, что расширяет возможность применения этой схемы (по сравнению с зарубежными данными, жестко связывающими соотношение частных емкостей схемы). Такая универсальная схема коррекции приведена на рис. 4.12 [91]. Здесь C_1 — частичная емкость, представляющая в основном ем-

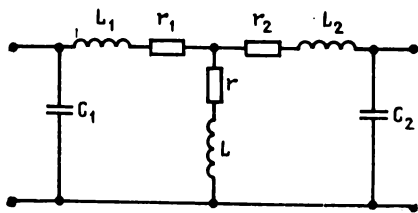


Рис. 4.12. Универсальная схема сложной противозумовой коррекции Г. В. Бауде

кость анод — катод усилительной лампы; C_2 — частичная емкость, представляющая входную емкость сетка — катод последующего каскада; r — основное сопротивление, определяющее начальный коэффициент усиления схемы; L — основная корректирующая индуктивность; L_1 — анодная индуктивность (включена со стороны анода первой лампы); L_2 — сеточная индуктивность (включена со стороны сетки второй лампы); r_1 — сопротивление, определяющее затухание анодной индуктивности; r_2 — сопротивление, определяющее затухание сеточной индуктивности.

$$k = \frac{L}{r^2 C}; \quad k_1 = \frac{L_1}{r^2 C}; \quad k_2 = \frac{L_2}{r^2 C}; \quad m_1 = \frac{r_1}{m}; \quad m_2 = \frac{r_2}{r}; \quad x = \frac{C_1}{C}.$$

Из схемы на рис. 4.12. можно получить частные схемы сложной коррекции, приведенные на рис. 4.13, а—е.

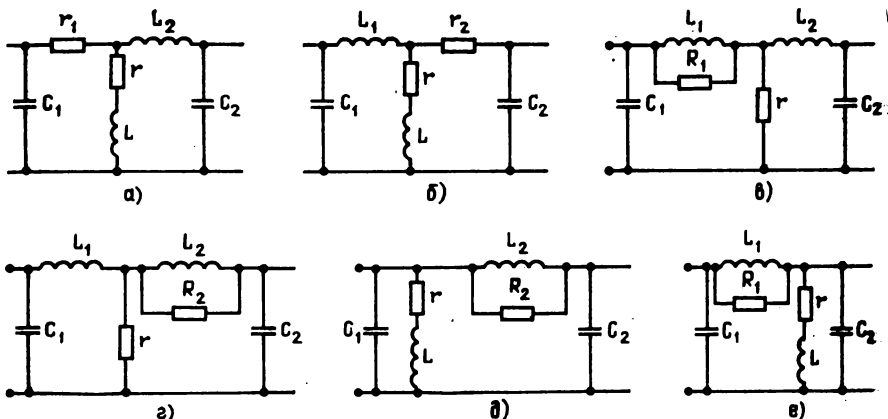


Рис. 4.13. Частные схемы сложной противозумовой коррекции Г. В. Брауде

Как видно из рис. 4.13, метод компенсации Персиваля является одним из вариантов сложной противозумовой коррекции Г. В. Брауде. Этими схемами практически исчерпываются все варианты, которыми можно воспользоваться на базе двух частичных емкостей (C_1 и C_2), если число параметров в схеме ограничено числом параметров, связанных тремя уравнениями коррекций (не считая параметра x — отношения частичных емкостей).

Вариант схемы коррекции для конкретного предварительного усилителя должен выбираться, как упоминалось, из учета компромисса между наилучшими частотными и фазовыми характеристиками для отдельных участков диапазона значений x — отношения емкостей схемы. В технической реализации ПУ на лампах кроме емкостей ламп необходимо учитывать емкости монтажа, собственную емкость основного сопротивления и паразитные емкости, вносимые корректирующими элементами, например емкостью витков анодной и сеточной

индуктивности на землю и емкостью на землю сопротивлений r_1 , r_2 или R_1 , R_2 , вносящих затухание в эти самоиндукции.

Методы простой (с одной индуктивностью в анодной цепи лампы) и сложной (с двумя индуктивностями — в анодной и сеточной цепях ламп) противозумовой коррекции были разработаны впервые в нашей стране еще в 1933—1934 гг. Г. В. Брауде. Для анализа данных схем им же был предложен метод сравнения коэффициентов разложения в ряд Тейлора — Маклорена по частоте функции коэффициента усиления. Существующий на Западе подход к расчету схем коррекции основан на использовании теории многосвязных фильтров, который на практике дает более простые вычисления. Однако рассмотрение теории корректирующих цепей на основе метода сравнения коэффициентов разложения в ряд Тейлора при том числе элементов схем, которые имеет смысл с точки зрения получения наименьших частотных и фазовых искажений, оказывается, с одной стороны, также достаточно простым, а с другой стороны позволяет физически представить более наглядно поведение частотных характеристик при подборе параметров схемы, поскольку этот метод оперирует реально присущими частотной характеристике максимумами и минимумами.

В настоящее время исследование схем сложной противозумовой коррекции производится в сочетании с так называемым методом переходных характеристик, разработанным в нашей стране в 1963 г. О. Б. Лурье. При исследовании схем коррекции методом переходных характеристик установлено, что при одинаковом выбросе время установления для простой схемы получается для одного каскада на 20...30% больше. Так, при выбросе в 4,3% переходная характеристика для простой схемы при одном каскаде имеет время установления $\tau = 1,211r_1C$, а для сложной $\tau = 0,934r_1C$, т. е. для простой схемы больше на 30% при равных r_1 и C .

Качество коррекции принято оценивать так называемой добротностью схемы $h = r_1C/\tau$, а для многокаскадного усилителя из n каскадов $h_n = r_1C/\tau_n$, где τ_n — время установления для n каскадов.

При большом числе каскадов выигрыш, даваемый сложной схемой, еще более ощутим.

Практическое использование схем коррекции в ламповых усилителях показывает, что при полосе частот до 5 МГц собственными емкостями корректирующих индуктивностей можно пренебречь, получая вполне удовлетворительное совпадение экспериментальных и теоретических характеристик. При этом корректирующая индуктивность получается порядка 10^{-5} Гн. Такие индуктивности можно получить с помощью однослойных цилиндрических катушек малого диаметра, собственные емкости которых очень малы, что весьма удобно, так как могут быть использованы серийные катушки типов КИ, КИП, используемые при разработке отечественных МКЦТ и видеоманитофонов. Для осуществления более качественной коррекции, например в ламповых схемах, частичные емкости схемы (без включенных в нее корректирующих катушек) должны измеряться при накаливаемых лампах (так как $C_{вх}$ ламп с большой крутизной в накаленном состоянии намного больше, чем в холодном) и при поданном отрицательном смещении на сетку (во избежание шунтирующего действия сеточного тока), а в транзисторных схемах этим эффектом можно пренебречь.

Одним из путей борьбы с шумом может быть также компенсация анодной емкости путем введения так называемой «отрицательной емкости» за счет обратной связи.

Интересный метод компенсации шумов, вызываемых тепловыми флуктуациями, предложен в 1933 г. Г. В. Брауде. Он заключается в том, что шум, вызванный тепловыми флуктуациями, пропорционален (как теоретически доказал Найквист, а экспериментально — Джонсон) только вещественной части полного сопротивления. Поэтому для уменьшения этой компоненты шума входное сопротивление усилителя делается возможно более реактивным, например в виде чистой емкости или индуктивности, а происходящие за счет этого частотные и фазовые искажения корректируются соответствующими АЧХ и ФЧХ самого усилителя. Таким образом, хотя полностью устранить шум от тепловых флуктуаций невозможно, тем не менее значительно их снизить вполне реально, что опровергает ряд утверждений зарубежных исследователей о принципиальной невозможности устранения шумов от тепловых флуктуаций, ограничивающих усиление слабых сигналов.

Обычно при разработке однотрубных камер для увеличения отношения сигнал/шум используют все три вида коррекции (компонентную, конструктивную, схемотехническую) в разных сочетаниях — в зависимости от требуемого назначения камеры, условий работы, массогабаритных параметров и стоимости.

Основной подход при конструктивной коррекции состоит в предельно близком расположении друг от друга первого каскада ПУ и сигнального вывода передающей трубки на предельно дальнем их расположении (того и другого) от узлов и элементов камеры, создающих помехи. При этом важное значение должно быть уделено соединительному выводу между ПУ и трубкой (материал, длина) и экранированию ПУ и трубки. В частности, хороший эффект дает помещение первого каскада ПУ (или всего ПУ) в экранирующий кожух с относительно большим внутренним объемом, располагаемый рядом со специальным колпачком, обеспечивающим магнитную экранировку внешней окружности мишени передающей трубки, а также использование проводника, соединяющего первый каскад ПУ с сигнальным выводом трубки проводом с малым поперечным сечением. Такое решение позволяет уменьшить паразитную емкость между первым каскадом ПУ и окружающими элементами и узлами конструкции камеры.

В ряде случаев целесообразно экранировать передающую трубку, особенно в зоне мишени (планшайбы). Например, известны решения, обосновывающие необходимость помещения передающей трубки (вместе с ОС) в цилиндрический экран, который со стороны планшайбы трубки имеет дополнительную съемную чашку с отверстием для прохождения света на мишень. К внутренней поверхности чашки соосно с отверстием приклеивается шайба толщиной около 0,1 мм из аморфного материала с очень высокой магнитной проницаемостью из сплава 80% Ni и 20% Fe. Наружный диаметр шайбы соответствует внутреннему диаметру чашки. Такая конструкция хорошо защищает трубку от воздействия различных внешних магнитных полей. В некоторых случаях возникает необходимость защиты трубки и от статического электричества, как это имеет место в фокусирующей системе многосигнального видикона ЛИ-487 типа

ФС-18П2. Для улучшения шумовых характеристик камеры возможна также эксплуатация передающей трубки в режиме с заземленной сигнальной пластиной. В этом случае подход к выполнению конструктивной коррекции несколько иной.

Выводы. Таким образом, для повышения отношения сигнал/шум в однотрубных МКЦТ следует правильно сочетать, с одной стороны, выбор соответствующей компонентной базы и методов конструирования, основанных на последних достижениях теории и эксперимента, а с другой — использование наиболее подходящих с точки зрения удорожания камеры и приемлемых массогабаритных параметров методов схмотехнической коррекции. При этом следует стремиться к оптимальному соотношению между всеми видами коррекции, которое должно быть выбрано индивидуально — в зависимости от предъявляемых конкретных технических требований к камере по величине отношения сигнал/шум и другим основным параметрам.

Глава 5.

КОНСТРУКЦИИ И СХМОТЕХНИКА ОДНОТРУБНЫХ КАМЕР, ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА

5.1. Зарубежные однотрубные малогабаритные камеры

Первые экспериментальные образцы однотрубных МКЦТ, испытания которых дали положительные результаты, были разработаны в конце 60-х — начале 70-х годов. К ним прежде всего относятся так называемые системы Spektraplex, Interplex CBS и NHK [5, 7, 27, 33]. Экспериментальный образец однотрубной камеры корпорации NHK, разработанный в 1971—1973 гг., выполнен на сатиконе типа М—М диаметром 26 мм с фазовой системой ПСДИ. Структура видеотракта и система цветodelения Y—RGB в данной камере соответствовали уже известным в то время четырехтрубным студийным камерам. Данная камера имела разрешающую способность около 240 ТВЛ и отношение сигнал/шум в канале яркости около 40 дБ. Масса камеры составляла 5,4 кг (масса всей системы вместе с объективом, видеоманитофоном и батареями питания около 15 кг), рабочая освещенность на объекте 2000 лк при диафрагме 1:5,6, а минимальная 200 лк при диафрагме 1:2,2. Эти параметры позволяли использовать такую систему где угодно, кроме студий. Благодаря использованной системе цветodelения в камере NHK имели место потери красной и синей составляющих светового потока в размере 1/2 части.

В то время были известны и другие однотрубочные системы, в которых формирование цветowych сигналов осуществлялось с помощью вращающихся светофильтров перед мишенью обычной передающей трубки черно-белого изображения — так называемые системы с последовательной передачей цвета по полям (кадрам) с диском Нипкова и аналогичные им [1—3]. В частности, однотрубочная камера типа WL-30691 фирмы Westinghouse (США) на трубке секон работала на космическом корабле «Аполлон-12» и вышла из строя через 45 мин после начала сеанса передачи с поверхности Луны в результате попадания прямых солнечных лучей. Затем фирмой RCA была разработана более совершенная камера на трубке типа кремникон с переносом изображения (типа SIT—Silicon Intensifer Tube) для передачи цветного изображения подвижных объектов из командных и лунных модулей, а также с поверхности Луны. Эта камера была проще и легче камеры фирмы Westinghouse. Масса камеры составляла 4,5 кг, габаритные размеры 101×165×418 мм (включая оптику и блок питания), потребляемая мощность 13 Вт, интервал рабочих температур —157 ... +120° С. По тем временам это высокие параметры. Режим разложения в данных камерах 30 кадров/с на 525 строк. В дальнейшем на корабле «Аполлон-15» использовались обе эти камеры.

Экспериментальная однотрубочная камера типа KCN фирмы Siemens выпуска 1973 г. была построена на трубке Interplex. К этому времени имелся уже и образец камеры на трубке с секционированной мишенью фирмы Hitachi.

Появление в 1964—1978 гг. серийных однотрубочных камер FP-3030 (3030A, 3030B) фирмы Hitachi, CTC-5X и CTC-7X фирмы GBC, IK-12 фирмы Toshiba, Sicolor, K-60 фирмы Siemens, PCP90B и LPK-13 фирмы Philips, KCR-40 фирмы Siemens, FP-1500 и HV-1500, HV-9017 фирмы Hitachi, WV-3300/3310 фирмы Panasonic, а затем и G-71/31P фирмы JVC и DXC-1610 фирмы Sony положили начало массовому производству таких камер на базе всех рассмотренных в гл. 1 систем. Все эти камеры были построены на трубках видиконного типа диаметром 26 мм (LDK-13 на трубке 5/8").

Разрешающая способность большинства рассмотренных камер не превышает 250—270 ТВЛ (кроме DXC-1610 на триниконе и Sicolor K-60 на трубке Interplex), а масса лучших из них не превышает 2 кг.

К концу 70-х годов стало ясно, что прогресс в области элементной базы и передающих трубок позволяет создавать однотрубочные камеры цветного телевидения весьма небольших размеров на трубках уменьшенных диаметров (18 мм и менее). В результате уже в начале 80-х годов за рубежом массовый выпуск таких МКЦТ получил большое распространение и перед разработчиками камер возник вопрос о конструктивном объединении малогаба-

ритной камеры и видеомэагнитофона. Итэа, в середине 80-х годов ведущие радиоэлектронные фирмы Японии (Matsushita, Sony, NEC, Toshiba и др.) начали серийное производство моноблочных видеоконплексов, объединяющих малогабаритную камеру на одной трубке (или ТПИ) и малогабаритный кассетный видеомэагнитофон формата 12 или 8 мм, известных за рубежом под названием Camcorder [85, 86].

На рис. 5.1—5.6 показаны образцы современных малогабаритных камер цветного телевидения зарубежного производства, в том числе моноблочный конплекс NV-M7E фирмы Panasonic.

Масса, габаритные размеры и потребляемая мощность современных однотрубочных МКЦТ определяют аналогичные параметры создаваемых на их базе моноблочных видеоконплексов. На-

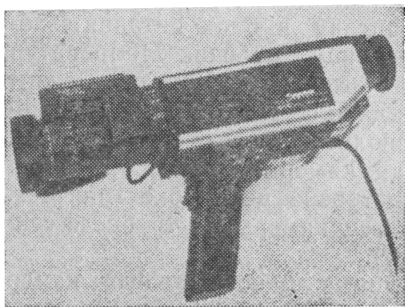


Рис. 5.1. Камера WVP-55E фирмы Panasonic

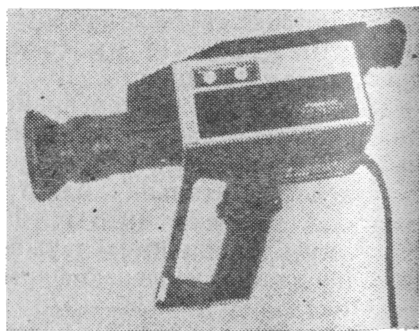


Рис 5.2. Камера WV-3030E фирмы Panasonic

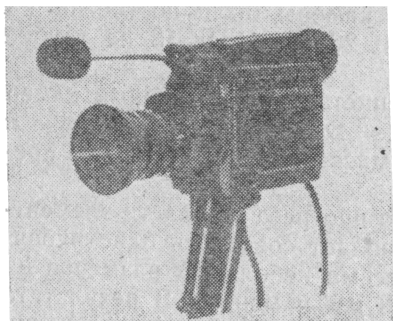


Рис. 5.3. Камера GP-41D/F Hitachi

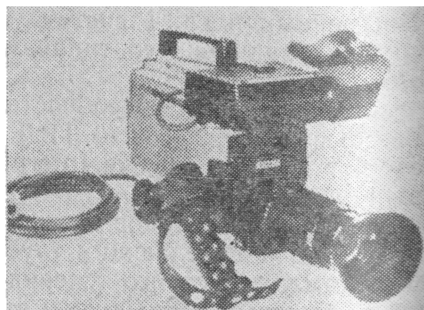


Рис. 5.4. Камера DXC-1610P фирмы Sony



Рис. 5.5. Камера FAC-1800 фирмы Grundig

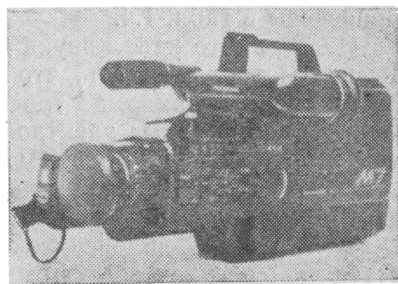


Рис. 5.6. Камкордер NV-M7E фирмы Panasonic

пример, масса камеры GX-N5 фирмы JVC на трубке S-4145 диаметром 18 мм составляет 1,4 кг, камер WVP-A1E/N, WVP-A2E/N фазовой системы фирмы Panasonic на ньюкосвиконе S 4161 диаметром 13 мм — 1,1 и 1,3 кг соответственно (при потребляемой мощности от источника 12 В 4,2 и 4,7 Вт соответственно), камеры GZ-S3 фирмы JVC на сатиконе диаметром 13 мм — 1,25 кг (при потребляемой мощности от источника 12 В около 5,5 Вт), камеры HVC-1100 индексной системы фирмы Sony на триниконе диаметром 18 мм — 2,2 кг (при потребляемой мощности от источника питания 12 В не более 7,7 Вт), камеры K-770 фирмы Minolta на сатиконе диаметром 13 мм — 1,6 кг, камеры XC-30 фирмы SHARP на видиконе диаметром 18 мм — 1,4 кг, камеры F612C фирмы Fuji на видиконе диаметром 18 мм — 1,9 кг (при потребляемой мощности 9,5 Вт) [87, 88].

Масса моноблочного комплекса типа FX203 (Movimag) корпорации Futek (фирм Eltex Var. и Future Technology) выпуска 1981 г. 2,7 кг, комплекса SF-P3 системы VHS на основе камеры GZ-S3 фирмы JVC около 3 кг (при потребляемой мощности около 10 Вт и стоимости менее 1,5 тыс. долл.), профессионального видеокомплекса BVW-1 системы Betacam фирмы Sony на триниконе HBST диаметром 18 мм около 8 кг (при потребляемой мощности от источника питания около 15 Вт), профессионального видеокомплекса BVP-110 фирмы Sony на триниконе HBST диаметром 18 мм выпуска 1982 г. — 4 кг (при потребляемой мощности около 10 Вт), видеокомплекса Microvideo фирмы Matsushita выпуска 1984 г. на ньюкосвиконе S 4156 диаметром 13 мм 2,1 кг (при потребляе-

мой мощности всего 5 Вт), комплекса BVW-2N выпуска 1984 г. системы Betacam корпорации NHK на триниконе диаметром 13 мм — 4,1 кг (при потребляемой мощности 15 Вт).

Основные технические параметры наиболее известных камер и моноблочных видеокомплексов на основе однотрубчатых МКЦТ приведены в табл. 1.4.

Полагая, что канал звука в данном случае не представляет интереса, можно отметить, что современные однотрубчатые МКЦТ состоят, как правило, из трех конструктивно законченных блоков: собственно камеры, электронного видоискателя и оптического устройства. Некоторые МКЦТ, кроме того, могут быть снабжены сетевым блоком электропитания. Структурные схемы однотрубчатых МКЦТ различных систем ПСДИ были рассмотрены в гл. 1.

Электронные видоискатели (ЭВ) современных МКЦТ представляют собой миниатюрный телевизор черно-белого изображения (без радиоканала) на кинескопе с диагональю 26...40 мм и предназначены для визуального контроля изображения объекта (при съемке), а также для контроля записанного на видеоманитонфон изображения (оперативный просмотр записи), например с целью его монтажа. Современные ЭВ зарубежных малогабаритных камер могут быть выполнены на жидкокристаллических индикаторах или газоразрядных панелях черно-белого или цветного изображения.

В состав камеры обычно входят следующие основные функциональные узлы: оптическое устройство (ОУ); передающая трубка с ОС, ФОС, ФК; генераторы строчной и кадровой разверток; предварительный усилитель; промежуточный видеотракт (усиление, гамма-коррекция, апертурная коррекция, матрицирование, фиксация, АРУ и др.); декодирующее устройство; кодирующее устройство стандартных систем цветного телевидения PAL, NTSC или SECAM; синхрогенератор; канал звука (усилитель низкой частоты с моно- или стереофоническим микрофоном); преобразователь напряжения; электронный видоискатель; сервисные и контрольные устройства, автоматические регуляторы.

В состав ЭВ входят: приемная ЭЛТ с ОС или ФОС (жидкокристаллическая или газоразрядная панель); видеоусилитель; преобразователь напряжения для формирования напряжения питания анода, фокусирующего электрода и накала кинескопа; генераторы кадровой и строчной разверток; сервисные устройства (индикация и обслуживающие цепи: компараторы, счетчики, таймеры, микропроцессоры).

Сведения об элементной базе различных однотрубчатых МКЦТ и их электронных видоискателей приведены в § 5.3. Основные технические параметры ЭВ зарубежных МКЦТ: разрешающая способность не менее 300...350 ТВЛ, число градаций яркости не менее 8...10, напряжение анода кинескопа 3...5 кВ. Потребляемая

мощность ЭВ от источника электропитания 9 или 12 В не превышает 1...1,8 Вт, масса не более 0,5 кг (при выполнении в виде конструктивно законченного блока).

В состав ОУ современных МКЦТ входят: светосильный вариобъектив небольших размеров с кратностью изменения фокусного



Рис. 5.7. Оптические устройства для камер цветного телевидения фирмы Fujji

Таблица 5.1

Основные технические параметры оптических устройств фирмы Fujji

Параметр	A10×11BRM-8*	A12×9BPM-2A	A14×9,5BERM-8	A17×9BERM-2	A22×12,5BERM-2
Фокусное расстояние, мм	11...110	9...108	9,5...133	9...153	12,5...275
Кратность объектива	10*	12*	14*	17*	22*
Наибольшее апертурное отношение	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6
Регулировка диафрагмы	Ручная и автоматическая				
Изменение фокусного расстояния	Ручное с электронным приводом				
Минимальное расстояние до объекта, м	1	0,8	0,8	0,9	2,0
Тип соединения	Байонетное				
Масса, кг	1,2	1,9	1,75	2,4	12

* Оптическое устройство A10×11BRM-8 используется в камере DXC-6000K фирмы Sony.

расстояния от 6 до 22^x; устройство автоматического диафрагмирования — так называемое устройство автоматической регулировки диафрагмы (АРД); устройство масштабирования с ручным кнопочным или сенсорным управлением; устройство автоматической наводки на резкость — так называемое устройство автоматической фокусировки (АФ) на основе ультразвуковых или инфракрасных датчиков; устройство по введению различных фильтров (корректирующих или нейтральных) или тестов (молочное стекло и т. п.), а также оптические фильтры нижних пространственных частот различной конструкции. Основными изготовителями таких ОУ являются фирмы Fujji, Canon, Fujjinon, Fidjitsu (Япония).

Наиболее известные образцы оптических устройств на основе вариообъективов, например фирмы Fujji, показаны на рис. 5.7.

В табл. 5.1 приведены основные технические параметры оптических устройств.

5.2. Отечественные однотрубные малогабаритные камеры

Камера «Электроника 810Ц»

В нашей стране с 1978 по 1989 г. разрабатывались однотрубные МКЦТ индексной и фазовой систем ПСДИ (триниконного и косвиконного типов), а в 1981 г. авторами был создан опытный образец однотрубной камеры индексной системы триниконного типа «Электроника 810Ц» («Цветок-1») на видиконе диаметром 26 мм.

На рис. 5.8 приведена ее структурная схема, а на рис. 5.9 показан внешний вид.

С выхода предварительного усилителя (ПУ) сигнал поступает на регулируемый усилитель (РУ), выполненный на транзисторах КТ315Б. В этом усилителе осуществляется ручная (РРУ) или автоматическая (АРУ) регулировка усиления (ручная — с помощью потенциометра, автоматическая — с помощью детектора АРУ на диодах КД521). Сигнал на детекторе АРУ поступает с формирующего усилителя. Выбор режима регулировки осуществляется с помощью переключателя В типа ПТ17-1.

На выходе регулируемого усилителя видеосигнал разделяется на цепи формирования яркостной и цветовой составляющих.

Режекторный фильтр (РФ) вырезает поднесущую и передает яркостную составляющую к апертурному корректору (АК) и далее на формирующий усилитель (ФУ).

Поднесущая частота сигналов цветности выделяется полосовым фильтром (ПФ) и через схему вычеркивания (СВ) поступает на гребенчатый фильтр (ГФ).

Поднесущая проходит через линию задержки 1—*H* на сумматор и вычитатель, на которые поступает также незадержанная

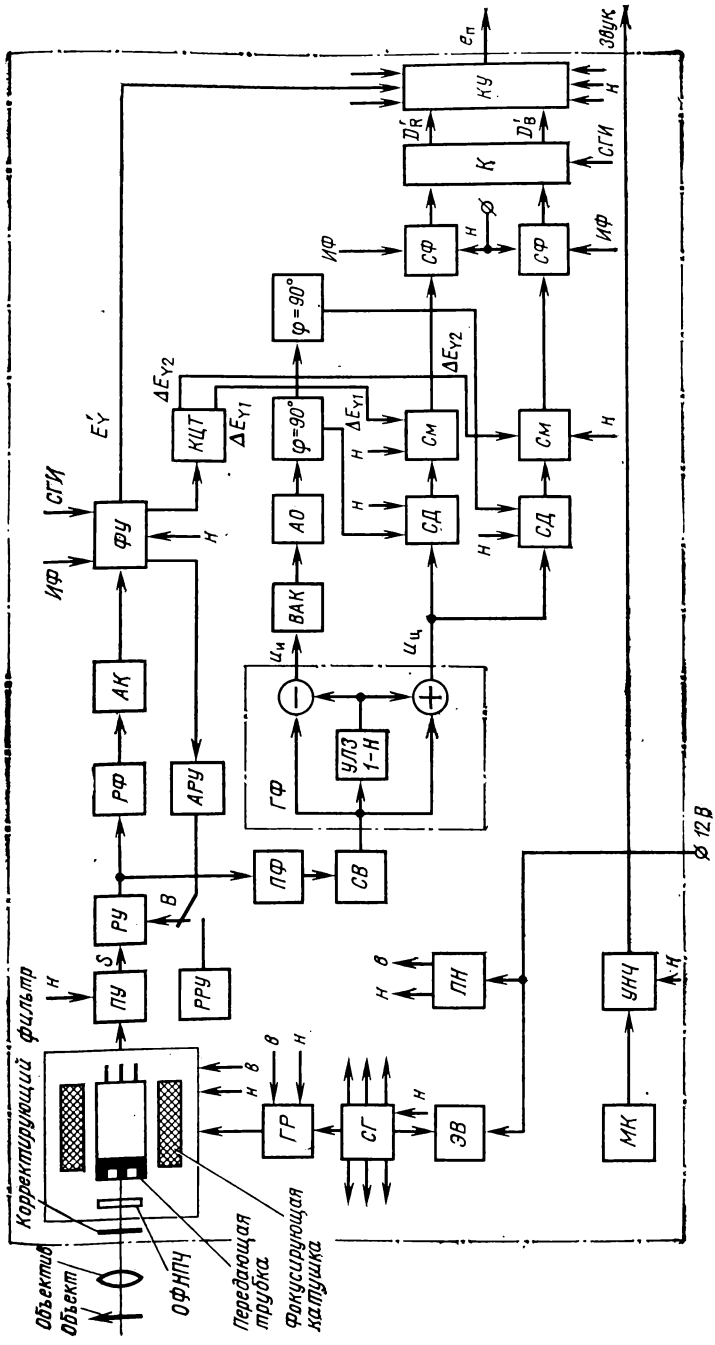


Рис. 5.8. Структурная схема камеры «Электроника 810Ц» («Цветок-1»), разработанной НПО «Комплекс» (г. Новгород) в 1981 г.:
 «н» и «р» — низкий и высокий уровни напряжения, формируемые преобразователем

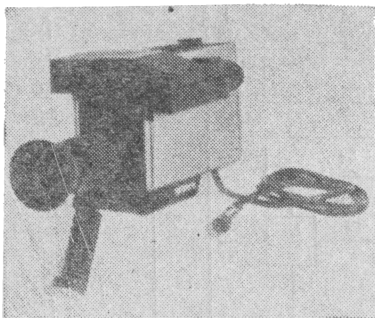


Рис. 5.9. Камера «Электроника 810Ц» («Цветок-1»), 1981 г.

в котором повышается отношение сигнал/шум. С выхода ВАК индексный сигнал поступает на амплитудный ограничитель (АО), выполненный на микросхеме К174УРЗ. Ограниченный сигнал u_n поступает на цепочку фазовращателей $\varphi = 90^\circ$.

С выходов фазовращателей сигналы u_n , отличающиеся по фазе на угол 90° , поступают на синхронные детекторы (СД), выполненные на микросхемах К174УРЗ, на которые поступает также сигнал цветности u_c с выхода ГФ.

На выходе СД формируются два цветоразностных сигнала $E_{Y-R} = D_R$ и $E_{Y-B} = D_B$. Первый фазовращатель $\varphi = 90^\circ$ необходим для точной установки начальной фазы сигнала u_n .

Сигналы D_R и D_B с выходов СД поступают на смесители (См), на которые поступают также добавки ΔE_Y с выхода корректора цветовой температуры (КЦТ), выполненного на транзисторах КТ515Б и позволяющего легко корректировать цветовую температуру источника. В результате этого на выходе смесителей получают скорректированные сигналы $D_R \pm \Delta E_Y$ и $D_B \pm \Delta E_Y$, которые проходят соответствующие схемы фиксации (СФ) и поступают на коммутатор (К) цветоразностных сигналов, в котором осуществляется «замешивание» в сигналы D'_R и D'_B гасящих импульсов (СГИ). С выхода коммутатора сигналы D'_R и D'_B поступают на кодирующее устройство (КУ) системы SECAM [89].

Яркостная составляющая с выхода РФ поступает на АК, выполненный на транзисторах КТ315Б и линии задержки ММЛЗ 0,5/600.

С выхода АК сигнал яркости поступает на формирующий усилитель (ФУ), выполненный на транзисторах КТ315Б и КТ361; ФУ выполняет следующие функции: усиление, формирование и гамма-коррекцию видеосигнала. Формирование видеосигнала заключается в введении в видеосигнал гасящих импульсов (СГИ),

поднесущая. Сумматор выделяет сигнал цветности, т. е. цветовую поднесущую без индексного сигнала, так как индексный сигнал в соседних строках при сложении компенсируется, а вычитатель выделяет индексный сигнал без цветовой информации, так как последняя при этом полностью вычитается.

Индексный сигнал u_n поступает на вертикальный апертурный корректор (ВАК), выполненный по обычной схеме с линией задержки типа УЛ364-4,

ограничении гасящих импульсов и «белых пиков» видеосигнала. Перед ограничением и гамма-коррекцией видеосигнала необходима фиксация уровня черного, для чего на ФУ подается импульс фиксации (ИФ).

С выхода ФУ сформированный широкополосный сигнал яркости E'_Y поступает на кодирующее устройство (КУ) системы SECAM. Оно предназначено для кодирования цветowych видеосигналов, поступающих с выхода декодирующего устройства однострубочной МКЦТ, в полный цветовой телевизионный сигнал, соответствующий стандартной системе цветного телевидения SECAM-IIIВ.

Полный цветовой телевизионный сигнал в соответствии с ГОСТ 21759—76 состоит из сигнала яркости, сигнала цветности, сигнала цветовой синхронизации (опознавания строк), а также сигналов синхронизации и гашения. Сигнал цветности должен представлять собой цветные поднесущие, промодулированные по частоте двумя чередующимися от строки к строке цветоразностными сигналами D'_R и D'_B .

Структурная схема кодирующего устройства приведена на рис. 5.10. Оно выполнено на микросхемах общего применения. Все необходимые для работы КУ управляющие сигналы формируются синхрогенератором:

сигнал синхронизации приемника положительной полярности размахом 5 В на нагрузке 100 кОм (ССП);

строчные гасящие импульсы положительной и отрицательной полярности размахом 9 В на нагрузке 100 кОм (СГИ);

сигнал длительностью $9H$ положительной полярности размахом 5 В на нагрузке 100 кОм ($9H$);

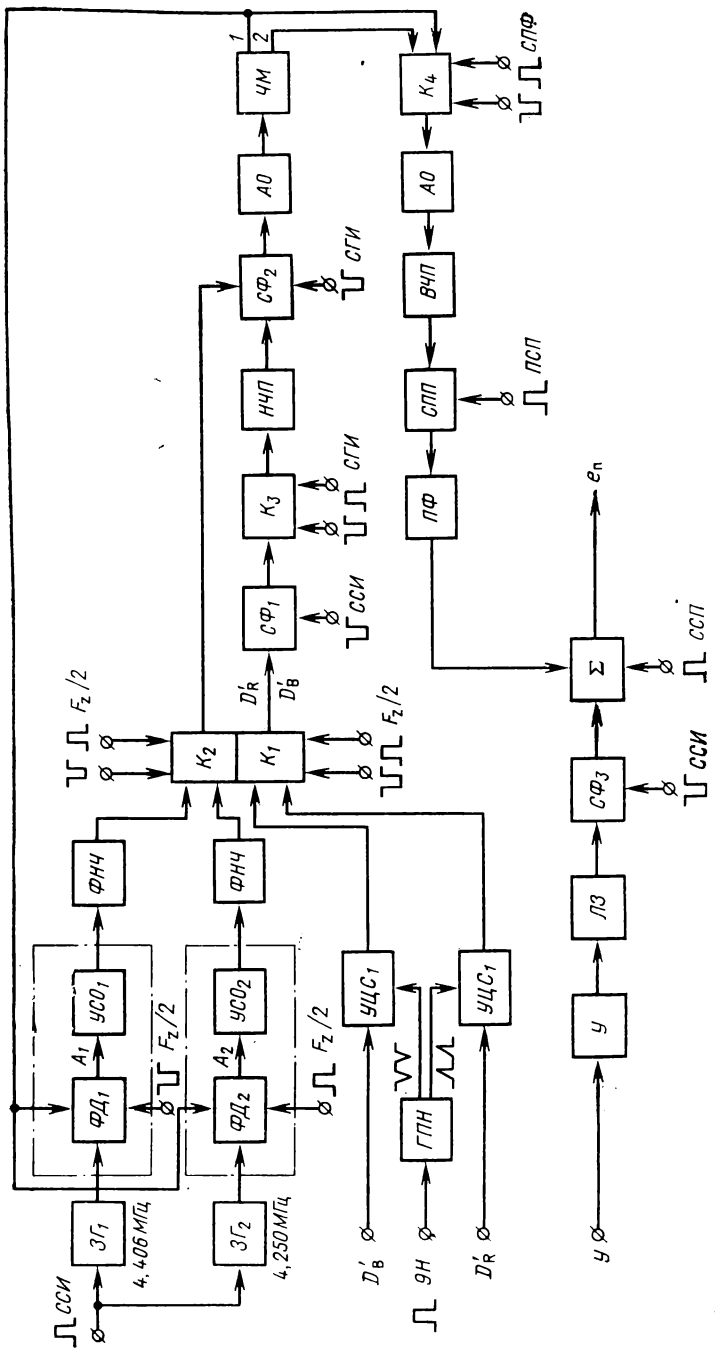
сигнал чередования строк положительной и отрицательной полярности размахом 5 В на нагрузке 100 кОм ($F_z/2$);

полный сигнал подавления поднесущей положительной полярности размахом 5 В на нагрузке 100 кОм (ПСП);

сигнал поворота фазы положительной и отрицательной полярности размахом 9 В на нагрузке 100 кОм (СПФ).

Входными цветовыми сигналами кодирующего устройства в экспериментальном образце камеры являются цветоразностные сигналы D'_R и D'_B размахом 200 мВ, которые поступают на усилители цветоразностных сигналов (УЦС), выполненные на транзисторах. В этих же блоках осуществляется «замешивание» пилообразных сигналов, необходимых для формирования сигналов цветовой синхронизации.

Коммутатор K_1 , выполненный на микросхеме типа 176КТ1, управляется импульсами с частотой $F_z/2$. На выходе K_1 коммутированные через строку цветоразностные сигналы D'_R и D'_B , вместе с сигналами цветовой синхронизации фиксируются схемой



фиксации $S\Phi_1$ на уровне управляющих импульсов строчной частоты.

Коммутатор K_3 , выполненный на микросхеме 176КТ1 и управляемый строчными гасящими импульсами, служит для точной подстройки опорного уровня видеосигнала с помощью потенциометра; он также не пропускает модулирующий сигнал во время обратного хода по строке.

Для повышения помехоустойчивости приема видеосигналы в кодирующем устройстве подвергаются низкочастотным предискажениям (НЧП), которые заключаются в подъеме высоких частот в соответствии с ГОСТ 21759—76.

С выхода схемы НЧП видеосигнал через схему фиксации ($S\Phi_2$) и двусторонний амплитудный ограничитель поступает на частотный модулятор (ЧМ), выполненный на микросхеме 155ЛА3 и предназначенный для формирования частотно-модулированного сигнала согласно ГОСТ 21759—76.

Стабильность работы частотного модулятора определяется схемой автоматической подстройки фазы, состоящей из фазовых детекторов (ФД), усилителей сигналов ошибки (УСО) на микросхемах К174УР3, фильтров нижних частот (ФНЧ) с полосой пропускания 1,5 МГц, кварцевых генераторов опорных поднесущих частот на микросхемах 155ЛА3 и электронного коммутатора (K_2) на микросхеме 176КТ1.

С помощью импульсов полустрочной частоты $F_z/2$ осуществляется поочередная работа по строкам фазовых детекторов, где происходит сравнение сигналов, поступающих с выхода частотного модулятора, с кварцеванными поднесущими частотами $F_{0R} = 4,40625$ МГц и $F_{0B} = 4,2500$ МГц.

Кварцевые резонаторы типа 1-14-ГС возбуждаются импульсом частоты строк.

В результате сравнения в фазовых детекторах вырабатываются различные сигналы ошибки, которые через коммутатор K_2 и схему фиксации уровня $S\Phi_2$ поступают на частотный модулятор, подстраивая частоту генерируемых колебаний.

Управление уровнем фиксации в схеме $S\Phi_2$ и замыкание петли автоматической подстройки фазы осуществляются строчными гасящими импульсами. Во время прямого хода строки уровень фиксации, определяемый сигналом АПФ, удерживается накопительным конденсатором; этим обеспечивается нулевая частота генерируемых колебаний при отсутствии модулирующего сигнала. С выходов 1 и 2 частотного модулятора ЧМ-сигналы двух полярностей поступают на коммутатор K_4 (микросхема 176КТ1), где осуществляется коммутация фазы сигнала поднесущей через две строки на третью и от поля к полю для снижения заметности колебаний поднесущей на экране ТВ-приемника. Затем ЧМ-сигнал через диодный амплитудный ограничитель (АО) поступает на

схему высокочастотных предскажений (ВЧП), которая создает подъем амплитуд боковых частот сигнала относительно колебаний поднесущей согласно ГОСТ 21759—76. Схема ВЧП выполнена на транзисторе. С выхода этой схемы ЧМ-сигнал поступает на схему подавления поднесущей (СПП) на транзисторе, где осуществляется подавление поднесущей во время строчных и кадровых гасящих импульсов (за исключением тех интервалов времени, когда передаются сигналы цветовой синхронизации и сигналы цветowych вспышек).

Через полосовой фильтр (ПФ), который ограничивает спектр частот, видеосигнал подается на сумматор (Σ), выполненный на транзисторе. В сумматоре происходит сложение сигнала яркости с сигналом цветности на поднесущей и «замешивается» полный синхронизирующий сигнал приемника.

Сигнал яркости предварительно усиливается в усилителе (У), задерживается на 0,5 мкс линией задержки (ЛЗ) типа ММЛЗ 0,5/600 для совмещения во времени с сигналом цветности и фиксируется.

Таким образом, с выхода сумматора снимается полный сигнал цветного телевидения системы SECAM положительной полярности размахом 1 В на нагрузке 75 Ом.

Кодирующее устройство имеет размеры 120 мм × 150 мм × 20 мм. Потребляемая мощность от источника +9 В не превышает 1,4 Вт.

Предварительный усилитель камеры «Электроника 810Ц» построен по обычной структурной схеме с обратной связью и сложной противозумовой коррекцией. Особенностью ПУ является применение полевого транзистора КП601А в первом каскаде, обладающего высокой крутизной (до 50 мА/В или около 20 мА/В при питании от источника 9 В) и имеющего входную емкость, соответствующую выходной емкости трубки триникон. Разработанный ПУ обеспечивает достаточно высокие стабильность параметров, отношение сигнал/шум, широкий динамический диапазон и минимальные частотные искажения. Размах сигнала на выходе ПУ достигает 0,2 ... 0,3 В.

Принципиальные электрические схемы предварительного усилителя кодирующего и декодирующего устройств приведены в Приложении 4 (рис. П4.1—П4.3).

Синхрогенератор предназначен для формирования синхронизирующих, управляющих и гасящих сигналов, необходимых для функционирования экспериментального образца цветной однострубочной телевизионной камеры. Существующие в нашей стране синхрогенераторы (СГ) студийных камер, формирующие синхронизирующие, гасящие и управляющие сигналы, в соответствии с требованиями системы телевизионного вещания наряду с высокой стабильностью имеют значительные габариты и большую потребляемую мощность; по этой причине они не могут быть использова-

ны в малогабаритных цветных телевизионных камерах для видео-записи.

Помимо требований, общих для всех телевизионных синхрогенераторов, к СТ малогабаритной цветной камеры предъявляются следующие требования:

обеспечение стандартных значений параметров всех импульсов и сигналов в широком диапазоне температур в течение длительного времени;

- незначительное время включения;
- высокая стабильность частоты;
- минимальная потребляемая мощность;
- минимальные габариты и масса.

С учетом перечисленных требований был разработан синхрогенератор для экспериментального образца МКЦТ «Электроника 810Ц». Он обеспечивал стабильность частоты, которая определялась стабильностью кварцевого задающего генератора (ЗГ) и логических элементов и удовлетворяла требованиям стандарта не хуже $3 \cdot 10^{-6}$. Синхрогенератор выполнен на микросхемах серии К176, которая обеспечивает минимальную потребляемую мощность и массу.

Структурная схема синхрогенератора приведена на рис. 5.11. Генератор с кварцевой стабилизацией частоты формирует прямоугольные импульсы с частотой следования 1 МГц. ВЧ-сигнал задающего генератора является входным для делителя до частоты строк $F_z = 15625$ Гц. Строчный делитель на 64 построен на D-триггерах с суммарной задержкой линейки, равной 3τ .

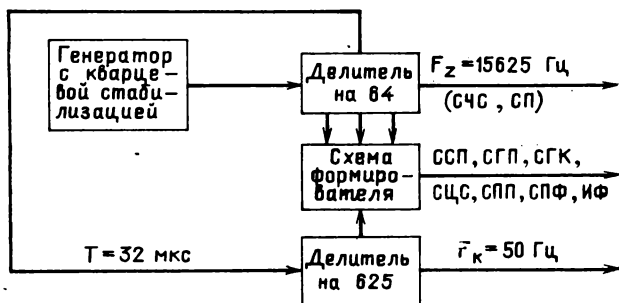


Рис. 5.11. Структурная схема синхрогенератора экспериментального образца МКЦТ

Импульсы полустрочной частоты, сформированные в строчном делителе длительностью $T = 32$ мкс, используются в качестве входных для делителя до частоты кадров $F_k = 50$ Гц.

Кадровый делитель на 625 построен также на D-триггерах (четыре последовательно соединенных делителя на 5). Суммарная задержка в сформированном таким образом делителе равна 5τ .

Схема формирователя, построенная на D-триггерах, элементах Иключающее ИЛИ, ИЛИ—НЕ, И—НЕ, вырабатывает сигнал синхронизации приемника (ССП), сигнал гашения приемника (СГП) и другие сигналы, необходимые для работы кодирующего устройства системы СЕКАМ: сигнал поворота фазы (СПФ), полный сигнал подавления поднесущей (СПП), сигнал цветовой синхронизации (СЦС), сигнал чередования строк (СЧС) в соответствии с ГОСТ 7845-79, а также сигнал гашения камеры, импульс фиксации в соответствии с рис. 5.12.

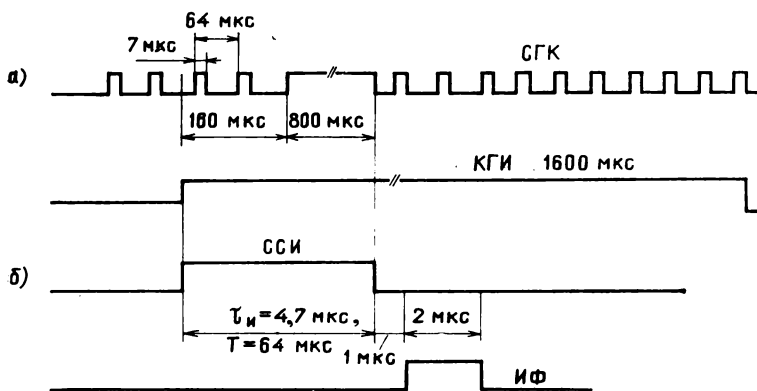


Рис. 5.12. Формы сигнала гашения камеры (а) относительно кадрового гасящего импульса и импульса фиксации (б) относительно строчного синхронизирующего импульса

Амплитуда выходных сигналов положительной полярности, снимаемых с микросхем серии К176, равна 9 В, поэтому для дальнейшего их использования в экспериментальном образце МКЦТ на выходе синхрогенератора использовался преобразователь уровня ЭК561ПУЧ.

Возможно построение синхрогенератора на микросхемах серии К155, время задержки включения и выключения которых меньше, и тем самым возможно значительное повышение стабильности частоты, но при этом потребляемая мощность возрастет более чем в 200 раз.

Генераторы разверток ГСР и ГКР предназначены для питания противофазными пилообразными напряжениями отклоняющей системы дефлектор передающей трубки.

Структурная схема генераторов разверток ГСР и ГКР приведена на рис. 5.13. Они различаются только номиналами некоторых элементов, а также входными и выходными сигналами. Питаются генераторы разверток от источников с напряжениями +9, +450

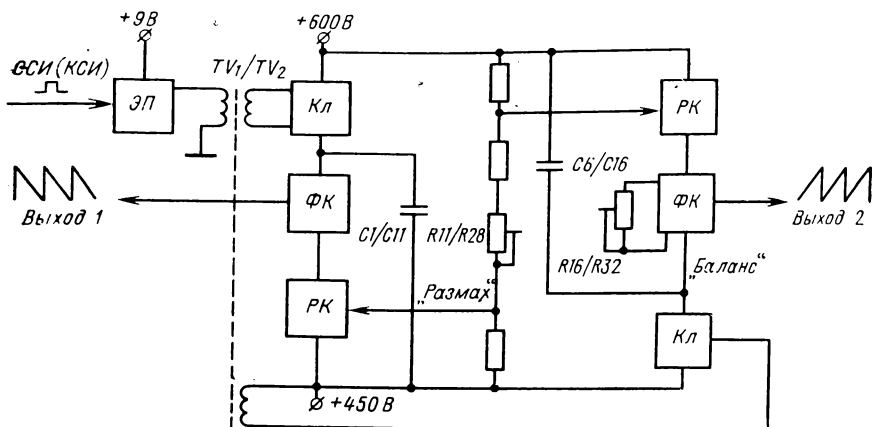


Рис. 5.13. Структурная схема генераторов разверток камеры «Электроника 810II»

и +600 В. Запуск генераторов разверток ГСР и ГКР осуществляется положительными строчными (ССИ), кадровыми (КСИ) синхронизирующими импульсами амплитудой не менее 3 В. Генераторы разверток выдают противофазные пилообразные напряжения амплитудой до 150 В. Амплитуды противофазных пилообразных напряжений в ГКР и ГСР в необходимых пределах регулируются переменными резисторами R_{11} и R_{28} «Размах» соответственно.

Резисторы R_{16} и R_{32} «Баланс» предназначены для выравнивания амплитуд противофазных пилообразных напряжений в ГКР и ГСР соответственно.

Запускающие импульсы КСИ и ССИ положительной полярности поступают на эмиттерные повторители (ЭП) в ГКР и в ГСР соответственно. В эмиттерную цепь ЭП включена одна из обмоток импульсных трансформаторов TV_1 в ГКР и TV_2 в ГСР. С их выходных обмоток запускающие импульсы поступают на ключи (Кл), выполненные на тиристорах. В момент открытия ключей времязадающие емкости C_1 , C_6 в ГКР и C_{11} , C_{16} в ГСР быстро заряжаются до $U_{\text{макс}} = 150$ В, т. е. до амплитуды, равной разности напряжений $+ (600 \text{ В} - 450 \text{ В}) = +150$ В. В момент закрытия ключей эти времязадающие емкости разряжаются, образуя на выходах формирующих каскадов (ФК) противофазные пилообразные напряжения. С выходов ФК эти напряжения через емкости подаются на отклоняющую систему «дефлектрон».

В цепи разряда времязадающих емкостей включены регулируемые каскады (ПК), выполненные на транзисторах. Они работают по типу управляемых резисторов. С помощью переменных резисто-

ров R_{11} и R_{28} «Размах» изменяются базовые токи транзисторов регулируемых каскадов и тем самым изменяются токи разряда времязадающих емкостей C_1 , C_6 и C_{11} , C_{16} , т. е. регулируются амплитуды выходных противофазных пилообразных напряжений. Модернизированная принципиальная электрическая схема генераторов строчной и кадровой разверток под вариант камеры «Электроника 810Ц» с трубкой типа триникон диаметром 18 мм (с ЭОС «дефлекрон») приведена в Приложении 4.

Преобразователь напряжения (ПН) предназначен для питания необходимыми напряжениями узлов телевизионной камеры. В ПН осуществляется также окончательное формирование смеси гасящих импульсов передающей трубки (СГК).

Структурная схема ПН показана на рис. 5.14. Его питание осуществляется от стабилизированного источника с напряжением $+9$ В.

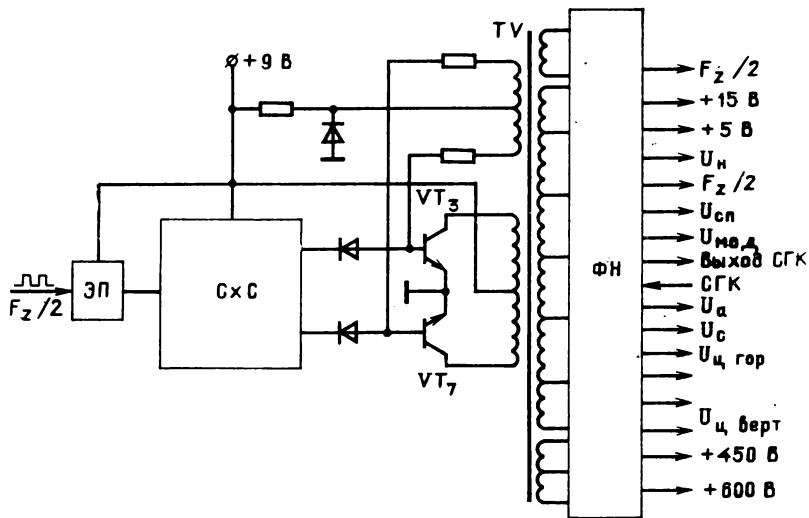


Рис. 5.14. Структурная схема преобразователя напряжения камеры «Электроника 810Ц»

На ПН подаются импульсы полустрочной частоты $F_z/2$ типа меандр для синхронизации и импульсы гашения камеры (СГК).

На выходе формирователя напряжений (ФН) образуются напряжения:

противофазные полустрочной частоты $F_z/2$ типа меандр для питания трансформатора сигнала индексации предварительного усилителя;

+15 В для питания регулирующего транзистора стабилизатора напряжением +9 В;

+5 В для питания микросхем;

накала передающей трубки;

полустрочной частоты $F_z/2$ типа меандр для кодирующего устройства;

для питания сигнальной пластины передающей трубки ($U_{с.п}$);

для питания модулятора передающей трубки ($U_{мод}$);

сформированные импульсы гашения камеры (по катоду);

анода ($U_a = +300$ В);

сетки ($U_c = +450$ В);

центровки раstra передающей трубки по горизонтали ($U_{ц.гор}$), которые подаются на пластины $-H$, $+H$ отклоняющей системе «дефлекtron»;

центровки раstra передающей трубки по вертикали ($U_{ц.верт}$), которые подаются на пластины $-V$, $+V$ отклоняющей системы «дефлекtron»;

+450 В; +600 В для питания генераторов разверток.

Преобразователь напряжений выполнен по двухтактной схеме с положительной обратной связью. Синхронизация ПН осуществляется импульсами полустрочной частоты $F_z/2$, которые подаются на эмиттерный повторитель.

Сформированные в схеме синхронизации (СХС) импульсы синхронизации отрицательной полярности подаются через диоды на базы транзисторов, вызывая закрывание одного из них. Благодаря сильной положительной обратной связи процесс происходит лавинообразно. В результате на обмотках, включенных в коллекторы транзисторов, образуются противофазные импульсы полустрочной частоты с крутыми фронтами.

Выходные напряжения ПН образуются в формирователе напряжений (ФН) по обычным однополупериодным схемам выпрямления и с использованием удвоения.

Напряжения центровки раstra по горизонтали и вертикали выполнены по схеме усилителя постоянного тока. Необходимые постоянные напряжения с ее выходов подаются на схему отклонения «дефлекtron» передающей телевизионной трубки и позволяют точно установить центр раstra передающей трубки.

Стабилизатор фокусирующего тока включает: стабилизатор напряжения +9 В, собственно стабилизатор фокусирующего тока и схему защиты передающей трубки.

Стабилизатор напряжения +9 В предназначен для питания высоковольтного преобразователя напряжений и других узлов камеры.

Стабилизатор фокусирующего тока предназначен для поддержания заданного тока в фокусирующей катушке.

Схема защиты передающей трубки предназначена для автоматического отключения фокусирующего тока при отсутствии импульсов синхронизации строк (ССИ) и кадров (КСИ). Структурная схема стабилизатора фокусирующего тока приведена на рис. 5.15.

Стабилизатор напряжения +9 В питается от источников с напряжениями +12 и +15 В. Последнее подается от высоковольтного ПН камеры после его запуска от источника +9 В.

Стабилизатор фокусирующего тока питается от источников с напряжениями +12 и +9 В.

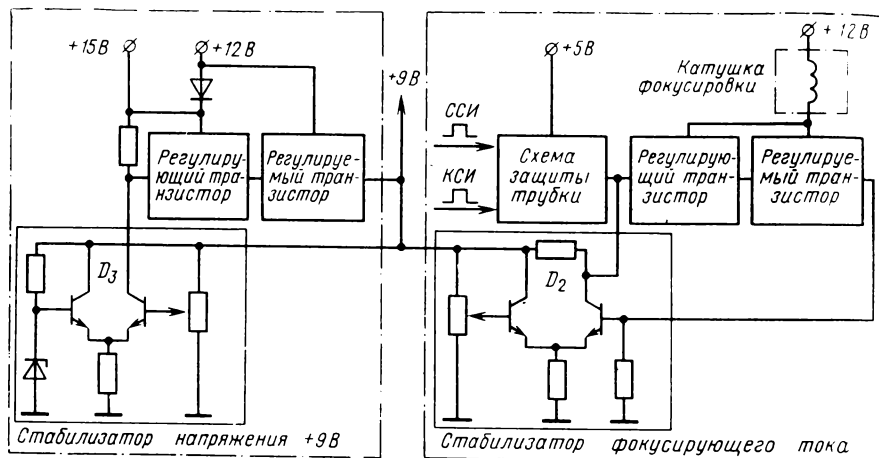


Рис. 5.15. Структурная схема стабилизатора фокусирующего тока камеры «Электроника 810Ц»

Схема защиты трубки питается от источников с напряжениями +5 и +9 В.

Стабилизатор напряжения +9 В работает следующим образом. При увеличении (уменьшении) выходного напряжения увеличивается (уменьшается) потенциал базы правого транзистора микросхемы D_3 и тем самым увеличивается (уменьшается) ток коллектора данного транзистора. Потенциал коллектора этого транзистора, соединенного с базой регулирующего транзистора, будет уменьшаться (увеличиваться), что, в свою очередь, вызовет уменьшение (увеличение) тока эмиттера регулируемого транзистора. В результате выходное напряжение уменьшится (увеличится) до требуемого значения.

Стабилизатор фокусирующего тока работает следующим образом. При увеличении (уменьшении) тока фокусировки, протекаю-

шего через регулируемый транзистор, увеличивается (уменьшается) ток коллектора правого транзистора микросхемы D_2 , соединенного с базой регулирующего транзистора. Потенциал базы регулирующего транзистора уменьшается (увеличивается). В результате уменьшается (увеличивается) до прежнего значения ток регулируемого транзистора или, что то же самое, ток фокусировки.

В цепь базы регулирующего транзистора включена схема автоматического отключения тока фокусировки (схема защиты трубки). На вход этой схемы подаются строчные (ССИ) и кадровые (КСИ) синхроимпульсы. Одновременно ими запускаются генераторы разверток.

При отсутствии на входе схемы защиты трубки импульсов ССИ или КСИ потенциал базы регулирующего транзистора понижается, вызывая его закрывание, а следовательно, закрывание и регулируемого транзистора. Ток в фокусирующей катушке резко уменьшается, вызывая расфокусировку луча передающей трубки, благодаря чему прожога мишени не происходит.

Улучшенный вариант принципиальной схемы преобразователя напряжения приведен в [62].

Схема автоматической регулировки режима передающей трубки (АРР) предназначена для обеспечения нормальной работы камеры при изменении освещенности на объекте в пределах рабочего диапазона. Структурная схема АРР приведена на рис. 5.16.

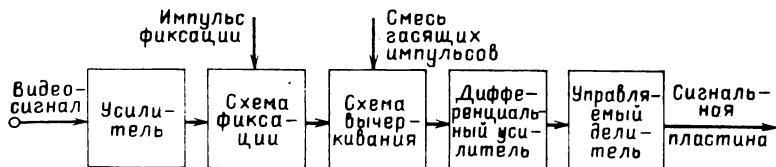


Рис. 5.16. Структурная схема блока автоматической регулировки режима передающей трубки

Принцип действия ее состоит в изменении напряжения на сигнальной пластине трубки при изменении амплитуды входного сигнала (освещенности).

Необходимые для работы схемы АРР управляющие сигналы формируются синхрогенератором:

смесь гасящих импульсов положительной полярности размахом 5 В на нагрузке 100 кОм;

импульсы фиксации строчной частоты положительной полярности размахом 5 В на нагрузке 100 кОм.

Схема АРР выполнена на транзисторах. Видеосигнал поступает на вход усилителя (У) и фиксируется управляемой схемой фиксации (СФ). Уровень фиксации устанавливается с помощью переменного резистора так, чтобы фиксация видеосигнала осуществ-

лялась на участке, соответствующем среднему участку рабочей характеристики регулирующего транзистора.

На схему фиксации поступает смесь гасящих импульсов для вычеркивания шумов во время обратного хода, затем видеосигнал проходит интегрирующую цепь, после чего поступает на дифференциальный усилитель (ДУ). Базовый потенциал одного из транзисторов ДУ задается стабилитроном.

При малых амплитудах сигнала на базе одного транзистора ДУ транзистор будет закрыт и напряжение на сигнальной пластине не изменится. При возрастании амплитуды сигнала потенциал на базе этого транзистора превышает базовый потенциал транзистора другого плеча ДУ, первый транзистор открывается, напряжение на его коллекторе падает и таким образом уменьшается напряжение на сигнальной пластине трубки.

При уменьшении освещенности на объекте (т. е. при уменьшении амплитуды входного сигнала) потенциал базы транзистора другого плеча ДУ падает, напряжение на его коллекторе возрастает и таким образом возрастает напряжение на сигнальной пластине.

Электронный видеоискатель камеры «Электроника 810Ц» представляет собой небольшое видеоконтрольное устройство с кинескопом типа 4ЛК2Б, по изображению которого оператор осуществляет фокусировку объектива и выбирает нужный план видеозаписи. На рис. 5.17 приведена структурная схема видеоискателя.

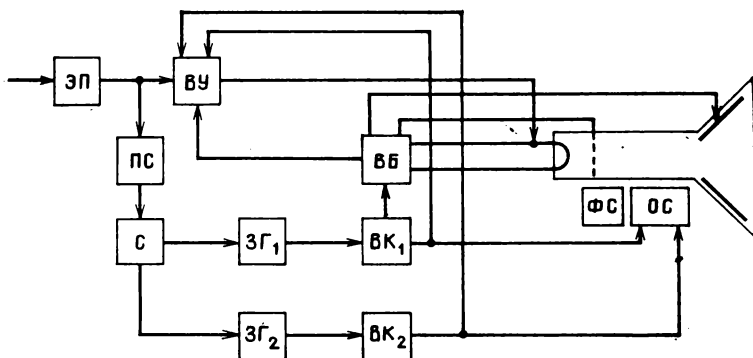


Рис. 5.17. Структурная схема электронного видеоискателя камеры «Электроника 810Ц»

С выхода камеры видеосигнал поступает на эмиттерный повторитель (ЭП), выполненный на транзисторе КТ361Г. Далее видеосигнал поступает на видеоусилитель (ВУ), выполненный на транзисторе КТ315Б, и на предварительный селектор (ПС) синхроимпульсов, выполненный на транзисторе КТ209К. На ВУ поступают также импульсы обратного хода с выходных каскадов строчной

(ВК₁) и кадровой (ВК₂) разверток для гашения электронного луча кинескопа во время обратного хода.

Усиленный видеосигнал с выхода ВУ поступает на катод кинескопа.

Предварительный селектор введен в схему видеоискателя для усиления синхроимпульсов и качественной синхронизации разверток при неблагоприятных условиях видеозаписи. Синхроимпульсы с выхода ПС поступают на селектор (С) синхроимпульсов. Строчные синхроимпульсы с выхода С поступают на задающий генератор строчной развертки (ЗГ₁), а кадровые — на задающий генератор кадровой развертки (ЗГ₂). Селектор и генератор ЗГ₁ выполнены на одной микросхеме К174АФ1. Генератор ЗГ₂ выполнен на тиристоре КУ103В.

Выходной каскад строчной развертки (ВК₁) обеспечивает пилообразным током строчные отклоняющие катушки отклоняющей системы (ОС) типа ОС-55ПЗ и выполнен на транзисторах КТ315Б и КТ807Б.

Нагрузкой выходного каскада кадровой развертки (ВК₂) являются кадровые отклоняющие катушки ОС. Каскад ВК₂ выполнен на транзисторах КТ315Б и КТ345А.

В состав высоковольтного блока входят строчный трансформатор и высоковольтный выпрямитель, выполненный на микросхемах К299ЕВ1. Строчный трансформатор является элементом цепи питания транзистора выходного каскада строчной развертки и повышает импульсное напряжение для высоковольтного выпрямителя. К высоковольтному блоку относятся также цепи, обеспечивающие режим питания электродов кинескопа низковольтным напряжением, а видеусилитель — напряжением питания +50 В.

Фокусировка луча осуществляется стандартной магнитной фокусирующей системой (ФС) типа СФМ-1 (постоянным кольцевым магнитом).

Принципиальная электрическая схема видеоискателя приведена в Приложении 4 (рис. П4.5).

Улучшение параметров рассмотренной однотрубной камеры индексной системы рекомендуется вести в направлении иных методов формирования индексного сигнала [90].

Камера «Электроника ТК-01Ц»

Однотрубная малогабаритная камера цветного телевидения
9—1219

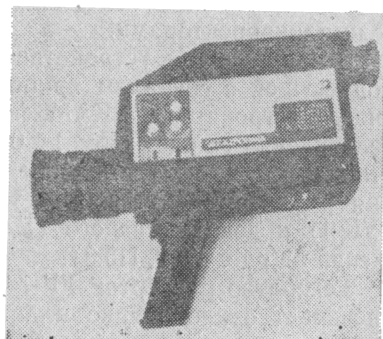


Рис. 5.18. Однотрубная камера «Электроника ТК-01Ц», 1986 г. (г. Новгород, НПО «Комплекс»)

«Электроника ТК-01Ц» создана на базе первой отечественной передающей многосигнальной ЭЛТ косвиконого типа ЛИ-487 диаметром 18 мм. Внешний вид камеры «Электроника ТК-01Ц» показан на рис. 5.18.

На рис. 5.19 приведена упрощенная структурная схема камеры «Электроника ТК-01Ц» [54]. Передающая трубка типа многосигнальный видикон ЛИ-487 с фокусирующей системой ФС-18П2 формирует видеосигнал, содержащий поднесущую цветности частотой 3,58 МГц, который поступает в предварительный усилитель типа УП-1. В первом каскаде усилителя со сложной противощумовой коррекцией использован впервые разработанный в нашей стране малощумящий полевой транзистор типа «Пион» с $C_{вх} \leq 5$ пФ в миниатюрном корпусе «Электроника», аналогичном корпусу SOT-23 для монтажа на проводящие дорожки печатной платы. С выхода ПУ видеосигнал со стандартной амплитудой (около 200 мВ) поступает на декодирующее устройство УД-1, где он разделяется на два канала: яркости и цветности. Принципиальная схема ПУ приведена в Приложении 5 (рис. П5.1).

В устройстве УД-1 осуществляется разделение сигналов цветности в соответствии с рассмотренными принципами фазовой системы и формируются сигналы E'_V (широкополосный) и D'_R и D'_B которые затем подаются на плату кодирующего устройства СЕКАМ типа УК-1 [89]. Функционально устройство УД-1 объединено с синхрогенератором на одной микросхеме типа К1001ИК1 и кварце с частотой 4250 кГц и формирует все необходимые импульсы. Основу канала цветности УД-1 составляют полосовой фильтр на частоту поднесущей цветности 3,58 МГц, гребенчатый фильтр с линией задержки на строку типа УЛ-364-9, детекторы с фильтрами нижних частот на выходе, ограничивающими полосу выходных сигналов E_R и E_B до 0,5 МГц, и промежуточные усилители с γ -корректорами.

В кодирующем устройстве смешиваются сигналы цветности на поднесущей с сигналом яркости. В результате на выходе кодирующего устройства СЕКАМ формируется полный сигнал цветного телевидения e_n размахом $1 \pm 0,1$ В на $R_n = 75$ Ом в соответствии со стандартом на бытовые передающие камеры цветного телевидения [91]. Принципиальные электрические схемы кодирующего (УК-1) и декодирующего (УД-1) устройств приведены в Приложении 5 (рис. П5.2, П5.3).

Генератор разверток ГР-7 камеры «Электроника ТК-01Ц» обеспечивает отклоняющие пластины передающей трубки необходимыми парафазными пилообразными напряжениями размахом до 90 В для строчных пластин и около 70 В — для кадровых. Формирующие каскады генератора разверток разработаны на операционных усилителях КР544УД1, а выходные — на транзисторах КТ605. В генераторе разверток ГР-7 имеется возможность под-

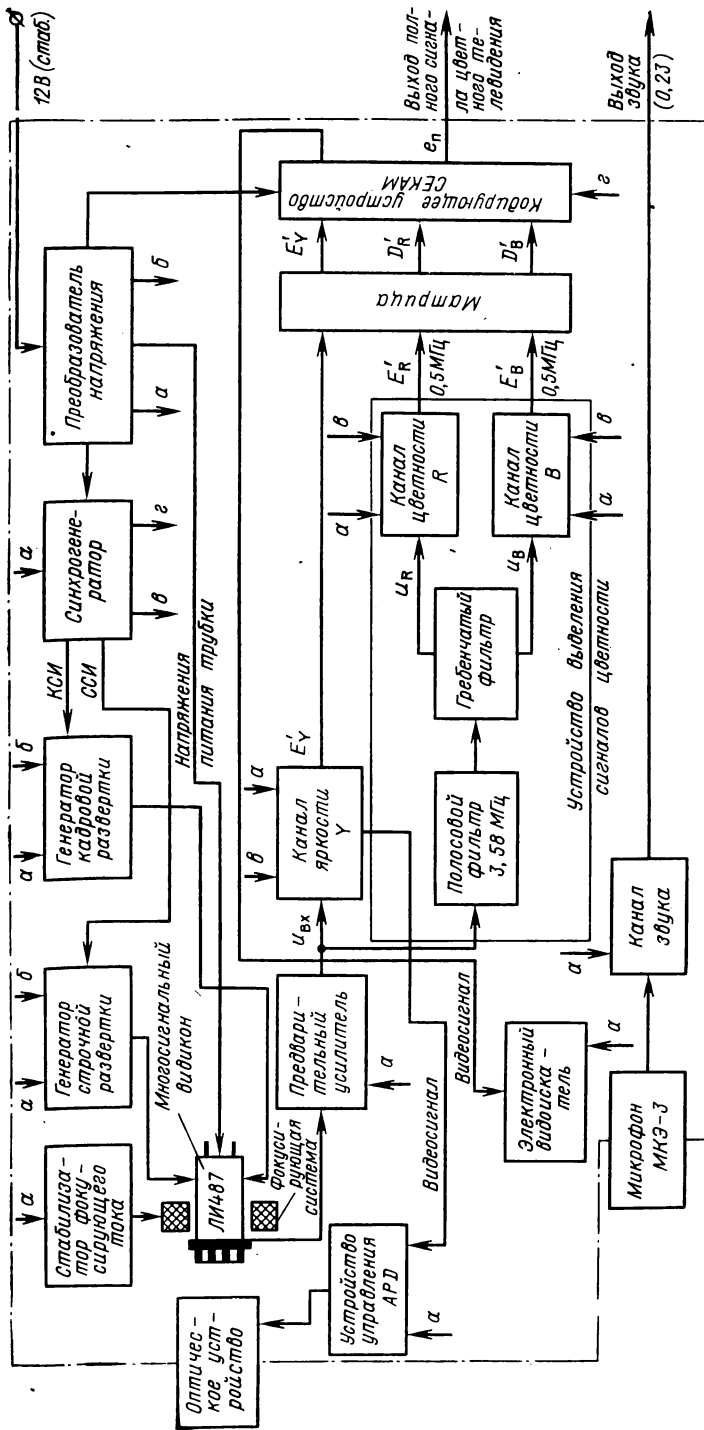


Рис. 5.19. Структурная схема одноканальной МКЦТ «Электроника ТК-01Ц»:

α — низкие питающие напряжения; β — высокие питающие напряжения; θ — импульсы для видеотракта; ε — импульсы для кодирующего устройства SEKAM

стройки положения раstra за счет его поворота относительно стриховых фильтров, что необходимо для точной настройки камеры. Принципиальная электрическая схема генератора разверток ГР-7 приведена в Приложении 5 (рис. П5.4).

Блок управления камерой БУ-4 содержит цепи индикации и переключатели режимов работы: цветовой температуры источника освещения; диафрагмы («ручная — автоматическая»); усиления («min—max»), а также регуляторы баланса белого по сигналам E_R и E_B . Принципиальная электрическая схема блока управления БУ-4 приведена в Приложении 5 (рис. П5.5).

Для питания передающей трубки, узлов видеотракта, электронного видоискателя и других цепей в камере «Электроника ТК-01Ц» имеется импульсный преобразователь напряжения типа ПН-1, выполненный по одноканальной схеме с ШИМ. Преобразователь напряжения содержит стабилизатор +9 В на микросхеме КР142ЕН8А, стабилизатор фокусирующего тока (для питания фокусирующей системы передающей трубки типа ФС-18П2), стабилизатор +5 В на микросхеме КР142ЕН5Б и стабилизированный импульсный преобразователь напряжения, формирующий высокие напряжения (кроме высоких напряжений, необходимых для питания кинескопа электронного видоискателя). В преобразователе ПН-1 предусмотрен источник питания терморезистора, позволяющий скорректировать режим трубки по сигнальной пластине при колебаниях температуры окружающей среды; он уста-

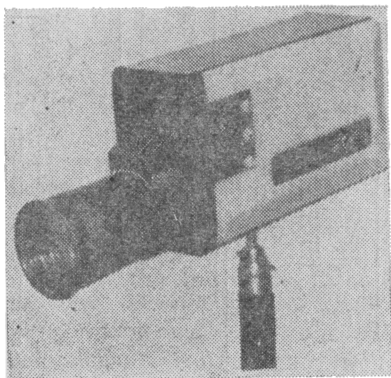


Рис. 5.20. Однотрубная камера «КТ-7Ц», 1989 г.

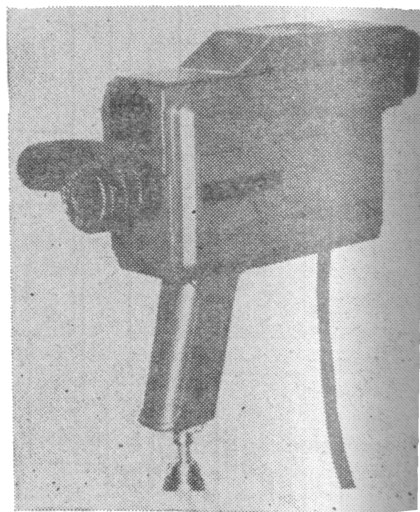


Рис. 5.21. Однотрубная камера «Электроника ТК-02Ц», 1989 г.

навливается в зоне мишени передающей трубки. Принципиальная электрическая схема преобразователя ПН-1 приведена в Приложении 5 (рис. П5.6).

Электронный видискатель камеры «Электроника ТК-01Ц» выполнен на кинескопе 4ЛКЗБ с магнитным отклонением и статической фокусировкой. В качестве разверток используются серийные узлы на микросхемах К174ГЛ1 (кадровая) и К174Х11 (строчная), что позволило значительно упростить схему ЭВ по сравнению с камерой «Электроника 810Ц». В качестве отклоняющей использована система ОС-55.13П50, а строчный трансформатор специально разработан типа ТДКС-12-2. Видеоусилитель ЭВ выполнен на транзисторах КТ3102Б и КТ502Е. Видискатель имеет регулировку яркости и режим индикации. Принципиальные электрические схемы ЭВ всех блоков камеры и канала звука приведены в Приложении 5 (рис. П5.7—П5.9).

Аналогичную схему имеют разработанная для промышленности на основе камеры «Электроника ТК-01Ц» однотрубчатая камера фазовой системы типа «КТ-7Ц» [92], приведенная на рис. 5.20, и однотрубчатая МКЦТ «Электроника ТК-02Ц» выпуска 1989 г., приведенная на рис. 5.21 (фотографии публикуются впервые), а также разрабатываемые в настоящее время камеры «КТ-3Ц», «ВКЦ-401» и «ВКЦ-301».

5.3. Элементная база однотрубчатых малогабаритных камер цветного телевидения

Элементная база современных малогабаритных камер цветного телевидения в своем развитии прошла несколько поколений:

первое — дискретная (использовалась до середины 70-х годов);

второе — дискретно-интегральная; до 30% общего числа полупроводниковых приборов составляли интегральные микросхемы (ИМС) (использовалась до начала 80-х годов);

третье — интегральная; до 70% общего числа полупроводниковых приборов составляли ИМС (использовалась до середины 80-х годов);

четвертое — интегральная с «микромощным» потреблением; до 90% общего числа полупроводниковых приборов содержатся в виде многофункциональных БИС в миниатюрных корпусах (широко применяется в однотрубчатых камерах с 1985 г.).

Рассмотрим кратко элементную базу современных однотрубчатых МКЦТ.

В табл. 5.2 приведены сведения об основных типах микросхем, транзисторов первого каскада предварительного усилителя, передающих трубок и других элементов однотрубчатых камер систем видеозаписи выпуска 1978—1986 гг. Сведения об элементной базе камер промышленного назначения (WV-3990, WV-3890, WM-665L) приведены в [93].

Особенность современных камер — широкое использование специализированных комплектов интегральных микросхем (преимущественно полупроводни-

Элементная база современных однотрубочных камер цветного телевидения

Тип камеры (фирма)	Типы микросхемы	Прочие изделия	Примечание
1	2	3	4
FAC1800	MN76065, MC14049UB, AN614, AN610, HD74LS04P, HD74LS00P, HD74LS08P, HD74LS107P, 4558DJRC, HO37JK8, HO38J69, HO44J19, JO34K59	Передающая трубка — косвикон S4089P; ОС типа ELY-25A101B; кинескоп типа 40CB4TSE; ОС типа TLY-3304; трансисторы: 2SK68A, C828, A719, A721, C1047, C1327, C1317, A564, A684, C2259, A838, C1384, C1913A, 2SA1061; УЛЗ типа EFD-EN645A11J492	Все изделия — преимущественно фирмы Matsushita Микросхемы фирмы в корпусах типа DIP Резисторы и конденсаторы аналогичны отечественным МЛТ, С2-23, К50-35, К10-7В и др.
GP-41B/41D Hitachi	HD440072 (Бис синхронизатора), HA17901P, TA7120P, ZC-0226A, Z-C0231X, ZC-0235BX, HD14059, ZC-0260VH, HA11423, PC141C, ZC-0247A, TCO485	Передающая трубка — видикон HS-256; ОС типа LC-0181; кинескоп типа 40CB4*1-10; ОС типа LC-0182; трансисторы: 2SK218Q, 2SC450C, 2SA844C, 2SC458C, 2SC945P, 2SC445P, 2SK117, 2SC1890A	Большинство микросхем видеогракта (серия ZC) — специализированные, гибридные, производства фирмы Hitachi
WV-3030E	AN6022, AN6045, AN6031, AN6012, AN6015, AN6014, SN74LS02N, 8131C, RC4558P, 45560JRC, K720A57	Передающая трубка — косвикон S4094P; кинескоп типа 40CB419B4; ОС типа ELY-15V100A; УЛЗ типа EFD-EN64513A; EFD-RN645B81A; трансисторы: 2SK218R (1-й каскад предварительного усилителя) и аналогичные используемым в камере FAC1800	ИМС видеогракта серии AN производства фирмы Matsushita. Аналогичная база использована в камерах для промышленных целей: WV-3990, WV-3890, WM-665L

HVC-3000 (Sony)	<p>VX376, CX810, CX813, CX815, CX779, TC4066BP, CX816, VX378, CX811, VX369, VX382, μPD4027C, CX814, VX379, LA4140, LA3210, CX22004, CX787, CX850, CX854, CX855, CX851, CX773 (БИС синхронизатора), CX852, CX853</p>	<p>Передающая трубка — триникон СТ-2132; кинескоп типа 40СВ4; ОС типа 1-451-114-00; транзисторы: 2SK152 (1-й каскад предварительно-го усилителя), 2SA872, 2SC403С, 2SA925, 2SA844, 2SC633, 2SC1364, 2SO1474, 2SA104В, 2SA104В, 2SA671, 2SA861, 2SC1363, 2SC1475, 2SA733</p>	<p>ИМС видеотракта серии и ВХ и СХ специализированные (гибридные и полупроводниковые), многофункциональные, производства фирмы Sony Резисторы и конденсаторы аналогичны отечественным МЛТ, К50-40, К53-19, С2-23</p>
WVP-55E (Panasonic)	<p>2210S, MN6160PB, 2310S, 2320S, 2560S, 2510S, 3414JRC, 6914S, 3415JRC, 8033, 2048JRC, MN1453AVJ, MN6066, MN6164</p>	<p>Передающая трубка — сатикон H4181; ОС типа ELY-13A401L; кинескол типа 30FB43NA2; ОС типа ELY-10U100A; УЛЗ типа 4DL-ВР939А фирмы АSАН1; транзистор 1-го каскада предварительного усилителя типа 2SK316</p>	<p>Все изделия в миникорпусах SO1С и SOT. Резисторы и конденсаторы безводные (отечественные аналоги P1-11, P1-12, К50-40, К53-30, К50-35А, К73-17, КМ-5В, К53-19). Подстроечные резисторы и конденсаторы в мини-корпусе. Монтаж произведен пайкой непосредственно на дорожках печатных плат. Варнобъективы уменьшенных размеров с электронным управлением и APD. Все элементы преимущественно производства фирмы Matsushita,</p>
WVP-100E (Panasonic)	<p>2110S, 2310S, 2320S, 2410S, 2210S, MN6160PB, 2560S, 3414JRC, 6914S, MN6164</p>	<p>Передающая трубка — сатикон H4100A; ОС типа ELY-18A205С; УЛЗ типа EF-MA645; кварц типа MS29NR Ø 3×8 мм (в металлическом корпусе); транзистор 1-го каскада предварительного усилителя типа 2SK316</p>	<p>Все изделия в миникорпусах SO1С и SOT. Резисторы и конденсаторы безводные (отечественные аналоги P1-11, P1-12, К50-40, К53-30, К50-35А, К73-17, КМ-5В, К53-19). Подстроечные резисторы и конденсаторы в мини-корпусе. Монтаж произведен пайкой непосредственно на дорожках печатных плат. Варнобъективы уменьшенных размеров с электронным управлением и APD. Все элементы преимущественно производства фирмы Matsushita,</p>
CV-300 (Konica)	<p>2310S, 2410S, 2110S, 2210S, 2320S, 8029, MN6064R, T8328H, 3415JRC, 3403AJRC, 2904JRC, 3414JRC, T8340H, Z0048TA, Z0185TA TDK</p>	<p>Передающая трубка — ньювикон S4161; ОС типа ELY-13A401M УЛЗ типа ADL-CN1439C-B51 и ADL-FN935C-B55; транзистор 1-го каскада предварительного усилителя типа 2SK316</p>	<p>Все изделия в миникорпусах SO1С и SOT. Резисторы и конденсаторы безводные (отечественные аналоги P1-11, P1-12, К50-40, К53-30, К50-35А, К73-17, КМ-5В, К53-19). Подстроечные резисторы и конденсаторы в мини-корпусе. Монтаж произведен пайкой непосредственно на дорожках печатных плат. Варнобъективы уменьшенных размеров с электронным управлением и APD. Все элементы преимущественно производства фирмы Matsushita,</p>

Окончание табл. 5.2

Элементная база современных одмотрубочных камер цветного телевидения

Тип камеры (фирма)	Типы микросхемы	Прочие изделия	Примечание
1	2	3	4
«Электроника ТК-01Ц»	175УВ2, К174ГЛ1, К174ХА11, КА1001ИК1, КР142ЕН8, КР142ЕН5, 526ПС1, КР1005ХА8А, КР544УД2, К561ТМ2, К561ЛД7, КР544УД1А, 26ХА07, КР159НТ1Б, К554СА3А, К548УН1А	Передаточная трубка — видикон ЛИ487; фокусирующая система ФС-18П2; кинескоп типа 4ЛК3Б; ОС типа 55.13П50, varioобъектив типа «Караг-Г-2»; транзистор 1-го каскада предварительного усилителя типа «Пион»	Используется элементная база широкое применения. Камера разработана в 1986 г.

ковых) видеотракта с низкой потребляемой мощностью, которые включают до десяти многофункциональных БИС, причем в отличие от камер 70-х годов каждая ИМС видеотракта современных камер содержит в среднем до пяти—восьми функциональных узлов, что позволяет значительно улучшить параметры камер за счет усложнения обработки сигналов. Кроме того, применение новых миниатюрных многовыводных корпусов (SOIC) и др.) наряду с безвыводными резисторами и конденсаторами позволяет уменьшить размеры печатных плат почти на 30% [94].

Как видно из табл. 5.2, комплекты многофункциональных микросхем видеотракта различных камер значительно отличаются по номенклатуре. Анализ схемотехники данных ИМС показывает также и их различие по выполняемым функциям, структуре и назначению функциональных узлов. Это объясняется прежде всего использованием в однотрубных камерах различных систем кодирования сигналов, что обуславливает и соответствующую структуру декодирования и обработки видеосигналов в видеотракте [95].

Аналогичная элементная база разрабатывается и в нашей стране. В частности, не уступают по своим параметрам лучшим изделиям ведущих радиоэлектронных фирм Японии отечественные резисторы P1-11, P1-12, СПЗ-19а, конденсаторы К50-40, К53-19, К53-30, К73-17.

Имеется и определенный успех в области создания новых низковольтных ИМ операционных усилителей (ОУ) с низкой потребляемой мощностью и напряжением питания до 2,8 В [96]. Данные ОУ могут являться базой для создания отечественных многофункциональных микромошных ИМС.

Однако широкое использование новой элементной базы связано со значительной перестройкой в области технологии и конструирования камер, разработкой и внедрением новых высокоточных автоматизированных комплексов (технологических линий) по изготовлению, сборке и монтажу печатных плат на основе безвыводных миниатюрных элементов. В частности, по данным фирмы Matsushita, для автоматизированного монтажа безвыводных микроэлементов на печатную плату точность позиционирования манипулятора должна составлять единицы микрометров. Подобные методы монтажа используются пока за рубежом только наиболее передовыми радиоэлектронными фирмами Японии Matsushita, Sony, JVC; они обеспечивают высокую надежность создаваемых изделий.

Дальнейшая миниатюризация камер цветного телевидения, очевидно, должна проводиться именно в этом направлении, т. е. в направлении «гибридизации» и повышения степени интеграции схемотехники камеры с соответствующей заменой в дальнейшем фольгированного стеклотекстолита на ситалловые и сапфировые подложки с установленными на них безвыводными и бескорпусными элементами (с последующей защитой специальными лаками, пастами, компаундами и т. п.).

Следует отметить значительные достижения в области создания миниатюрных электролитических и других полярных конденсаторов. Разработанные за рубежом микроминиатюрные конденсаторы серии KS имеют массу и размеры почти в 2 раза меньше существующих серий К, рабочие диапазоны температур составляют $-40 \dots +85^\circ\text{C}$, емкостей 0,1 ... 220 мкФ, напряжений 4 ... 50 В [97].

Данные конденсаторы широко используются в современных системах бытовой видеозаписи, в том числе видеоманитофонах NV-180, NV-M1, что позволило значительно уменьшить размеры печатных плат по сравнению с прежними моделями NV-5000, NV-3000, NV-100. Новые возможности появились и в области создания конденсаторов сверхбольшой емкости — до единиц фарад. В частности, разработаны конденсаторы серий Е и F с органическим электролитом емкостью до 3,3 Ф. Размеры таких конденсаторов при емкости 1 Ф составляют 21,5×7,5 мм. Это открывает новые возможности по миниатюризации схемотехнических узлов, кроме того, позволяет использовать последние в качестве долговременных источников питания современных микромощных элементов [98]. Что касается миниатюрных переменных (подстроечных) резисторов, то, хотя зарубежные исследователи утверждают об имеющихся достижениях, тем не менее можно отметить, что существующая в нашей стране элементная база по основным параметрам (надежность, разброс параметров и т. п.) не уступает зарубежной (в частности, резисторы СПЗ-19а). Сведения о современных миниатюрных резисторах ведущих зарубежных фирм приведены в [99].

Значительный интерес представляют такие элементы, используемые в новейших моделях однотрубных камер и видеоманитонов, как миниатюрные керамические резонаторы и полосовые LC-фильтры. Например, керамические резонаторы EF0-A455K04B, EF0-A4R0M03A2, EF0-A3R58M03A, EF0-A6R0M04D2 имеют размеры, не превышающие размеров конденсаторов K73-17-250B-0,01 (от 5,6×7,0×3,5 до 8,6×10,5×3,5 мм в зависимости от частоты — от 10 МГц до 380 кГц соответственно, и конструктивное исполнение для печатного монтажа. Основные технические параметры данных резонаторов достаточно высокие в широком диапазоне температур [100]. Эти изделия широко использованы в камерах CV-300, WVP-55E, WVP-100E и др.

Отечественные резонаторы РК188МА, МД и др., используемые в камерах и видеоманитонах систем бытовой видеозаписи, несколько уступают зарубежным по массогабаритным параметрам.

Обработка видеосигналов в однотрубных МКЦТ связана с использованием различных областей рабочего спектра частот. В частности, для формирования сигнала яркости E_Y , разделения высокочастотной части сигнала и формирования сигналов цветности E_R и E_B используются LC-фильтры с заданными характеристиками. Это фильтры низких частот (ФНЧ), полосовые фильтры (ПФ), фильтры верхних частот (ФВЧ) с затуханием до 60 дБ на октаву на частоте среза и различные линии задержки. В дискретном исполнении эти элементы занимают существенную часть печатной платы видеотракта камеры. В настоящее время в нашей стране и за рубежом разработаны наборы фильтров для систем видеозаписи, которые имеют интегральное исполнение и обеспечивают более экономичное использование площади печатных плат. Наибольших успехов за рубежом в этом плане добилась фирма Matsushita, наборы фильтров серии LC-S которой обеспечивают потребности систем бытовой и профессиональной видеозаписи. Размеры интегральных фильтров на частоты 0,7 ... 10 МГц составляют от 29,9×5,9×4,5 до 9,5×5,9×4,5 мм. Фильтры имеют три вывода: вход, выход и общий с волновым сопротивлением 0,5 ... 3,3 кОм [101]. Разработанные в нашей стране фильтры Б12 для систем бытовой видеозаписи уступа-

ют зарубежным аналогам по массогабаритным и некоторым электрическим параметрам.

Одним из наиболее известных комплектов многофункциональных ИМС видеотракта однотрубочных камер является семейство из семи микросхем серии AN: AN2130, AN2140, AN2240, AN2330, AN2340, AN2341, AN2430. Эти ИМС имеют напряжение питания $5 \pm 0,5$ В и интервал рабочих частот до 5 МГц. Потребляемая мощность каждой из ИМС не превышает 7 ... 11 мА [102].

Параметры видеосигналов улучшаются специальной обработкой с использованием различных типов гребенчатых фильтров с линий задержки на строку на приборах с зарядовой связью (ПЗС). За рубежом разработаны и используются различные типы таких линий задержки: MN8036, MN8033, MN8029, MN8037 на частоты 3,579545 и 4,43361875 МГц (для стандартов NTSC и PAL соответственно), обеспечивающие получение отношения сигнал/шум в видеотракте до 50 дБ. Потребляемая мощность таких линий от источника питания 9 В составляет 45 ... 125 мВт. Схемы включения фильтров и их параметры приведены в [103].

Значительный интерес представляют также коммутируемые емкостные фильтры нижних и верхних частот, а также полосовые фильтры, выполненные в стандартных (8—18)-выводных корпусах DIP, mini DIP, SOIC или PANA FLAT. Среди этого семейства выделяются фильтры нижних частот MN6514 с затуханием 90 дБ/октаву на частоте среза, полосовые фильтры MN6515 с добротностью $Q=74,5$ и MN6516, MN6516S, представляющие собой фильтры Баттерворта и Чебышева. Особенности их работы и схемы включения приведены в [104].

В части цифровой обработки видеосигналов следует отметить разработанные высокоскоростные 8- и 10-разрядные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) AN6857 и МК3410, имеющие потребляемую мощность 0,7 и 2 Вт соответственно [105]. Однако широкое использование цифровых методов обработки сигналов в однотрубочных камерах пока не находит значительного распространения, поскольку, во-первых, большинство выпускаемых видеоманитофонов работают с аналоговыми сигналами, во-вторых, такая обработка усложняет аппаратуру и приводит к ее удорожанию. Тем не менее в современных однотрубочных МКЦТ широко используются микропроцессоры, позволяющие значительно облегчить работу с камерой.

Рассмотренная элементная база может явиться основой для создания в 90-х годах микроэлементной микромощной многофункциональной базы пятого поколения, которая обеспечит не только системы видеотехники, но и другие области радиоэлектроники.

5.4. Специальные виды обработки сигналов, автоматические регулировки, сервисные устройства

5.4.1. Повышение качества цветного изображения

С точки зрения повышения отношения сигнал/шум в каналах яркости и цветности в современных однотрубочных МКЦТ используются технические ре-

шения, основанные на методах оптимальной фильтрации сигналов и различных видах их обработки, в том числе с применением микропроцессоров, согласованной фильтрации, адаптивной фильтрации, и даже стробирование полосовых фильтров цветových сигналов срочными синхроимпульсами, а также всевозможные корреляторы [105—112, 119].

Для повышения качества цветного изображения в однотрубных МКЦТ широко используются различные виды гребенчатых фильтров, содержащих линию задержки на одну строку. На рис. 5.22 приведена структурная схема ГФ

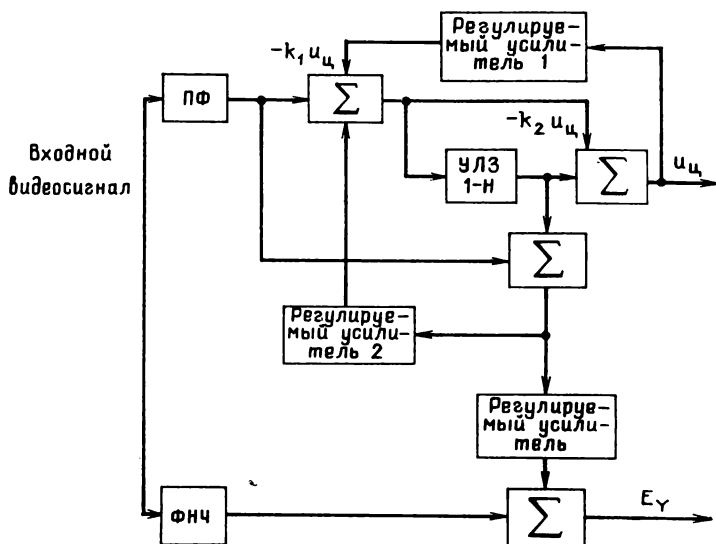


Рис. 5.22. Структурная схема гребенчатого фильтра с регулируемыми параметрами

с регулируемыми параметрами, которая может быть использована для разделения сигналов яркости и цветности [112]. В данном устройстве усилители 1 и 2 с регулируемым коэффициентом усиления имеют коэффициент усиления меньше единицы и выполняют роль аттенуаторов. Величины ослабления видеосигналов в усилителях 1 и 2, а также величина усиления в усилителе 3 устанавливаются в зависимости от отношения сигнал/шум на входе схемы. На выходе схемы формируются сигналы цветности (u_c) на поднесущей и яркости E_γ с улучшенными параметрами. Сигнал цветности u_c следует подвергнуть дальнейшей обработке обычными методами для разделения на квадратурные составляющие (при декодировании в условиях фазовой системы) или для синхронного детектирования (в условиях индексной системы).

Рассмотренную схему можно применять в телевизионных приемниках стандартной системы цветного телевидения для аналогичных целей.

5.4.2. Повышение качества индексного сигнала

В однотрубных камерах индексной системы широко применяется схема обработки индексного сигнала, повышающая отношение сигнал/шум и улучшающая форму фронтов $u_{ин}$, необходимых для обеспечения независимости процесса выделения сигналов цветности от передаваемой сцены за счет устранения эффекта подавления слабого сигнала сильным шумом. Данная схема фактически выполняет роль вертикального апертурного корректора (ВАК). На рис. 5.23

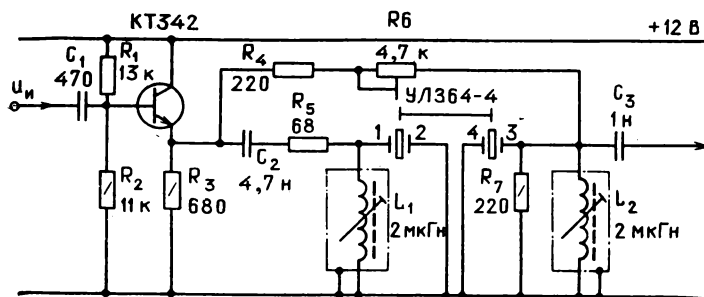


Рис. 5.23. Принципиальная электрическая схема корректора индексного сигнала

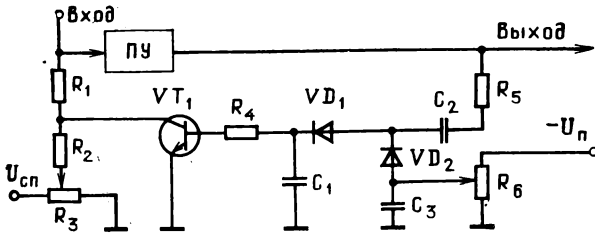
приведена принципиальная электрическая схема такого ВАК, использованная в отечественной камере индексной системы «Электроника 810Ц». Аналогичная схема использована в ряде современных зарубежных МКЦТ индексной системы, в частности в камерах HVC-2000P, HVC-3000, DXC-1610 и др. фирмы Sony.

5.4.3. Расширение динамического диапазона многосигнальной передающей трубки

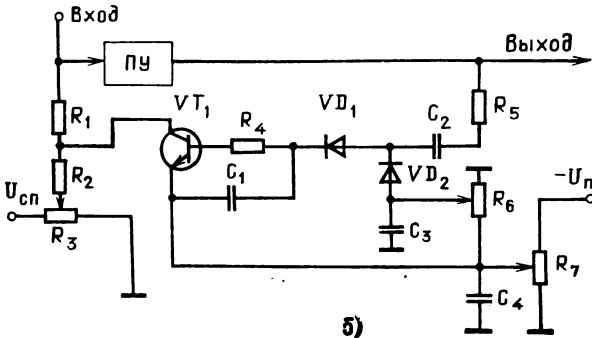
Данная обработка необходима при работе камеры в условиях значительных перепадов освещенностей и является фактически автоматической регулировкой режима (АРР) трубки (по сигнальной пластине) в зависимости от тока сигнала. Регулировка осуществляется схемой, реагирующей на величину падающего светового потока, путем соответствующего изменения напряжения на сигнальной пластине $U_{сп}$.

На рис. 5.24, а, б приведены варианты схем АРР, используемые в различных однотрубных камерах цветного телевидения. В двухтрубных камерах возможны различные сочетания этих схем: использование только в канале цветности, использование в обоих каналах одинаковых схем АРР и, наконец, использование в обоих каналах двух различных схем АРР. В литературе рассмотрены достаточно широко схемы АРР для различных МКЦТ [113]. Данная обработка обычно применяется при использовании трубок типа видикон с фоточувствительным слоем на основе Sb_2S_3 .

Рис. 5.24. Схема автоматической регулировки режима современных однотрубных камер



а)



б)

5.4.4. Стабилизация уровня черного

В различных современных портативных камерах цветного телевидения имеются специальные виды регулировок, называемые «стабилизация уровня черного», или «автоматическая регулировка уровня черного» (АРЧ), или «автоматическая регулировка баланса белого» (АББ). Суть проблемы состоит в том, что камере приходится работать в различных по степени освещенности условиях, в том числе передавать изображения с затемненными участками (частично по полю или полностью). При этом реакция датчиков сигнала неодинакова (в случае трехтрубных МКЦТ) и возможно нарушение работы камеры из-за неправильной фиксации видеосигнала какого-либо цветового канала (либо всех трех видеосигналов) ввиду неопределенности уровня фиксации. Обычно в рабочих условиях уровень черного зависит от освещенности передаваемой сцены и светорассеяния в оптическом устройстве камеры. Регулировка АРЧ предназначена для компенсации этих изменений. Она осуществляется аналогично процессу в трехтрубных камерах одновременно в трех каналах видеосигналов цветности (E_R , E_G , E_B) пропорционально наименьшему уровню одного из этих сигналов. При этом не должно происходить ограничение черного ни в одном из каналов цветности.

При наличии в камере яркостного канала АРЧ осуществляется в этом канале по наименьшему уровню сигнала яркости. Скорость изменения уровня черного как в сторону повышения, так и в сторону понижения выбирается так,

чтобы сделать наименее заметным процесс регулирования. При этом, чтобы система АРЧ реагировала не на отдельные выбросы (провалы), а на суммарные площади темных участков, обычно применяют пиковое детектирование накопительного типа, например в трехтрубной камере КТР-308 предусмотрена работа регулировки уровня черного в режимах «автоматическая» и «ручная».

В режиме АРЧ происходит анализ уровня черного в видеосигнале. Измеренное значение этого уровня сравнивается с опорным потенциалом, а полученное в результате сравнения управляющее напряжение управляет формой амплитудной характеристики нелинейного регулятора контраста яркостного сигнала, т. е. напряжение, снимаемое с одного из промежуточных усилителей яркостного канала, подается на измеритель уровня черного, где измерение происходит в выбранной площади «окна» раstra, а также осуществляется соответствующая фильтрация сигнала. С выхода измерителя уровня черного сигнал (при нажатой кнопке АРЧ), на пульте дистанционного управления (ПДУ) камеры КТР-308 поступает на один из входов каскада, формирующего управляющий сигнал, где происходит его сравнение с некоторым опорным потенциалом. Полученное управляющее напряжение изменяет форму амплитудной характеристики нелинейного регулятора контраста в яркостном канале. Опорный уровень может быть изменен в небольших пределах потенциометром «уровень черного», т. е. система АРЧ допускает вмешательство оператора для проведения небольшой подрегулировки. Управляющее напряжение подается одновременно и на регулятор цветовой насыщенности, поэтому при работе АРЧ не нарушается цветовой контраст. Автоматический баланс черного (АБЧ) предназначен для приведения уровней черного цветowych видеосигналов E_R , E_G , E_B к уровню гашения, чтобы серая шкала точно воспроизводилась на цветном видеоконтрольном устройстве (ЦВКУ) или телевизионном приемнике. Для компенсации любых отклонений уровня черного в сигналах, которые особенно могут сказываться в области черного из-за большой крутизны γ -характеристики, сигналы E_R , E_G , E_B подаются на схему анализатора ошибки автоматического баланса черного с выхода γ -корректора. Корректирующие сигналы подаются на компенсаторы светорассеяния во всех трех каналах цветности с целью компенсации светорассеяния и темновых токов передающих трубок.

Основное достоинство оптически создаваемого уровня черного в однотрубных камерах (черная полоска на планшайбе многосигнальной передающей трубки) состоит в том, что если даже на объекте имеются темные участки, то обеспечивается возможность зафиксировать уровни (черные) по всем трем (E_R , E_G , E_B) сигналам, причем это свойство имеет место даже при различной реакции трех сигналов на передачу сцены с темными участками, т. е. основное назначение оптической черной полоски на планшайбе многосигнальной трубки — обеспечение правильного баланса черного в любых условиях. Однако для получения стабильного выходного сигнала с этой полоски (четкой площадки) необходимо, чтобы изменения строчного пилообразного напряжения по полю были минимальны, т. е. для получения хорошего качества цветного изображения в однотрубных камерах необходимо использовать схемы автоматического управления амплитудой строчного отклоняющего напряжения (при использовании трубок типов М—S и S—S) или тока (при использовании трубок ти-

пов S—M или M—M). Это может быть достигнуто, например, управлением напряжения питания выходного транзистора схемы строчной развертки, в результате чего будет обеспечен неизменный отклоняющий ток в строчной отклоняющей катушке. Такой метод весьма эффективен в широком диапазоне температур. Кроме того, необходимо принять дополнительные меры по стабилизации положения центра раstra.

Помимо АРЧ широко применяется схема АББ, которая обычно включается в видеотракт между матрицей цветоразностных сигналов и декодирующим устройством. При этом за основу берутся выделенные три сигнала основных цветов (E_R , E_G , E_B), два из которых (обычно E_R , E_B) сравниваются каждый в отдельности с третьим (E_G) в дифференциальном усилителе. Сигнал разности сравнивается с заранее заданным опорным напряжением (хранящемся в памяти), соответствующим передаче идеального белого поля. Затем вырабатывается сигнал ошибки, который подается на управляющий вход регулируемого видеоусилителя соответствующего цветового канала. Таким образом, на входе матрицы, формирующей цветоразностные сигналы для подачи на кодирующее устройство (КУ) стандартной системы, поддерживаются размахи сигналов, необходимые для правильного матрицирования [114—118].

5.4.5. Исключение цветности

Данный вид обработки сигналов применяется преимущественно в высококачественных однотрубчатых МКЦТ при передаче изображения в плохих условиях наблюдения (низкая освещенность, шумы в цветовых каналах и т. п.). Сущность данной обработки сигналов состоит в том, что при ухудшении качества формируемого цветного изображения до определенного уровня специальная пороговая схема блокирует регулируемые усилители каналов цветности и на все три канала в дальнейшие цепи (вплоть до выхода) подается один и тот же сигнал — яркости или зеленый; при этом на выходе камеры формируется достаточно качественное черно-белое изображение.

5.4.6. Коррекция ориентации раstra и центровка

Данный вид обработки сигнала в современных однотрубчатых МКЦТ, использующих трубки с ЭОС дефлектор, имеет следующие особенности. Поскольку расчетное положение раstra в таких трубках строго определено электрическим режимом, а ориентация штриховых фильтров также фиксирована в результате запрессовки плашайбы в колбу при сборке трубки, то при настройке камеры возникает необходимость некоторой корректировки ориентации электронного раstra относительно штриховых светофильтров. Особенно важна такая коррекция в камерах фазовой системы ПСДИ. Для этого «замешивают» строчные отклоняющие пилообразные напряжения в кадровые и наоборот. Обычно размах замешиваемых напряжений не превышает 5...15% от номинального (и относительно основных отклоняющих напряжений). На рис. 5.25 приведена типовая структурная схема такой коррекции. Подача выходных пилообразных напряжений на соответствующие пластины дефлектора и центровка осуществляются в соответствии со схемой на рис. 5.26.

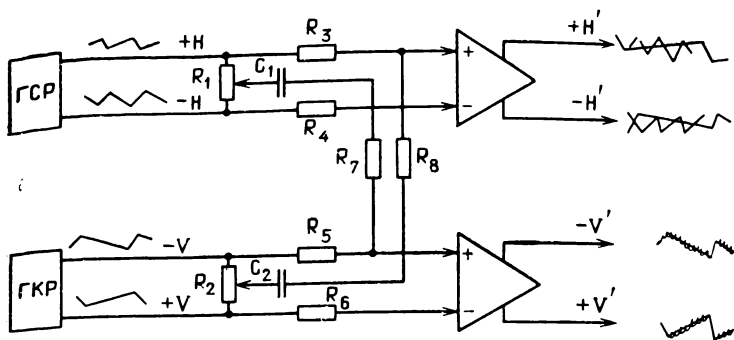


Рис. 5.25. Схема коррекции ориентации раstra передающей многосигнальной электронно-лучевой трубки

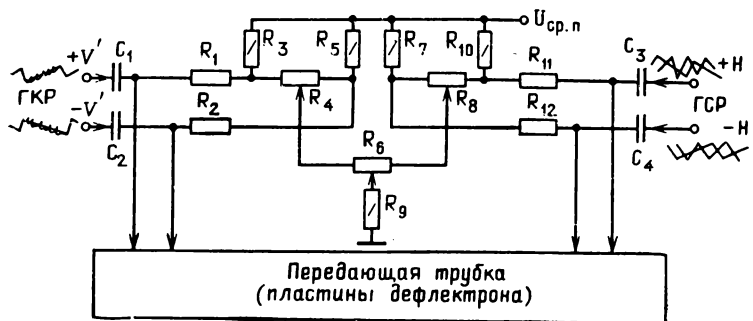


Рис. 5.26. Схема подключения генераторов кадровой и строчной разверток к передающей многосигнальной электронно-лучевой трубе

Скорректированные пилообразные напряжения подаются через конденсаторы $C_1—C_4$ на соответствующие пластины дефлектора передающей трубки, на которые одновременно подается постоянное напряжение «средний потенциал» ($U_{ср.п}$) через резистивные делители $R_1—R_{12}$. Резистором R_3 устанавливается «средний потенциал» на всех пластинах, а резисторами R_4, R_8 осуществляется центровка.

5.4.7. Автоматическая фокусировка

В современных высококачественных однотрубных МКЦТ и моноблочных видеокомплексах широко применяется активная автоматическая фокусировка (ААФ), которая работает на принципе эхо-локации с использованием ультразвуковых или инфракрасных датчиков (излучателей и приемников) [120, 121].

Устройство фокусировки размещается в рукоятке камеры или в оптико-электронном блоке, содержащем вариообъектив. Система ААФ обеспечивает автоматическую фокусировку камеры на объект в центральной части снимаемого кадра изображения.

5.4.8. Автоматическая оптимизация тока луча передающей трубки

Автоматическая оптимизация тока луча передающей трубки (АОТ) используется для корректировки сигналов E_R и E_B при передаче слабо освещенных сцен либо в условиях избыточного освещения для устранения эффекта ограничения сигналов цветности при нормальном сигнале E_B или E_Y [122—125]. Регулировка АОТ используется в основном в передающих трубках типа видикон с мишенью на основе трехсернистой сурьмы (Sb_2S_3).

5.4.9. Автоматическая коррекция цветовой температуры

Автоматическая коррекция цветовой температуры источника освещения (АКЦТ) осуществляется в некоторых высококачественных МКЦТ. Принципа коррекции заключается в сравнении световых потоков от объекта при источнике со стандартной цветовой температурой и при внесении (включении) дополнительных источников освещения (или наличии мешающих фоновых световых потоков разных источников).

Сигналы от входных датчиков, анализирующих изменение цветовой температуры, поступают на логарифмические усилители, а затем сравниваются в операционном усилителе, в результате чего вырабатывается сигнал разности. Этот сигнал управляет коэффициентом усиления регулируемых усилителей каналов сигналов цветности E_R и E_B [126, 129].

Данное устройство обычно встраивается в оптико-электронный блок передающей камеры (входные датчики).

5.4.10. Автоматическая регулировка диафрагмы

Автоматическая регулировка диафрагмы (АРД) широко используется в однотрубочных МКЦТ и моноблочных комплексах. Особенно хорошие результаты при использовании такой регулировки можно получить в сочетании с новейшими передающими трубками типа ситикон, ньювикон и т. п. Регулировка АРД позволяет управлять работой передающей многосигнальной трубки в широком диапазоне освещенностей, обеспечивая ей наиболее оптимальный световой режим.

Данная регулировка позволяет полностью или частично отказаться от АРР. В большинстве МКЦТ используется автоматическая регулировка ирисовой диафрагмы, реже — диафрагм другого типа. В камере «Электроника ТК-01Ц» с varioобъективом «Карат-Т2» используется диафрагма типа «ласточкин хвост».

5.4.11. Электронное масштабирование

Данная регулировка значительно упрощает работу с камерой, позволяет оператору легко управлять кратностью изменения фокусного расстояния объектива, не вращая регулировочное кольцо объектива рукой, а нажимая на клавишу, смонтированную в рукоятку камеры в зоне указательного либо среднего пальца. В результате поочередного нажатия клавиши указательным и средним

пальцами осуществляется увеличение либо уменьшение фокусного расстояния (соответственно приближение или удаление выбранного объекта съемки). Клавиша связана через электронную схему с электродвигателем, приводящим в движение регулировочное кольцо вариообъектива, предназначенное для изменения фокусного расстояния. В зарубежной литературе данная регулировка иногда называется «электронный наезд».

5.4.12. Коррекция неравномерности видеосигнала (шейдинга)

Необходимость данного вида коррекции вызвана значительной неравномерностью прежде всего цветовых видеосигналов, приводящей к нарушению баланса белого на отдельных участках передаваемого цветного изображения в приемнике. Причины возникновения неравномерности видеосигналов в однотрубочных МКЦТ связаны с особенностями передающих многосигнальных трубок (материал фотослоя и технология его нанесения, конструктивные особенности трубок, в том числе точность сборки и т. п.) и их сигнальными характеристиками, параметрами фокусирующе-отклоняющих систем (ФОС, ОС, ФК) и обработкой сигналов в видеотракте.

Для получения изображения высокого качества неравномерность видеосигналов в каналах цветности (E_R , E_G , E_B) не должна превышать 1...5% от номинальной. Таким образом, на неравномерность видеосигналов может оказывать существенное влияние замена передающей трубки или ФОС (ОС, ФК). Поэтому при серийном производстве для улучшения качественных параметров однотрубочных камер можно рекомендовать подборку пар трубка — ФОС (ОС, ФК) по данному параметру [125, 126, 128].

5.4.13. Гамма-коррекция

Как известно, гамма-коррекция видеосигналов существенно влияет на качество цветопередачи формируемого камерой цветного изображения [127] и предназначена для коррекции нелинейности амплитудной характеристики передающей и приемной сторон.

Гамма-коррекция в однотрубочных МКЦТ выполняется методами, известными под названием «методы Джеймса и Левингстона» [2, 3]. Однако перед гамма-коррекцией видеосигналы в однотрубочной МКЦТ следует подвергнуть предварительной линеаризации и коррекции шейдинга. При этом следует помнить, что чем больше полутонов удастся сохранить в черно-белом изображении объекта (т. е. в сигнале яркости), тем больше шансов получить высококачественное цветное изображение при правильном выполнении гамма-коррекции цветных сигналов в каналах цветности. При необходимости перед основной гамма-коррекцией следует выполнить операцию «удлинения» (или выравнивания) сигнальных характеристик передающей трубки по одному, двум или всем трем сигналам цветности. Особенно это необходимо для устранения цветовых искажений при замене передающей трубки.

Цветовые искажения в данном случае связаны с различием начального и конечного участков амплитудной характеристики передающей трубки [124—127]. Современные передающие многосигнальные трубки с фотослоем на основе Se—As—Te и Zn—Cd—Te имеют $\gamma \approx 0,97 \dots 1,0$. Поэтому при выполнении основной гамма-коррекции компенсируют лишь нелинейность приемной стороны (кинескопа телевизионного приемника). В настоящее время разрабатываются адаптивные гамма-корректоры, учитывающие перечисленные факторы.

5.4.14. Подсветка мишени передающей трубки для уменьшения инерционности

Для снижения инерционности трубки, расширения возможностей камеры при съемке быстро протекающих процессов (например, спортивных соревнований и т. п.) широко используют подсветку мишени передающей трубки. Обычно это осуществляют установкой в ОС, ФОС или ФК по периметру входного окна трубки миниатюрных лампочек или светоизлучающих диодов. Для коррекции определенного вида сигналов подсветка может быть выполнена из светоизлучателей определенного цвета, например синего или красного [128, 129].

Типовая схема такого узла приведена на рис. 5.27.

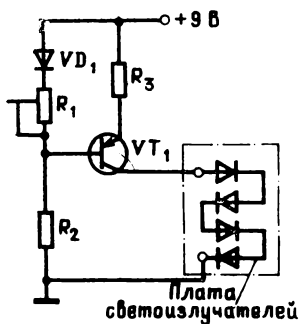


Рис. 5.27. Схема подсветки мишени многосигнальной передающей трубки

В значительной мере многие из рассмотренных выше видов обработки сигналов и регулировок являются одновременно сервисными устройствами, обеспечивающими высокий уровень комфортности работы с камерой и имеющими соответствующие выходы на устройства индикации. Данные устройства информируют оператора об условиях работы, эффективности работы той или иной автоматической регулировки и других факторах.

Устройства индикации современных однотрубчатых МКЦТ, как правило, включают датчики на основе светоизлучающих диодов (СИД) или миниатюрных газоразрядных ламп (точечные или символично-буквенно-цифровые) либо устройства электронной цифровой (буквенной, символьной) информации, отображаемой на экране кинескопа электронного видеискателя. В современных МКЦТ и моноблочных комплексах сервисные устройства и устройства индикации обеспечивают также отображение текущего времени (часы, минуты, секунды), дней недели, месяцев и года с возможностью наложения их на записываемую видеопрограмму и другие эффекты (могут показывать срабатывание той или иной регулировки, введение или выведение различных светофильтров, состояние батареи питания и т. п.).

5.5. Передающие многосигнальные трубки

5.5.1. Зарубежные передающие многосигнальные трубки

Основу передающих многосигнальных электронно-лучевых трубок с начала их разработки и по настоящее время составляет видикон. Поэтому экзотичность названий современных многосигнальных передающих трубок не должна смущать читателя, сущность их одна и та же. Названия многосигнальных трубок формируются, как правило, по двум основным принципам: типу фоточувствительного слоя либо типу используемой системы ПСДИ в цветокодирующем узле мишени или по признаку наличия такого узла.

По типу фоточувствительного слоя различают: сатиконы с фотослоем на основе Se—As—Te, ньювиконы с фотослоем на основе Zn—Cd—Te, халниконы (в нашей стране — кадмиконы) с фотослоем на основе CdSe и обычные видиконы с фотослоем на основе трехсернистой сурьмы Sb_2S_3 . В настоящее время имеются модификации этих трубок, имеющие лучшие параметры. Существуют и другие разновидности трубок (по типу фотослоя): плюмбиконы (в нашей стране — глетиконы, в Великобритании — леддиконы) с фотослоем на основе PbO, кремниконы с фотослоем на основе SiO и др., однако в однотрубочных МКЦТ эти трубки широкого применения не нашли.

По типу используемой системы ПСДИ или признаку наличия цветокодирующего узла различают следующие основные разновидности многосигнальных трубок для однотрубочных камер: FIC-видиконы (Filter Integrated Color Vidicon), ньюкосвиконы, косвиконы (Color Stripe Filter Vidicon), триниконы (Tricolor Vidicon). Следует отметить, что эти названия, как правило, являются одновременно торговой маркой фирмы-изготовителя:

Cosvicon, Newcosvicon	— фирма Matsushita (Япония);
Trinicon	— фирма Sony (Япония);
Interplex	— фирма Siemens (ФРГ);
Spektraplex	— фирма RCA (США) и т. п.

На рис. 5.28 и 5.29 приведены образцы зарубежных передающих многосигнальных трубок для однотрубочных МКЦТ, а на рис. 5.30 показан образец фокусирующей системы.

Современные передающие ЭЛТ для камер цветного телевидения имеют различные параметры в зависимости от предъявляемых требований, которые обеспечиваются соответствующим электрическим режимом и строятся по триодной, диодной, либо тетродной схеме.

В настоящее время могут быть выделены следующие основные режимы работы передающих трубок: обычный; пониженный; форсированный; предельный. Обычный и форсированный режимы

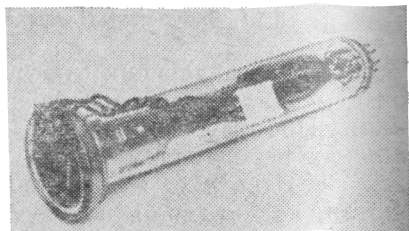
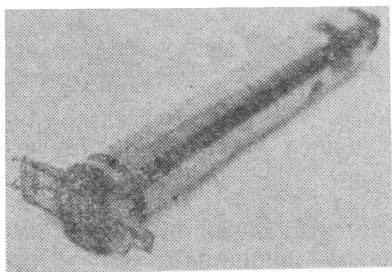


Рис. 5.28. Внешний вид передающей многосигнальной трубки триникон типа СТ-1122 (Япония, фирма Sony)

Рис. 5.29. Внешний вид передающей многосигнальной трубки с секционированной мишенью типа HS-256 (Япония, фирма Hitachi)

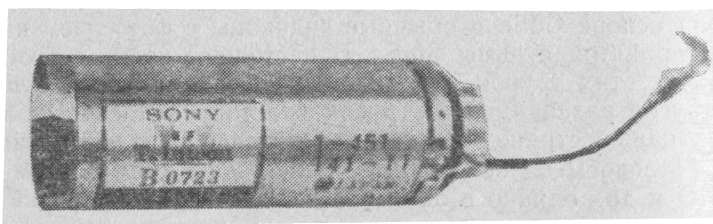


Рис. 5.30. Образец фокусирующей системы триникона СТ-1122 фирмы Sony (с ортоциклической намоткой)

традиционно используются в вещательных, промышленных и специальных телевизионных системах, причем отличие форсированного режима (называемого в литературе Operation for high resolution) состоит в увеличении рабочих напряжений на сетке и аноде (фокусирующем электроде) трубки в среднем на 60%. Кроме того, для современных передающих ЭЛТ, предназначенных для камер с высокой разрешающей способностью (например, плюмбиконов с диодным прожектором типа XQ2427, Q3427 и др.) приводятся данные о двух рабочих режимах (называемых Operating conditions): низковольтном и высоковольтном (соответственно Low-voltage mode и High-voltage mode), которые отличаются между собой в среднем на 66% [130].

Предельный режим устанавливает максимально допустимые напряжения на электродах трубки и к числу рабочих режимов не относится.

Основная масса серийно выпускаемых в настоящее время передающих трубок предусматривает использование их лишь в обычном режиме, при котором напряжение на сетке составляет

400...600, на аноде 250...400 В. Данный режим является типовым и достаточно подробно описан в литературе.

Однако до настоящего времени в однотрубных МКЦТ широко используется и форсированный режим, при котором напряжения на сетке и аноде (или в секции послеускорения) передающей ЭЛТ увеличены до 2000 и 1000 В соответственно с целью повышения разрешающей способности и глубины модуляции сигнала и улучшения ее равномерности по полю [31, 131, 132].

Одним из основных критериев при выборе того или другого режима в однотрубных МКЦТ выступает такой параметр ЭЛТ, как глубина модуляции сигнала на частоте поднесущей и ее неравномерность по полю. Поиски зарубежных фирм путей повышения качества, снижения массогабаритных и энергетических характеристик однотрубных МКЦТ привели к созданию трубок со штриховыми светофильтрами уменьшенных диаметров (18 и 13 мм), работающих в форсированном режиме. Для них были разработаны и специальные ФОС и ОС [84, 125]. Затем была усовершенствована система дефлекtron Шлезингера и начали широко выпускаться трубки для систем черно-белого и цветного телевидения. Особенность таких ЭЛТ — использование в обычном режиме (среди них наиболее обширное семейство составляют триникон фирмы Sony диаметром 26 и 18 мм, использующиеся в одно- и трехтрубных камерах: DXC-1610, DXC-1640P, HVC-2000P, HVC-3000S, DXC-1800, BVW-1, DXC-M3 фирмы Sony выпуска 1978—1983 гг.).

В 1983 г. появились отдельные сообщения об использовании в трехтрубных репортажных камерах новых передающих ЭЛТ с ЭОС «дефлекtron» в так называемом низковольтном режиме [133]. При этом отмечались такие положительные качества нового режима, как улучшение массогабаритных и энергетических характеристик камер. Например, в портативных камерах VVP-30P и VVP-3 фирмы Sony на сатиконах $\varnothing 18$ мм напряжения на сетке, аноде и пластинах дефлекtrона составляют соответственно 300, 250, 200 и 160, 350, 80 В.

В табл. 5.3 приведены сведения о режимах наиболее известных передающих ЭЛТ, используемых в портативных камерах цветного телевидения различного назначения в период с 1978 г. по 1986 г.

По сравнению с обычным режимом, использовавшимся на протяжении ряда лет (до 1983 г.) в передающих ЭЛТ однотрубных камер, например триникон фирмы Sony с ЭОС дефлекtron (СТ-1122, СТ-1123, СТ-2122, СТ-2132, СТ-2133, СТ-2222 и др.); в настоящее время созданы многосигнальные ЭЛТ с более экономичным режимом. В частности, в 1983—1984 гг. выпущены нью-косвикон диаметром (1/2)" типа S4156 с ЭОС «дефлекtron» фирмы Matsushita (Япония) с микромощным накальным узлом (2,8 В/110 мА) и пониженными напряжениями (относительно

Режимы работы передающих ЭЛТ камер цветного телевидения различного назначения

Тип трубки	Тип ЭОС	Диаметр трубки, мм	Фотослой	Фирма	U_c , В	U_a , В	$U_{пл.дефл.}$, В	U_H , В	I_H , мА	Классификация режима (формулировка источника)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XQ1070	M—M	26	PbO	Philips	600	370	—	6,3	95	Обычный
					960	600				Форсированный
8507	M—M	26	Sb ₂ S ₃	Hitachi	500	300	—	6,3	60	Обычный
					750	450				Форсированный
XQ1073	M—M	26	PbO	Philips	600	375	—	6,3	95	Обычный
					960	600				Форсированный
8134	S—M	26	Sb ₂ S ₃	Hitachi	300	180	—	6,3	95	Пониженный
					500	300				Обычный
					750	450				Форсированный
8541	M—M	26	Sb ₂ S ₃	Hitachi	500	300	—	6,3	95	Обычный
					750	450				Форсированный
XQ1427	M—M	18	PbO	Philips	500	285	—	6,3	95	Обычный
					750	430				Форсированный

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	M—S	18	PbO	Philips	300	250	200			Низковольтный
—	M—S	18	Se—Te—As	Hitachi	160	350	80			Низковольтный
XQ2427	M—M	18	PbO	Philips	500 750	285 430	—	6,3	95	Обычный Форсированный
XQ3427	M—M	18	PbO	Philips	500 750	285 430	—	6,3	95	Обычный Форсированный
E5001	M—M	26	CdSe	Toshiba	500 750	300 450	—	6,3	95	Обычный Форсированный
E5022	M—M	18	CdSe	Toshiba	400 500	240 300	—	6,3	95	Обычный Форсированный
—	S—M	26	Se—Te—As	NHK	2000	1600	—	—	—	Форсированный
P8215	M—M	18	Sb ₂ S ₃	—	250	300	—	—	—	Низковольтный
P8250	M—M	18	SiO	—	250	300	—	—	—	Низковольтный

триниконов диаметром 2/3" фирмы Sony), а также триниконы диаметром (1/2)" типов M—S и S—S фирмы Sony и Motomija также с микромощным накальным узлом и др.

Разделим условно низковольтный режим на два типа: пониженный и низковольтный, причем под пониженным будем понимать режим, при котором напряжения на сетке, аноде и пластинах дефлектрона понижены по сравнению с обычным (относительно трубок с таким же диаметром) до 30%, а под низковольтным — режим, при котором напряжения на сетке, аноде и пластинах дефлектрона или по меньшей мере два из них понижены относительно обычного (для трубок с таким же диаметром) более чем на 30%. При этом можно более четко классифицировать современные многосигнальные передающие ЭЛТ с учетом их особенностей (с точки зрения использованных достижений в области технологии передающих трубок и фокусирующих систем).

Прогресс в данной области видоизменил все основные узлы современных трубок: мишень, катодно-подогревательный узел (КПУ), электронно-оптическую систему (ЭОС) и схему в целом (на смену триодной и тетродной пушек с «кроссовером» пришла диодная «безкроссоверная» пушка), что позволило значительно улучшить параметры приборов.

Применение в однотрубочных МКЦТ трубок с ЭОС «дефлектрон» типов M—S и S—S равноценно, поскольку отсутствие ФК в одной (типа S—S) может быть скомпенсировано использованием экономичного «низковольтного» режима в другой (типа M—S) с соответствующим выигрышем в энергетике и массогабаритных характеристиках камеры. Однако использование «низковольтного» режима в дефлектронах типа M—S имеет некоторое преимущество, так как приводит к значительному улучшению равномерности глубины модуляции сигнала на частоте поднесущей, в то время как в дефлектронах типа S—S такая возможность реализуется другими средствами. Поэтому полностью статические дефлектроны целесообразно использовать прежде всего в камерах триниконного типа, т. е. в камерах индексных систем ПСДИ, а дефлектроны с магнитной фокусировкой (типа M—S) — в камерах косвинконного типа, т. е. фазовых систем ПСДИ.

В передающих трубках для однотрубочных МКЦТ широкое применение нашли долговечные прямонакальные маломощные КПУ с напряжением накала не более 2,8 В при токе не более 110 мА. Время вхождения в рабочий режим таких приборов не более 1,5 с (например, триникон S3562 фирмы Motomija, ньюкосвиконы S4161, S4400 фирмы Matsushita, сатиконы H4183 фирмы Hitachi и др.).

Наработка на отказ современных передающих многосигнальных ЭЛТ по данным фирм-изготовителей составляет около $3 \cdot 10^3$ ч, что представляет собой весьма значительный ресурс.

Создание полностью статических трубок типа дефлектрон (типа S—S) диаметром 13 мм и менее с гибкими выводами позволило довести длину трубок до 4...6 см, а массу до 14...16 г, что приблизило массогабаритные и энергетические характеристики трубок к твердотельным преобразователям, и эта тенденция сохраняется. Зарубежные исследователи отмечают, что современные многосигнальные ЭЛТ по потребляемой мощности превосходят ПЗС, т. е. более экономичны (1,5 Вт против 4...6 Вт у ПЗС), причем качественные параметры трубок (разрешающая способность, отношение сигнал/шум в выходном сигнале, чувствительность в синей области и др.) по-прежнему превосходят аналогичные параметры ТПИ и продолжают совершенствоваться [16, 17]. Стоимость передающих многосигнальных трубок намного ниже стоимости многосигнальных ТПИ (например, стоимость триниконов типа S3562 диаметром 13 мм выпуска 1985 г. около 90 долл., сатиконов типа H4196 диаметром 18 мм — 127 долл., сатиконов типа H4183 диаметром 13 мм — 51 долл., триниконов типа СТ2122 диаметром 18 мм выпуска 1980 г. — 400 долл., трубки с секционированной мишенью типа HS-256 диаметром 18 мм выпуска 1980—82 гг. — около 500 долл. и т. п.), стоимость же большинства зарубежных твердотельных преобразователей составляет сотни и тысячи долларов, что указывает на наличие трудностей в их изготовлении.

В соответствии с изложенным в табл. 5.4 приведены сведения о режимах современных многосигнальных ЭЛТ для однотрубчатых МКЦТ выпуска 1978—1985 гг.

Уменьшение диаметра передающих трубок приводит к уменьшению полезной площади мишени и соответственно уменьшению тока сигнала. Поэтому большое внимание уделяется уменьшению выходной емкости трубки, которая вместе с входной емкостью первого каскада предварительного видеоусилителя определяет один из важнейших параметров любой камеры — отношение сигнал/шум. В частности, в соответствии с принципом Г. В. Брауде при $R_{вх} \rightarrow \infty$ полное сопротивление входа Z определяется емкостью $C_{вх}$, действующей на входе усилителя, компонентой которой является выходная емкость передающей трубки ($C_{вых}$), т. е. имеет место соотношение

$$Z = 1/j\omega C_{вх}.$$

В связи с появлением новых экономичных (низковольтных) режимов работы передающих трубок, предусматривающих глубокое их «утапливание» в ФОС (в фокусирующей катушке с ортоклической обмоткой — для трубок с ЭОС типа дефлектрон), при учете влияния $C_{вх}$ целесообразно рассматривать собственную выходную емкость и полную выходную емкость передающей трубки.

Собственная выходная емкость трубки $C_{вых}$ обычно определя-

Режимы работы современных многосигнальных

Тип трубки	Тип ЭОС	Диаметр, мм	Год выпуска	Фотослой	Фирма	$F_{\text{подн}}$, МГц
CT-1122**	M—S	26	1978	Sb ₂ S ₃	Sony	4,5
E5180	S—M	26	1979	Sb ₂ S ₃	Toshiba	3,8
S4089	S—M	26	1979	Sb ₂ S ₃	Matsushita	3,8
HS-256***	S—M	18	1979	Sb ₂ S ₃	Hitachi	—
S4077C	S—M	26	1979	Sb ₂ S ₃	Matsushita	3,58
S4094P	S—M	18	1980	Sb ₂ S ₃	Matsushita	3,58
CT-2132**	M—S	18	1980	Sb ₂ S ₃	Sony	4,5
CT-2122**	M—S	18	1980	Sb ₂ S ₃	Sony	4,5
CT-2133**	M—S	18	1980	Sb ₂ S ₃	Sony	4,5
CT-2222**	M—S	18	1980	Se—Te—As	Sony	4,5
S4158	S—M	18	1981	Zn—Cd—Te	Matsushita	4,3
S4159	S—M	18	1981	Zn—Cd—Te	Matsushita	4,3
S4131	S—M	18	1981	Zn—Cd—Te	Matsushita	3,58
S4160	S—M	13	1982	Zn—Cd—Te	Matsushita	3,58
HBST**	M—S	18	1982	Se—Te—As	Sony	6,0
S4156	M—S	13	1983	Zn—Cd—Te	Matsushita	4,3
S4161	S—M	13	1983	Zn—Cd—Te	Matsushita	3,8
H4100A	S—M	18	1983	Se—Te—As	Hitachi	4,3
S4400	S—M	11,5	1984	Zn—Cd—Te	Matsushita	3,58
S3562**	S—S	13	1984	Se—Te—As	Motomija	4,5
S4203	S—S	13	1985	Zn—Cd—Te	Matsushita	4,3
S4106	M—S	13	1985	Zn—Cd—Te	Matsushita	4,3

* Указано наибольшее постоянное напряжение на пластинах дефлектрона.

** ЭЛТ типа тринион.

*** Трубка с секционированной мишенью.

ется как емкость сигнальной пластины относительно остальных электродов и сетки:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{ост.эл}} + C_c,$$

где $C_{\text{ост.эл}}$ — емкость сигнальной пластины относительно выводов ножки (кроме сетки); C_c — емкость сигнальной пластины относительно сетки.

На практике $C_c \gg C_{\text{ост.эл}}$, поэтому основную часть емкости в значении $C_{\text{вых}}$ вносит емкость сигнальная пластина — сетка.

Суммарная емкость трубки $C_{\text{вых}\Sigma}$ может быть определена как емкость системы трубка — ОС (ФОС, ФК), включающая следующие элементы:

$$C_{\text{вых}\Sigma} = C_{\text{вых}} + C_{\text{ФОС}} = C_{\text{вых}} + C_{\text{тФОС}} + C_{\text{кФОС}},$$

где $C_{\text{тФОС}}$ — емкость токосъема ФОС (ОС, ФК); $C_{\text{кФОС}}$ — емкость, вносимая конструкцией ФОС (ОС, ФК).

передающих ЭЛТ для однотрубных МКЦТ

$U_c,$ В	$U_a,$ $U_{ф.эл.}$ В	U^* пл.дефл. В	$U_n,$ В	I_n мА	Классификация режима	Примечание
550	450	450	6,3	95	Обычный	В камере DXC-1610
1200	600	—	6,0	100	Форсированный	В камерах серии 1К
1600	800	—	6,3	95	То же	В камере FAC-1800
1000	600	—	6,3	95	»	В камере GP-41D/F
1200	600	—	6,3	95	»	В камере G31P/71P
1400	600	—	6,3	95	»	В камере WV-3030E
400	350	340	6,0	75	Обычный	В камере HVC-3000S
400	350	340	6,0	75	То же	В камере HVC-2000P
400	350	340	6,0	75	»	В камере FAC-1900
400	350	340	6,0	75	»	В камере DXC-1800SK
1600	800	—	2,8	110	Форсированный	—
1600	800	—	6,0	75	То же	—
1350	630	—	6,0	75	»	В камере МК-109
1400	700	—	2,8	110	»	—
400	350	340	6,0	75	Обычный	В камере BVW-1
350	250	280	2,8	110	Пониженный	В камере Microvideo
1400	700	—	2,8	110	Форсированный	В камере CV-300
1400	600	—	6,3	95	То же	В камере WVP-100E
1200	550	—	2,8	110	»	В моноблочных комп- лексах
300	200	150	2,8	110	Пониженный	В моноблочном комп- лексе Betacam
330	250	—	2,8	110	То же	—
330	250	—	2,8	110	»	—

Обычно $C_{тфос}$ не превышает 0,5...1 пФ (за счет использования специальных миниатюрных токосъемов, обеспечивающих точечный контакт с выводом сигнальной пластины), например в ОС типа ELY-13A401L $C_{тос} \approx 0,45$ пФ.

В трубках, работающих в обычном или форсированном режиме (без «утапливания») ($C_{фос} = C_{тфос}$, поэтому суммарная выходная емкость трубки в этом случае может быть определена в виде

$$C_{вых\Sigma} \approx C_{вых} + C_{тфос}.$$

Для трубок с ЭОС типа дефлектор, работающих в низковольтном режиме с «утапливанием», в фокусирующей системе (в данном случае — в фокусирующей катушке) сигнальная пластина и сетка оказываются в непосредственной близости от массивных металлических конструктивных элементов фокусирующей катушки: статического экрана, обмотки и наружного магнитного экрана. В этом случае основную роль в емкости ФК (ОС, ФОС)

Таблица 5.5
 Значения выходных емкостей современных передающих ЭЛТ для камер цветного телевидения

Тип трубки	Год выпуска	Фирма	Диаметр, мм	Тип ЭОС	Тип ОС, ФОС, ФК	C _{вых.} ПФ	C _{вых.} ЭПФ	Фотослой	Конструкция выводов	
									сигнальной пленки	сетки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H8397	1976	Hitachi	18	M—M	H8396	3,5	—	Se—Te—As	Кольцевой	Через ножку
XQ1083	1983	Philips	26	M—M	AT1126	2,5	3,5	PbO	Специальной конструкции	То же
XQ1070	1983	Philips	30	M—M	AT1116/06	3,0	5,0	PbO	Кольцевой	»
XQ1523	1983	Philips	30	M—M	AT1130	3,0	6,0	PbO	То же	»
XQ3427	1983	Philips	18	M—M	XVC562 AT1109/10	1,5 2,0	3,0 2,0	PbO	Торцевой	»
XQ1427G	1983	Philips	18	M—M	AT1106 AT1109/01	1,5 3,0	5,0 3,0	PbO	Специальной конструкции	»
XQ1280	1983	Philips	26	M—M	AT1102/01	3,0	5,0	Sb ₂ S ₃	Кольцевой	»
XQ1272	1983	Philips	18	S—M	KV19G	2,0	3,5	Sb ₂ S ₃	То же	»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
XQ1271	1983	Philips	18	M—M	KV12S	2,0	3,5	Sb ₂ S ₃	»	»
XQ1031	1983	Philips	26	M—M	AT1102/01 KV9G	4,6	8,0	Sb ₂ S ₃	»	»
H9386D	1984	Hitachi	18	M—M	—	1,8	—	Se—Te—As	Торцевой	»
H4125	1984	Hitachi	18	M—S	—	2,5	—	Se—Te—As	То же	Кольцевой
XQ1274	1975	RTC	18	M—M	KV12/12S	2,0	3,5	CdSe	Кольцевой	Через ножку
E5165	1976	Toshiba	18	S—M	KV17D	2,0	3,5	CdSe	То же	То же
XQ1480	1976	Siemens	18	S—M	KV17D	2,0	3,5	CdSe	»	»
XQ1458	1976	Siemens	18	M—M	KV12	2,0	3,5	CdSe	»	»
XQ1484	1976	Siemens	18	S—M	KV17D	2,0	3,5	CdSe	»	»
8507	1974	Hitachi	26	M—M	—	4,6	—	Sb ₂ S ₃	»	»

Значения выходных емкостей многосигнальных

Тип трубки	Год выпуска	Фирма	Диаметр, мм	Тип ЭОС	Тип ОС, ФОС, ФК	$C^{**}_{\text{вых}} \text{ пФ}$	$C^{**}_{\text{вых } \Sigma} \text{ пФ}$
E5180	1979	Toshiba	26	S—M	XVC-477B	5,3	8,85
S4089P	1979	Matsushita	26	S—M	ELY-25A101B	4,45	8,15
CT1122*	1978	Sony	26	M—S	CT1122	5,0	6,5
CT2122*	1980	Sony		M—S	CT2122	2,5	5,0
HS-256	1979	Hitachi		S—M	LC-01811YA	6,5	7,9
S4077C	1979	Matsushita	26	S—M	A29933-C	5,0	8,0
S4094P	1980	Matsushita	18	S—M	ELY-18A201B	2,5	3,8
S4094	1980	Matsushita	18	S—M	ELY-18A208D	2,5	3,8
S4130	1980	Matsushita	18	S—M	ELY-18A208F	2,5	3,8
S4131	1981	Matsushita	18	S—M	XVC-557H	2,5	3,8
H4100A	1983	Hitachi	18	S—M	ELY-18A205G	2,51	3,7
S4161	1983	Matsushita	13	S—M	ELY-13A401M	2,0	2,53
H4181	1983	Hitachi	13	S—M	ELY-13A401L	2,4	2,9
ЛИ487		—	18	M—S	ФС-18П2	3,5	6,0
S4400	1984	Matsushita	11,5	S—M	ELY-11A501A	1,5	2,2
S4156*	1984	Matsushita	18	M—S	ELY-13A402B	3,2	3,7
S4165	1984	Matsushita	13	S—M	ELY-18A205H	2,4	3,2
S4161P	1985	Matsushita	13	S—M	YFS4161PK1T	2,0	2,5

* Кольцо вывода сетки уменьшенных размеров.

** Измерения производились с помощью высокочастотного измерителя L и C типа Е7-9. d — расстояние между сеткой и сигнальной пластиной.

играет емкость, вносимая конструкцией ФК, т.е. $C_{\text{кФОС}}$ (т.е. $C_{\text{кФОС}} \gg C_{\text{тФОС}}$); при этом $C_{\text{вых } \Sigma}$ может достигать 10 ... 15 пФ.

Кроме того, при установке в камеру значение $C_{\text{вых } \Sigma}$ может увеличиться дополнительно за счет особенностей конструкции ка-

передающих ЭЛТ для однотрубчатых камер

Фотослой	Конструкция выводов		d, мм	Применение	Примечание
	сигнальной пластины	сетки			
Sb ₂ S ₃	Кольцевой	Через ножку	≤2,5	В камерах серии ИК	—
Sb ₂ S ₃	То же	То же	≤2,0	В камере FAC-1800	—
Sb ₂ S ₃	Торцевой	Кольцевой	≤4,0	В камере DXC-1610	C _{сп1-сп2} ≈ 336 пФ
Sb ₂ S ₃	То же	То же	≤4,0	В камере HVC-2000P	C _{сп1-сп2} ≈ 307 пФ
Sb ₂ S ₃	»	Через ножку	≤4,5	В камере GP-41D/F	C _{сп1-сп2-сп3} ≈ 230 пФ
Sb ₂ S ₃	Кольцевой	То же	≤2,0	В камере G31P/71P	—
Sb ₂ S ₃	То же	»	<2,0	В камере WV-3030E	C _{вых э} в составе камеры 4,9 пФ
Sb ₂ S ₃	»	»	<2,0	В камерах серии WV-3000	—
Zn—Cd—Te	»	»	<2,0	В камере МК-109	—
Zn—Cd—Te	»	»	<2,0	В камере CV-300	Может использоваться ОС ELY18A208D
Se—As—Te	»	»	≤2,5	В камере WVP-100E	—
Zn—Cd—Te	»	»	≤2,0	В камере CV-300	Может использоваться ОС типа ELY-13A401D
Se—As—Te	»	»	≤2,0	В камере WVP-55E	—
Sb ₂ S ₃	»	Кольцевой	≤2,0	В камере ТК-01Ц	—
Zn—Cd—Te	»	Через ножку	≤3,0	В моноблочных комплексах	—
Zn—Cd—Te	»	Кольцевой	<4,0	В камере VZ-C10	—
Zn—Cd—Te	»	Через ножку	≤2,0	В камере VZ-C75	—
Zn—Cd—Te	»	То же	≤2,0	В камере WVP—A1E	—

меры в целом и монтажа. Поэтому следует отметить, что применение в разрабатываемых однотрубчатых камерах вариообъективов без металлических корпусных деталей позволяет исключить внесение дополнительной емкости при стыковке камеры с объек-

Полевые транзисторы, используемые в предварительных

Тип транзистора	Фирма	Напряжение питания 1-го каскада, В	$C_{вх}$, пФ	S , мА/В
2SK43	Sony	10	13	6 ... 12
2SK68A	NEC	8,5	13	4 ... 12
2SK117	Toshiba	10	20	4 ... 30
2SK136R	Matsushita	24	> 8	5
2SK152	Sony	8,5	9,0	21 ... 30
2SK1218Q	Matsushita	9,0	8,2	15 ... 30
2SK218P	Matsushita	6,0	8,0	15 ... 30
2SK218R	Matsushita	7,5	8,0	15 ... 30
2SK291	Hitachi	5,0	8,5	25 ... 45
2SK316	Matsushita	5,0	4,1	20 ... 30
2SK322	Hitachi	5,0	8,5	25 ... 45
КП601А	—	12	≤ 8,5	40 ... 87
«Пион»	—	9,0	5	15 ... 20
2SK316PQ	Matsushita	5,0	4,1	20 ... 30

* С радиатором $P=2$ Вт.

усилителях однотрубных камер выпуска 1978—1987 гг.

ЭДС шума, нВ/√Гц	P, Вт	Тип камеры	Тип трубки	Примечание
—	0,3	DXC-1610	CT1122	$F_{ш} \leq 8$ дБ; корпус TO92
—	0,25	FAC-1800	S4089P	Корпус R182b
—	0,3	Камеры серии IK	E5180	Корпус TO92
—	0,25	G-31P/71P	S4077C	Корпус TO92
—	0,4	HVC-2000P	CT2122	Используется в большинстве камер фирмы Sony на триниконах $\varnothing 18$ мм
0,6	0,3	GP-41D/F	HS-256	Корпус TO92
0,6	0,3	MK-109	S4131	Корпус TO92
0,6	0,3	WV-3030E	S4094P	Используется в камерах серии VW-3000 фирмы Panasonic (Matsushita)
—	0,3	Портативные камеры	—	$R_{eq} = 45$ Ом; корпус TO92 или МРАК
0,7	0,15	WVP-55E	H4181	Используется в большинстве камер фирмы Matsushita с 1984 г.; $F_{ш} = 3$ дБ
—	0,15	Портативные камеры	—	$R_{eq} = 45$ Ом; корпус TO92 или МРАК
0,8 ... 2,0	0,5*	«Цветок-1»	Видикон $\varnothing 26$ мм с RGB-фильтром	Использован в первом отечественном экспериментальном образце камеры в 1981 г.
$\leq 0,7$	$< 0,3$	TK-01Ц	ЛИ-487	Корпус «Элеоника»
$\leq 0,7$	0,15	WVP-A1E/A1N	S4161P	Используется также в камерах WVP-A2E/A2N

тивом, а также снизить стоимость объектива. В связи с тенденцией уменьшения диаметра трубок и значительного снижения их собственных выходных емкостей перечисленные особенности становятся заметными.

Таким образом, полная выходная емкость трубки в составе камеры может быть определена в следующем виде:

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{вых}\Sigma} + C_{\text{к.к}} + C_{\text{м}},$$

где $C_{\text{к.к}}$ — емкость, вносимая конструкцией камеры; $C_{\text{м}}$ — емкость монтажа.

Эквивалентная схема полной выходной емкости трубки, которая может быть использована при расчетах входной цепи предварительного усилителя, приведена на рис. 5.31.

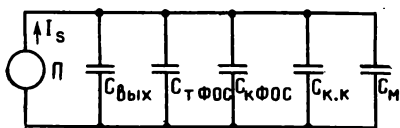


Рис. 5.31. Эквивалентная схема полной выходной емкости трубки:
 Π — передающая трубка;
 I_s — ток сигнала

В табл. 5.5 приведены значения выходной емкости современных передающих трубок для камер цветного телевидения различного назначения и сведения о конструкции токосъема и вывода сетки. Как видно из таблицы, собственная емкость трубок ($C_{\text{вых}}$) диаметром 18 мм лежит в пределах 1,5...2,5 пФ, а суммарная ($C_{\text{вых}\Sigma}$) — не превышает 5,0 пФ [130].

В табл. 5.6 приведены сведения о выходных емкостях, конструкции токосъема и вывода сетки многосигнальных передающих ЭЛТ для однотрубных камер цветного телевидения, в табл. 5.7 — параметры полевых транзисторов, используемых в предварительных усилителях однотрубных МКЦТ периода 1978—1985 гг.

Тенденцией последних лет является снижение напряжений питания камеры с 12,9 до 5 В или использование двухполярных источников питания. Данная тенденция вызывает ряд трудностей в создании полевых транзисторов с высокой крутизной, малым потреблением и низкой входной емкостью.

Наиболее удачной разработкой в данном направлении является полевой транзистор 2SK316 фирмы Matsushita (Япония), разработанный специально для однотрубных МКЦТ малыми входными емкостями. В частности, входная емкость транзистора 2SK316 около 4,1 пФ, что является существенным шагом в улучшении параметров однотрубных камер [134].

Отечественным аналогом транзистора 2SK316 является полевой транзистор «Пион», параметры которого приведены в табл. 5.7.

В табл. 5.8 приведены основные параметры наиболее извест-

Параметры передающих трубок для однотрубных МКЦТ

Тип трубки	Тип ЭОС	Диаметр, мм	Год выпуска	Тип фотослоя	Фирма	Размер раstra, мм		F, МГц	U _c , В
						общий	рабочий		
CT-1122*	M-S	26	1978	Sb ₂ S ₃	Sony	12,2×10,8	—	4,5	500
S4077C	S-M	26	1979	Sb ₂ S ₃	Matsushita	—	—	3,58	1200
HS256	S-M	18	1979	Sb ₂ S ₃	Hitachi	7,8×9,4	—	секц.	1000
S4089	S-M	26	1979	Sb ₂ S ₃	Matsushita	13,5×10	8,8×11,1	3,8	1600
S4094	S-M	18	1980	Sb ₂ S ₃	Matsushita	—	5,9×8,5	3,58	1400
CT-2132*	M-S	18	1980	Sb ₂ S ₃	Sony	8,8×7,3	—	4,5	400
CT-2122*	M-S	18	1980	Sb ₂ S ₃	Sony	8,8×7,3	—	4,5	400
CT-2133*	M-S	18	1980	Sb ₂ S ₃	Sony	8,8×7,3	—	4,5	400
S4131	S-M	18	1981	Zn-Cd-Te	Matsushita	—	5,6×7,5	3,58	1350
S4158	S-M	18	1981	Zn-Cd-Te	Matsushita	6,8×9,0	5,6×7,5	4,3	1600
HBST*	M-S	18	1982	Se-As-Te	Sony	8,8×7,3	—	6,0	400
S4156*	M-S	13	1983	Zn-Cd-Te	Matsushita	4,8×6,4	4,6×6,2	4,3	350
S4161	S-M	13	1983	Zn-Cd-Te	Matsushita	6,0×7,2	4,6×6,2	3,9	1400
H4181	S-M	13	1983	Se-As-Te	Hitachi	5,0×6,0	4,8×5,0	3,8	1400
H4100A	S-M	18	1983	Se-As-Te	Hitachi	7,8×8,0	6,0×5,8	4,3	1400
S4145	S-M	18	1983	Zn-Cd-Te	Matsushita	6,2×8,3	—	4,1	1600
S4310	S-M	18	1984	Zn-Cd-Te	Matsushita	—	8,0×6,0	6,0	1600
S4203	S-M	13	1984	Zn-Cd-Te	Matsushita	—	6,2×4,6	4,3	1400
S4400	S-M	11,5	1984	Zn-Cd-Te	Matsushita	—	4,8×3,6	3,58	1200
S4165	S-M	18	1984	Zn-Cd-Te	Matsushita	—	8,0×6,0	5,0	1600
H4196	S-M	18	1985	Se-As-Te	Hitachi	—	—	6,0	1600
S3562*	S-S	13	1985	Se-As-Te	Motomija	—	4,8×6,4	4,5	350
ЛИ487*	M-S	18	1985	Sb ₂ S ₃	НПО «Платан»	7,8×8,2	6,2×8,0	3,58	600

* Триниконы с ЭОС типа дефлектор (кроме S4156 и ЛИ-487).

** Напряжение на аноде или последующем электроде.

U^{**} , а, В	U_H , В	I_H , А	I_s , НА (лк)	$I_{тр}$, НА	$F_{рас}(F)$, лк	$F_{лиц}(F)$, лк	Инерционность, %	Тип ОС, ФОС, ФК	Тип камеры
400	6,3	0,095	170 (10)	25	1400 (F4.0)	200 (F2.1)	23	СТ-1122	DXC-1610
600	6,3	0,095	170 (10)	25	2000 (F4.0)	100 (F1.8)	23	A29933-C	G-3IP/71P
600	6,3	0,095	110 (10)	20	500 (F1.6)	75 (F1.6)	23	LC-0181-1YA	GP-41D/F
800	6,3	0,095	170 (10)	25	1400 (F4.0)	100 (F1.4)	23	ELY-25A101B	FAC-1800
600	6,3	0,095	110 (10)	20	1400 (F4.0)	70 (F1.4)	23	ELY-18A201B	WV-3030E
300	6,0	0,075	110 (10)	20	1400 (F4.0)	40 (F1.4)	23	CT-2132	HVC-3000S
300	6,0	0,075	110 (10)	20	1400 (F4.0)	70 (F1.8)	23	CT-2133	HVC-2000P
300	6,0	0,075	110 (10)	20	1400 (F4.0)	70 (F1.8)	23	ELY-18A208D	FAC-1900
630	6,0	0,075	130 (5)	2	1400 (F4.0)	50 (F1.8)	<10	ELY-18A205H	MK-109
800	2,8	0,110	130 (5)	2	1400 (F4.0)	—	<10	HBST	—
300	6,0	0,075	160 (10)	<3	2000 (F4.0)	80 (F1.6)	<10	ELY-13A402B	BVW-1
250	2,8	0,110	160 (10)	2	1400 (F4.0)	10 (F1.2)	<10	ELY-13A401M	Microvideo
700	2,8	0,110	160 (10)	2	1400 (F4.0)	—	<10	ELY-13A401L	CV-300
600	2,8	0,110	120 (10)	<3	1400 (F4.0)	—	3	ELY-18A205G	WVP-55E
600	6,3	0,095	160 (10)	<3	1400 (F4.0)	25 (F1.2)	<10	ELY-18A208F	WVP-100E
800	6,0	0,075	130 (5)	2	800 (F4.0)	35 (F1.6)	<10	ELY-18A205H	GX-N5
800	6,0	0,075	200 (10)	2	800 (F4.0)	10 (F1.2)	<10	ELY-13A235A	—
700	2,8	0,110	120 (10)	2	1000 (F4.0)	—	<10	ELY-11A501A	—
550	2,8	0,110	70 (10)	1,5	1200 (F4.0)	—	7	ELY-18A205H	Моноблочные ка-
800	6,0	0,075	200 (10)	2	800 (F4.0)	—	<10	ELY-18A205	меры
800	6,0	0,075	160 (10)	2	1400 (F4.0)	—	5	Нет	VZ-C75
500	2,8	0,110	120 (10)	1	1000 (F4.0)	12 (F1.2)	3	ФС-18П2	WV-6000
330	6,3	0,095	160 (20)	20	1400 (F4.0)	200 (F1.8)	23		Betamovie
									TK-011C

ных передающих многосигнальных трубок для однотрубных МКЦТ различных систем ПСДИ.

Для удобства работы при настройке камеры либо для осуществления разделения сигналов цветности в соответствии с выбранной системой ПСДИ на мишень передающих многосигнальных трубок обычно наносятся различные служебные отметки. Как правило, эти отметки несут следующую информацию (в различных сочетаниях):

- указывают на расположение трубки в камере;
- указывают на ориентацию мишени относительно ОС, ФОС, ФК;
- указывают на рабочее положение растра на мишени трубки;
- указывают на размер рабочей зоны растра на мишени;
- указывают положение центра растра;
- показывают длину строки растра;

сообщают сведения о цвете каждого из штриховых светофильтров (квадраты чистых цветовых полей);

сообщают сведения о глубине модуляции со штриховых светофильтров (на частоте поднесущей цветности) для каждого светофильтра (квадраты штриховых полей каждого цвета);

сообщают сведения о наличии так называемого «оптического опорного уровня черного», необходимого для осуществления фиксации при обработке видеосигналов в различных звеньях видеотракта, а также могут сообщать сведения о фирме-изготовителе, материале фотослоя и некоторые другие. Данные отметки обычно

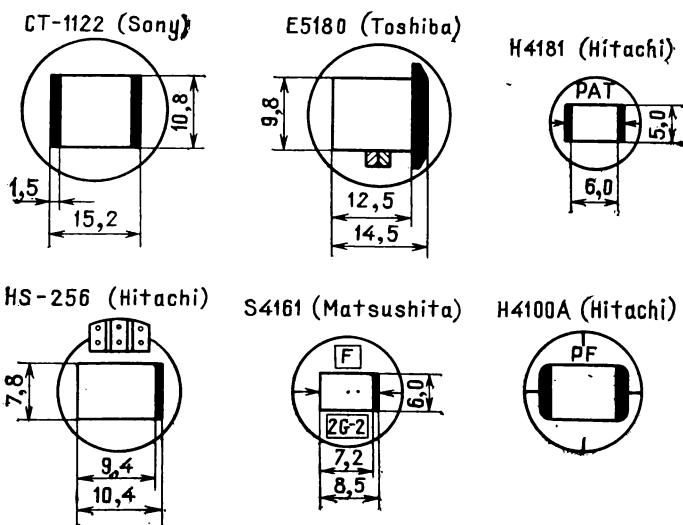


Рис. 532. Виды мишеней различных зарубежных передающих многосигнальных трубок

имеют вид реперов (черточки, стрелки), квадратов, блестящих полосок из хрома (при наличии оптического опорного уровня черного эти полоски располагаются в конце, начале или с обеих сторон растра, имеют длительность 1,5... 3 мкс) либо буквенно-цифровых обозначений.

В соответствии с изложенным на рис. 5.32 показаны мишени различных зарубежных передающих трубок со служебными отметками.

5.5.2. Отечественные передающие многосигнальные трубки

В нашей стране исследовались различные типы передающих многосигнальных трубок и к настоящему времени разработаны трубки для двух- и однотрубчатых МКЦТ [54, 135, 136].

Многосигнальный видикон ЛИ-499 для однотрубчатых камер имеет фоточувствительную мишень на основе селенида кадмия диаметром 26 мм. Его электронно-оптическая система аналогична видиконам для камер черно-белого изображения типов ЛИ-426, ЛИ-452. Мишень трубки ЛИ-499 содержит две группы пересекающихся полосок желтого и голубого цветов, формирующих при развертке растра электронным лучом поднесущую цветности $F_{RB} = 3,8$ МГц. деление синей и красной высокочастотных компонентов видеосигнала осуществляется гребенчатым фильтром с линией задержки на строку — в соответствии с фазовой системой ПСДИ. С целью повышения глубины модуляции на частоте поднесущей цветности и ее равномерности по полю в трубке применяется форсированный режим (до 1200 В на электродах фокусирующей системы) и уменьшен рабочий размер растра с обычного $9,5 \times 12,7$ до $8,25 \times 11$ мм. В соответствии со свойствами материала мишени (CdSe) темновой ток не превышает 1,5 нА. Разрешающая способность прибора ЛИ-499 около 260 ТВЛ, фокусировка луча — электростатическая, отклонение — магнитным полем (катушками). Прибор предназначен для использования в передающих телевизионных камерах прикладного назначения (промышленность, медицина и т. п.) и не рекомендуется для наблюдения быстро протекающих процессов из-за влияния инерционности [136].

Многосигнальный видикон ЛИ-487 имеет фоточувствительную мишень на основе трехсернистой сурьмы (Sb_2S_3) диаметром 18 мм. Особенностью данного прибора является применение ЭОС типа дефлектрон, а также сравнительно небольшой темновой ток — около 20 нА (80 нА у обычных) благодаря усовершенствованию мишени. Прибор ЛИ-487 построен также на базе фазовой системы ПСДИ. Кодирование цветовых сигналов E_R и E_B осуществляется пересекающимися желтыми и голубыми штриховыми светофильтрами, образующими при развертке лучом поднесущую частоту цветности 3,58 МГц. Параметры видикона ЛИ-487 приве-

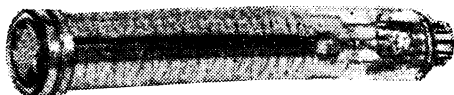
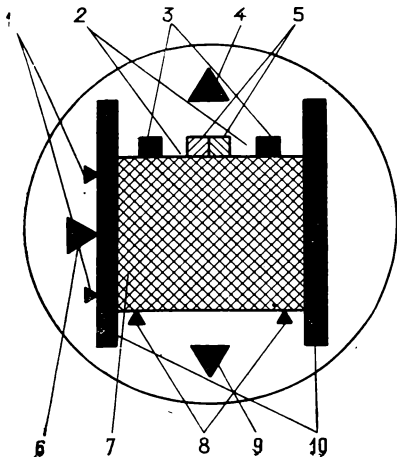


Рис. 5.33. Внешний вид многосигнального видикона ЛИ-487 (НПО «Платан»)

Рис. 5.34. Мишень прибора ЛИ-487 (с кодирующими светофильтрами и служебными отметками):

1, 8 — реперные метки рабочей зоны раstra; 2 — тестовые фигуры «чистых» полей; 3 — тестовые фигуры сплошных цветовых полей; 4, 9 — реперные метки вертикальной оси раstra; 5 — тестовые фигуры штриховых цветовых полей; 6 — реперная метка направления сканирования; 7 — рабочая зона раstra; 10 — полоски опорного уровня черного

дены в табл. 5.8, внешний вид показан на рис. 5.33. Вид мишени ЛИ-487 с кодирующими светофильтрами и служебными отметками показан на рис. 5.34. Фокусировка луча магнитная, отклонение — электростатическое. Фокусирующая катушка ЛИ-487 с ортоциклической намоткой обеспечивает высокую равномерность фокусирующего поля вдоль аксиальной оси трубки и в рабочей зоне мишени. Ее конструкция показана на рис. 5.35.

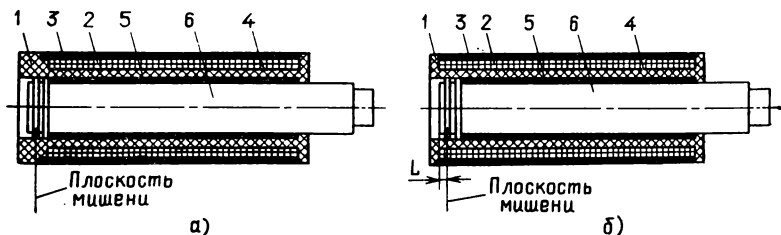


Рис. 5.35. Конструкция фокусирующей катушки многосигнального видикона ЛИ-487:

а — для работы в нормальном режиме; б — для работы в низковольтном режиме; 1 — каркас; 2 — обмотка; 3 — экран магнитный; 4 — экран статический; 5 — сеточный электрод; 6 — передающая трубка; 7 — кольцевой вывод сигнальной пластины; 8 — кольцевой вывод сетки

На основе многосигнального видикона ЛИ-487 создана первая отечественная однотрубчатая камера для бытовых систем видеозаписи типа «Электроника ТК-01Ц».

В настоящее время в нашей стране созданы также экспериментальные образцы передающих многосигнальных трубок индексной и фазовой систем ПСДИ с эффективными фоточувстви-

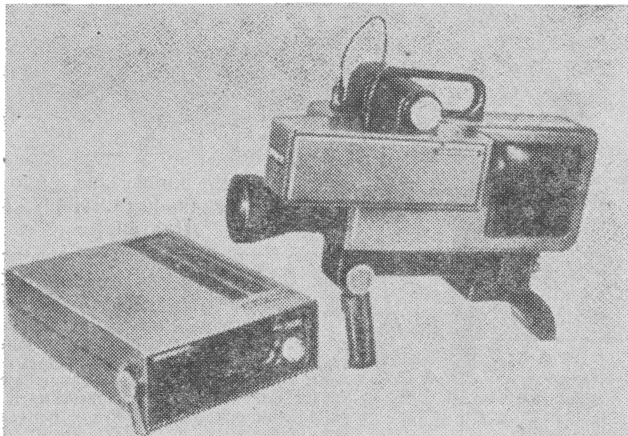


Рис. 5.36. Двухтрубная камера цветного телевидения «Электроника Ц826» (ВНИИ «Электрон»)

ными слоями на основе сатикона и ньювикона для разрабатываемых однострубочных МКЦТ различного назначения. Для сравнения на рис. 5.36 приведена двухтрубная камера цветного телевидения «Электроника Ц826», разработанная ВНИИ «Электрон» в конце 70-х годов.

5.5.3. Пути совершенствования параметров передающих многосигнальных трубок

В настоящее время созданы многосигнальные передающие трубки диаметром 18, 13 и даже 11 мм и длиной до 4...6 см. Работа по их совершенствованию постоянно продолжается, оптимизируется конструкция, ведется поиск новых материалов для создания более эффективных и долговечных мишеней и катодных узлов, более качественных стекол колбы и других элементов. Например, фирмой Philips (Голландия) обновлена номенклатура плюмбиконов для камер цветного телевидения типа XQ3070 (\varnothing 25 мм), XQ3427, XQ3457 (\varnothing 18 мм) и т. п. Чувствительность (полная) трубок диаметром 18 мм составляет 320 мкА/лм (к красному 100 мкА/лм, к зеленому 125 мкА/лм, к синему 36 мкА/лм), выходная емкость 3...1,8 пФ, инерционность 2,1...3,3%. Глубина модуляции на частоте 5 МГц достигает 50...55%, разрешающая способность 800 ТВЛ. Многие фирмы для уменьшения входной емкости широко применяют смешанное управление пучком и электронно-оптическую систему типа дефлектор в сочетании с торцевым выводом сигнальной пластины. В трубке E5405 фирмы Noptan Imaging Ltd (для вещания) применено смешанное управление

(фокусировка магнитная, отклонение электростатическое или наоборот и так называемое послеускорение) и диодный прожектор с небольшим, но эффективным пучком. В сатиконе Н9386В диаметром 18 мм улучшена диодная пушка, в частности между модулятором ($-4 \dots -15$ В) и анодом (300 В) введена дополнительная диафрагма с нулевым потенциалом и сечение пучка с максимальной плотностью тока $3,5$ А/см² смещено в сторону больших потенциалов на оси трубки. В результате инерционность составила (без подсветки) 0,8% от тока сигнала 200 нА и 2% от тока 50 нА в третьем поле. Глубина модуляции сигнала на отметке 400 ТВЛ составляет 60% в центре и 30% в углах раstra. И хотя в этой трубке напряжения на электродах повышены, она имеет высокую долговечность (3000 ... 4000 ч).

Разработаны новые передающие трубки типа суперхалликон, например Е5415, Е5375 фирмы Toshiba, с фотослоем на основе Cd—Te_{1-x}—Se_x, которые призваны сменить поколение халликонов. В этих трубках повышена светочувствительность в 2,3 раза и расширена спектральная характеристика, уменьшена инерционность до 5% (в третьем поле) при диаметре 18 мм (Е5375), ток сигнала составляет 340 нА при освещенности 1 лк, разрешающая способность по горизонтали 700 ТВЛ. Суперхалликон диаметром 13 мм (Е5415) имеет ЭОС типа дефлектрон (выполнен интегрально с фокусирующей соленоидальной катушкой) с диодной пушкой и разрешающую способность при растре $4,8 \times 6,4$ мм до 800 ТВЛ, что соответствует лучшим сатиконам диаметром 18 мм. Эти трубки не подвержены «запечатыванию» либо выжиганию мишени при длительной проекции неподвижных изображений и способны успешно конкурировать даже с ньювиконами и ньюкосвиконами.

В новой разработке фирмы Hitachi HS-355 диаметром 18 мм с дефлектроном (с магнитной фокусировкой) за счет усовершенствования конструкции ликвидировано различие размера и формы сечения пучка по полю мишени. Достигнута глубина модуляции сигнала на отметке 400 ТВЛ около 70%, что открывает новые возможности в улучшении качественных параметров разрабатываемых МКЦТ.

В результате комбинации фоточувствительных слоев сатикона и кремникона получена новая комбинированная мишень для видиконов, имеющая высокую чувствительность, малую инерционность и малый темновой ток (менее 1 нА); разрешающая способность мишени достигает 800 ТВЛ.

Большая работа проводится по расширению температурного диапазона работы передающих трубок. В частности, разработаны так называемые ньюстиконы — передающие трубки с повышенной термостойкостью. В этих трубках удалось повысить верхнюю границу диапазона рабочих температур до 50°С (вместо 30°С) при инерционности 0,8 ... 2,0% (в третьем поле), разрешающей спо-

способности 600 ТВЛ по горизонтали и чувствительности к белому свету 350 мкА/лм. Уже созданы образцы трубок этого типа с диодной пушкой и ЭОС типа дефлектрон, а также трубки, работающие при отрицательных рабочих температурах.

Наконец, нельзя не отметить такое важное достижение, как разработку передающих трубок совершенно нового типа — суперхивикон. Сверхвысокочувствительная мишень этой трубки является первой мишенью с квантовым выходом фототока значительно больше 1. Материал фотослоя — на основе аморфного селена, темновой ток около 0,2 нА, инерционность менее 5% в третьем поле, $\gamma \approx 0,95$ (в диапазоне 0,05 ... 10 лк). Разрешающая способность суперхивикона диаметром 18 мм составляет 1600 ТВЛ и более.

Большая работа по усовершенствованию передающих трубок уже сегодня привела к созданию высококачественных приборов с потребляемой мощностью (вместе с фокусирующей катушкой) около 1 Вт. При этом мощность оказывается соизмеримой с общей потребляемой мощностью всей камеры и может составлять до 30% от общей потребляемой мощности и более. Например, многосигнальная передающая трубка S4156 с фокусирующей катушкой ELY-13A402B потребляет от источника около 1,2 Вт, камера VZ-C10 с данной трубкой потребляет 4,2 Вт, а камера CV-300 потребляет 3,3 Вт (потребление трубкой S4161 около 1,2 Вт). Это позволяет создавать на основе таких передающих трубок моноблочные видеоконкомплексы, объединяющие камеру и видеомagnитофон. Аналогичные передающие трубки разрабатываются и в нашей стране.

Выводы. Параметры однотрубных МКЦТ за прошедшие 10 лет значительно повысились, и улучшились их массогабаритные и энергетические характеристики. В значительной мере этот скачок обусловлен быстрым развитием элементной базы и повышением степени ее интеграции. Современные однотрубные МКЦТ (помимо систем видеозаписи) могут успешно использоваться в различных областях народного хозяйства: науке, технике, медицине и т. п.

Функциональные возможности таких камер значительно расширились, повысилась светочувствительность, рабочая освещенность на объекте у современных однотрубных камер цветного телевидения может достигать менее 10 лк. Существенно расширились границы при съемке быстропротекающих процессов, что позволяет шире использовать их в промышленности, в системах наблюдения, в спорте и других областях.

Наконец, значительно улучшились сервисные возможности однотрубных камер, которые теперь, как правило, имеют микропроцессорные системы самоконтроля, настройки и управления.

Появились новые типы приемных электронно-лучевых трубок уменьшенных размеров с улучшенными параметрами, а также

жидкокристаллических и газоразрядных панелей, позволяющих создавать на их основе миниатюрные электронные видеоскоптеры, в том числе цветного изображения для малогабаритных камер.

Значительный качественный скачок претерпела элементная база, которая теперь предусматривает возможность использования новых прогрессивных автоматизированных методов монтажа элементов непосредственно на дорожки печатной платы.

Прогресс в области оптики привел к переходу от больших и тяжелых вариообъективов к сложным светосильным оптико-электронным блокам небольших размеров и массой менее 0,5 — 1 кг, значительно расширив при этом их возможности. Эти устройства позволяют не только производить масштабирование объектов при съемке, но и автоматически устанавливать диафрагму, фокусировку и при необходимости вводить различные светофильтры либо выполнять специальные операции по самонастройке камеры.

Следует также отметить, что, несмотря на то, что требования к допустимой нелинейности отклоняющих напряжений у различных однотрубных камер цветного телевидения отличаются, тем не менее следует стремиться к тому, чтобы нелинейность строчной развертки была возможно меньше, так как от этого зависит стабильность сигнала с оптической полоски опорного уровня черного, которая определяет хорошую работу схемы АРЧ и существенно влияет на качество формируемого выходного изображения.

По уровню сервисных устройств, автоматических регулировок и различным видам используемой обработки сигналов однотрубные МКЦТ вплотную приблизились к профессиональной аппаратуре, что, несомненно, открывает новые перспективы в данной области.

Таким образом, можно отметить, что из всего многообразия передающих многосигнальных электронно-лучевых трубок к настоящему времени широко выпускаются за рубежом триконны и косвиконны уменьшенных диаметров (18, 13 и 11,5 мм) с фоточувствительными слоями на основе Se—As—Te и Zn—Cd—Te (сатикон, ньювикон), обеспечивающими параметры создаваемых на их основе МКЦТ, приближающиеся к полупрофессиональной и профессиональной аппаратуре.

Совершенствование техники передающих многосигнальных ЭЛТ в настоящее время успешно проводится в направлении поиска новых высокоэффективных мишеней и новых конструктивных решений электронно-оптической системы и КПУ. В результате появился совершенно новый класс передающих ЭЛТ, параметры которых наряду с малыми размерами позволяют успешно создавать на их основе высококачественную малогабаритную аппаратуру видеозаписи многоцелевого назначения: от бытовой до профессиональной и даже студийной.

С точки зрения экономичности при всем многообразии используемых электрических режимов разработаны передающие многосигнальные ЭЛТ, суммарная мощность потребления которых от источников питания (вместе с фокусирующей либо отклоняющей системой) не превышает аналогичных показателей ТПИ.

Резервы по дальнейшему улучшению параметров передающих электронно-лучевых трубок, в том числе и тех, которые предназначены для работы в составе однотрубных МКЦТ, еще далеко не исчерпаны.

В соответствии с изложенным можно заключить, что и в 90-х годах роль многосигнальных передающих трубок при создании малогабаритных камер цветного телевидения не будет снижаться, по крайней мере до тех пор, пока стоимостные критерии иных видов датчиков сигнала (ТПИ) не приблизятся к ним.

Глава 6.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ МАЛОГАБАРИТНЫХ КАМЕР ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

6.1. Моноблочные видеокомплексы — камкордеры. Структура и состав основных узлов

В предыдущих главах упоминалось о том, что прогресс в области элементной базы, передающих трубок и оптических устройств привел к созданию весьма малогабаритных однотрубных МКЦТ и камер с твердотельными преобразователями и на их основе — моноблочных видеокомплексов, объединяющих камеру и малогабаритный кассетный цветной видеомагнитофон. Данные устройства предназначены для одновременной записи цветного изображения и звука интересующих объектов и являются прямым аналогом кинокамер. Эти устройства уже имеют довольно продолжительное время непрерывной записи изображения, достаточное для съемки одно- и даже двухсерийных фильмов. Например, моноблочный комплекс типа NV-M1 фирмы Panasonic системы VHS на ньюкосвиконе диаметром 13 мм имеет время записи 240 мин при массе 3,3 кг (с батареями) и габаритные размеры 155×190×325 мм. Аналогичные параметры имеет комплекс NV-M3E этой же фирмы. Моноблочный видеокомплекс другой японской фирмы (JVC) типа GR-C1 (также системы VHS) на сатиконе диаметром 13 мм имеет время записи 30 мин и массу около 1,9 кг, а моноблочный комплекс VM-E1 фирмы Canon на сатиконе диаметром 13 мм имеет массу около 2 кг, моноблочный комплекс фирмы Toshiba имеет длительность записи 2 ч и массу около 1,7 кг [138].

Преимущества же, даваемые такими устройствами широкому кругу кино- и фотолюбителей (закрывающиеся в отсутствие специального процесса по обработке пленки, а также проекторов и других устройств), настолько очевидны, что вне сомнений, подобная техника по мере насыщения ею внутреннего рынка вытеснит кинокамеры не только в быту, но и по мере повышения основных качественных параметров (прежде всего разрешающей способности) в области профессиональной кинотехники. Подтверждением этому является появление на основе однотрубных камер моноблочных видеокомплексов профессионального назначения, например типов BVW-1, BVW-2N вещательной корпорации NHK системы Betacam на передающей трубке триникон диаметром 18 и 13 мм соответственно. В табл. 1.4 приведены параметры подобных комплексов.

Основными факторами, ограничивающими создание моноблочных комплексов профессионального назначения, являются разрешающая способность и величина отношения сигнал/шум в каналах яркости и цветности, поскольку в большинстве однотрубных МКЦТ разрешающая способность не превышает 300 ТВЛ, отношение сигнал/шум в яркостном канале не превышает — 40 дБ, а в цветных каналах это значение еще хуже. Тем не менее, как показано в табл. 1.4, многие фирмы уже производят однотрубные МКЦТ и видеокомплексы, которые, по их мнению, следует считать полупрофессиональными, поскольку некоторые их основные параметры выше параметров аналогичных устройств, предназначенных для бытовой видеозаписи. Ограничивают создание подобных устройств также проблемы, связанные с разработкой новых малогабаритных высококачественных видеомагнитофонов. Большинство современных цветных видеомагнитофонов, используемых в составе моноблочных комплексов, имеют те же значения разрешающей способности и отношения сигнал/шум, что и однотрубные МКЦТ, предназначенные для бытовой видеозаписи, и массу до 2...3 кг. Большую роль здесь должны сыграть новые прогрессивные системы видеозаписи, например S-VHS, и переход на новый тип магнитной ленты, в частности на форматы 8,6 и 4 мм. Это позволит еще более миниатюризировать моноблочные комплексы на основе однотрубных МКЦТ наряду с повышением качества [139].

Помимо камер и моноблочных комплексов на основе передающих многосигнальных трубок в настоящее время за рубежом выпускается аналогичная аппаратура на основе ТПИ (ПЗС, ФПЗС). В табл. 1.3 приведены основные параметры таких камер и моноблочных комплексов (видеокамер). На рис. 5.6 показана камера на ТПИ. Наиболее известные из таких комплексов — NV-M7E, NV-MS1, WV-CD-1 фирмы Panasonic, CCD-V8AF фирмы Sony, VN-9000 фирмы Nikon (ФРГ) и др.

Моноблочный видеокомплекс — камкордер содержит, как пра-

вило, следующие основные функционально законченные узлы и блоки:

оптическую часть, содержащую в простейшем варианте обычный объектив, а в более сложном — оптико-электронный блок с автоматической фокусировкой, масштабированием (так называемый «электронный наезд» или «зум») и другими функциями;

камерную часть, содержащую в простейшем виде однотрубную МКЦТ (например, в камкордере NV-M1 фирмы Panasonic), а в более сложных — камеру на двух или трех преобразователях свет—сигнал (передающих трубках или ПЗС);

магнитофонную часть, содержащую в простейшем виде аналог стационарных серийных цветных кассетных видеомэгнитофонов (например, типов NV-G7E, NV-G10, NV-777, ВМЦ-8220 и др.) в виде лентопротяжного механизма (ЛПМ) с блоком видеоголовок (БВГ) и электронной части;

блок электронного видоискателя (как правило, на основе приемной электронно-лучевой трубки типа кинескоп с диагональю экрана 26 ... 40 мм);

батареинный блок питания (сетевой блок питания обычно входит в комплект поставки камкордеров).

Большинство камкордеров позволяют сразу же после записи просматривать записанную видеoinформацию на экране электронного видоискателя в черно-белом виде.

Функциональные возможности современных камкордеров таковы, что они позволяют работать в условиях различных цветовых температур (предусматривается электронная или оптическая коррекция), низких освещенностей (до единиц люкс), вводить при записи различные эффекты, выводить на экран различную информацию и обеспечивают другие возможности, облегчающие и упрощающие работу с ними. При работе с камкордерами следует помнить, что это весьма сложное устройство, которое требует тщательного соблюдения требований, изложенных в описании или инструкции по эксплуатации. Наиболее важными из них являются следующие два: не допускать прямого попадания солнечных лучей в объектив камкордера, так как это может привести к выходу из строя камерной части, и внимательно следить за символами возникающей на экране электронного видоискателя информации (для этого перед началом эксплуатации камкордера следует изучить символы электронной информации, причины, их вызывающие, и правила поведения оператора при этом). Выполнение этих несложных требований поможет владельцу поддерживать работоспособность камкордера длительное время на достаточно хорошем уровне и избавит его от многих неприятностей.

Среди рассмотренных составных частей камкордера в укрупненном виде к камерной части следует отнести оптическую часть, блок электронного видоискателя и канал звука, которые обычно

входят в состав самостоятельных малогабаритных камер цветного телевидения, до недавнего времени широко использовавшихся за рубежом в бытовых системах видеозаписи в комплекте с бытовыми стационарными и носимыми видеомагнитофонами. Данные камеры, выполненные на новой элементной базе с применением новейших методов монтажа элементов, в конце 80-х — начале 90-х годов стали одной из важнейших частей камкордеров. Техника и вопросы конструирования таких камер (МКЦТ) были рассмотрены в предыдущих главах.

Важнейшим узлом видеомагнитофонного блока современных видеокамер является малогабаритный прецизионный лентопротяжный механизм (ЛПМ) на основе так называемых электромеханотронных преобразователей с использованием редкоземельных элементов.

Электромеханотронным преобразователем является устройство, конструктивно и функционально объединяющее электромеханический преобразователь с обеспечивающими его работу электронными компонентами управления, диагностики и защиты и предназначенные для использования в системах электропривода, генерирования электроэнергии и других технических установках. ЛПМ современных камкордеров аналогичен подобным механизмам бытовых кассетных видеомагнитофонов, достаточно подробно описанных в [71].

Лентопротяжный механизм предназначен для транспортирования магнитной ленты с заданной скоростью и положением относительно головок, обеспечивающих запись и воспроизведение сигналов. Принципиальное отличие ЛПМ бытовых камкордеров от используемых в аппаратуре магнитной звукозаписи заключается в том, что реализация форматов наклонно-строчной видеозаписи обуславливает движение магнитной ленты по трехмерной пространственной траектории, содержащей участки винтовых линий. Один из таких участков непременно присутствует, так как образуется отклонением от вертикали цилиндра блока видеоголовок (БВГ). Если ограничиться только этим отклонением и использовать его для формирования базового угла сигналаграммы, возникает необходимость размещения подающей и приемной катушек с магнитной лентой в разных плоскостях, что порождает конструкции так называемых разноуровневых ЛПМ.

Применение разноуровневых ЛПМ было характерно для первых поколений бытовых видеомагнитофонов, как катушечных, так и кассетных, но в эксплуатации они себя не оправдали и в настоящее время вытеснены одноуровневыми кассетными ЛПМ.

Существенной особенностью бытовых камкордеров является также наличие в них довольно сложных механизмов заправки кассеты и магнитной ленты в ЛПМ. Необходимость их введения выявилась в результате эксплуатации катушечных бытовых видео-

магнитофонов и обусловлена не столько нежеланием потребителя заниматься сравнительно трудоемким в данном случае процессом заправки вручную, сколько трудностями защиты открытой магнитной ленты от пыли и других загрязнений, приводящих к быстрому загрязнению поверхностей видеоголовок, т. е. к необходимости интенсивного технического обслуживания. Поэтому в настоящее время общепринятыми являются закрытые кассетные тракты ЛПМ с автоматизированной заправкой.

В простых моделях бытовых камкордеров с вертикальным введением кассеты в ЛПМ сохраняются ручные операции вложения кассеты в контейнер и фиксации его в рабочем положении. В таких ЛПМ используется один дополнительный электродвигатель заправки—расправки (ЭЗР) магнитной ленты, обеспечивающий ее извлечение из кассеты и перемещение в тракте ЛПМ. Так как такая конструкция не исключает эксплуатационных неудобств и повреждений извлеченного контейнера, здесь, как и в видеомагнитофонах, в дальнейшем возможно применение так называемой фронтальной заправки кассеты с еще одним дополнительным электродвигателем.

Это будет возможно по мере миниатюризации элементной базы и совершенствования систем записи.

В бытовых видеомагнитофонах с фронтальной заправкой кассета вводится в контейнер через специальное окно в передней панели. В момент введения кассеты она автоматически захватывается и досылается в контейнер, перемещаясь с помощью электродвигателя механизма контейнера (ЭМК) сначала в горизонтальном, а затем вместе с контейнером в вертикальном направлении, занимая требуемое положение в ЛПМ. После этого автоматически включается ЭЗР, производя предварительную заправку магнитной ленты в положение, соответствующее режиму «Стоп». При этом лента приводится в контакт со всеми компонентами тракта ЛПМ, за исключением БВГ.

С точки зрения упрощения конструкции ЛПМ и повышения эксплуатационной надежности целесообразно применение прямых электроприводов ВВГ, ведущего вала (ЭВВ), подающего и приемного узлов, что увеличивает число электродвигателей в совершенных ЛПМ до шести. Более распространены бытовые видеомагнитофоны с пятью электродвигателями в ЛПМ, два из которых (ЭВВГ и ЭВВ) — электродвигатели непосредственно привода, два других обеспечивают перемещение контейнера с кассетой и заправку магнитной ленты, а пятый (ЭПП) выполняет функции привода подающего и приемного узлов ЛПМ.

Основными форматами наклонно-строчной записи, используемыми в камкордерах, являются следующие: VHS (разработчик фирма Matsushita Япония); Betamax (разработчик фирма Sony); 8 мм — Video; 6 мм — Video.

Разрабатывается также формат с пленкой шириной 4 мм.

Для магнитной видеозаписи применяются ленты с высокой разрешающей способностью трех- и четырехслойной конструкции. Напомним, что в бытовых видеомагнитофонах первых поколений использовалась магнитная лента с покрытием из двуокиси хрома, технология изготовления которой проще, чем для других видов магнитных лент, и позволяет получать достаточно мелкие ферромагнитные частицы игольчатой формы. Однако эксплуатация хромдиоксидных магнитных лент показала их высокую абразивность, уменьшающую срок службы видеоголовок, и критичность к уровню записи, не позволяющую в полной мере реализовать преимущества данных лент, так как оперативная регулировка уровня записи в бытовых видеомагнитофонах не предусмотрена.

В настоящее время предпочтение отдается магнитным лентам с рабочим слоем из оксидов железа, легированным различными добавками из феррита кобальта с ориентацией микрочастиц. Лучшие образцы таких лент при современной технологии изготовления позволяют уменьшить размеры элементарных ферромагнитных частиц слоя до 0,2 мкм и получить высокое качество воспроизведения видеозаписи, исключив эксплуатационные недостатки, присущие хромдиоксидным и металлопорошковым лентам.

Для предотвращения электризаций магнитной ленты один из ее слоев выполняется с использованием мелкодисперсной сажи, нанесенной на основу магнитной ленты. Основа выполняется из материала, стойкого к колебаниям температуры, влажности и механическим нагрузкам. Поверхность рабочего слоя полируется, что предотвращает выпадения сигнала и удлиняет срок службы видеоголовки и магнитной ленты. Последний зависит от условий эксплуатации магнитной ленты и составляет приблизительно 500 проигрываний. Износоустойчивость магнитных лент характеризуется также допустимым временем воспроизведения сигналов в режиме стоп-кадра, которое для высококачественных лент достигает 1 ч.

Интенсивность выпадений является важнейшим показателем качества видеолент, позволяющим производить сравнительную оценку новых лент и степени износа магнитных лент, находящихся в эксплуатации.

В бытовых видеомагнитофонах и камкордерах наиболее широко применяются ленты шириной 12,65 мм, толщиной 15...20 мкм, относительным удлинением не более 0,2%, коэффициентом линейного расширения не более $1,7 \times 10^{-5} \text{ C}^{-1}$, с набуханием не более 0,2%. Нагрузка, соответствующая пределу текучести для таких лент, составляет 20...25 Н.

Основную часть магнитной видеоголовки занимает металлическая оправка с изоляционным покрытием и контактными площадками для распайки выводов головки и внешних соединительных проводников. Центральное отверстие в оправке предназначено для

крепления головки к диску БВГ. Собственно головка выполняется из монокристаллического феррита в виде миниатюрной пластины с рабочим зазором шириной 0,3 мкм и отверстием для размещения обмотки. Головка приклеивается к опорной площадке верхней части оправки, устанавливается на диске БВГ и в сборе с другой головкой проходит юстировку положения рабочего зазора и шлифовку поверхности. В настоящее время разработаны также видеоголовки на основе феррокерамики и аморфных материалов.

Типовые значения индуктивности обмотки головки и тока записи на частоте 3,8 МГц составляют 2 мкГн и не более 20 мА соответственно.

Типовые параметры универсальной магнитной головки видеомагнитофонов формата VHS следующие.

	Канал звука	Канал управления
Индуктивность, мкГн	150 ... 240	110 ... 160
Ток записи, мА	0,03	2,5 (имп.)
ЭДС воспроизведения, мВ	0,12 (400 Гц)	1,4 (пол. имп.)
Ток подмагничивания, мА	0,3 ... 0,5	—
Относительный уровень помех от внешних магнитных полей, дБ	5	—
Спад АЧХ на частоте 8 кГц относительно 1 кГц, дБ	1 ... 4	—

Блок магнитных головок (БМГ) камкордеров аналогичен БМГ бытовых видеомагнитофонов и содержит универсальную пермаллоевую (или сендастовую, аморфную) синхрорезонансную и ферритовую стирающую магнитные головки. Современные бытовые камкордеры формата VHS, использующие высококачественные магнитные головки и ленты, обеспечивают следующие характеристики записи—воспроизведения телевизионных сигналов.

Разрешение по горизонтали, ТВЛ:	
для черно-белых изображений	До 300
для цветных изображений	До 240
Отношение сигнал/шум канала записи—воспроизведения по сигналам яркости и цветности, дБ	43
Частотная характеристика канала записи—воспроизведения, Гц	50 ... 12 000
Отношение сигнал/шум канала записи—воспроизведения с системой ДОЛБИ, дБ	48
Стандартизованные уровни входных и выходных сигналов:	
размах входных и выходных видеосигналов на нагрузке 75 Ом, В	1
уровень входного и выходного сигналов звукового сопровождения, В _{эф}	0,2

Особенностью ЛПМ современных камкордеров является применение бесконтактных двигателей постоянного тока дисковой

конструкции с магнитами из редкоземельных металлов, которые позволяют значительно улучшить массогабаритные характеристики магнитофонной части.

Видеотракт современных камкордеров характеризуется применением многовыводных многофункциональных микросхем высокой степени интеграции.

6.2. Малогабаритные камеры цветного телевидения с улучшенными параметрами (системы типа S-VHS)

Еще с середины 80-х годов известны образцы однотрубочных МКЦТ, основные параметры которых значительно превышают потребности бытовой видеозаписи (для которой, собственно говоря, и развивалась вся эта техника) и приближаются к передающей аппаратуре телевизионного репортажа и к студийной. Наиболее известными представителями таких камер являются, например, камеры WV-6000 фирмы Matsushita на сатиконе диаметром 18 мм, VVP-110P фирмы Sony, FP-10 фирмы Hitachi на сатиконе диаметром 25 мм и др.

Как было показано в табл. 1.4, камера WV-6000 имеет разрешающую способность 420 ТВЛ и отношение сигнал/шум в яркостном канале более 52 дБ. Наряду с двенадцатикратным варнообъективом, возможностью работы в ведомом режиме, наличием встроенного генератора цветных полос и генератора знаково-символьной информации, а также наличием стереомикрофона и стереоканала звука это обеспечивает данной камере решение функциональных задач значительно более широкого уровня, чем остальным МКЦТ. Камера VVP-110P фирмы Sony имеет разрешающую способность 400 ТВЛ по горизонтали при отношении сигнал/шум в канале яркости 52 дБ. Камера FP-10 имеет разрешающую способность по горизонтали около 450 ТВЛ, а отношение сигнал/шум в канале яркости достигает 48 дБ, что существенно превышает аналогичные параметры существовавших в то время бытовых видеомагнитофонов. Были разработаны также и новые типы моноблочных видеокомплексов на базе подобных камер и малогабаритные цветные кассетные видеомагнитофоны с аналогичными параметрами (в части разрешающей способности и отношения сигнал/шум). Такие устройства (камеры и видеомагнитофоны) получили название S-VHS (Super-VHS), т. е. это системы, параметры которых превышают аналогичные параметры систем, используемых в бытовой видеозаписи. Аналогичная аппаратура выпускается и рядом других фирм, в том числе на основе твердотельных преобразователей изображения. Например, видеокамера NV-MS1 фирмы Panasonic на ПЗС диаметром 13 мм (системы S-VHS) имеет разрешающую способность 400 ТВЛ и массу (без батарей) около 700 г, рабочая освещенность на объекте оставляет всего 7 лк; ви-

деокамера VM-S72 фирмы Hitachi (системы S-VHS) имеет разрешающую способность 420 ТВЛ и массу 1,3 кг. Следует отметить, что большинство видеокамер системы S-VHS на ТПИ построены, как правило, на нескольких датчиках изображения.

В настоящее время появились методы обработки сигналов, основанные на новых научных подходах к обработке видеосигналов в камерах с одним датчиком изображения (трубкой или ТПИ). Данные методы позволяют повысить разрешающую способность по горизонтали таких камер до уровня профессиональной и даже студийной передающей телевизионной аппаратуры [137—145]. Это открывает новые направления в конструировании малогабаритных камер цветного телевидения, так как позволяет существенно расширить области применения такого рода техники.

6.3. Трубки или ПЗС?

Какой датчик сигнала предпочтительнее при разработке малогабаритных камер цветного телевидения: многосигнальная передающая трубка или ПЗС? Этот вопрос возник у разработчиков с момента появления твердотельных преобразователей изображения и в настоящее время не решен. Многие фирмы и научно-исследовательские учреждения пытались безуспешно решить этот вопрос. Тем не менее следует отметить, что оба эти направления развиваются успешно: датчики ТПИ находят пока в начале пути развития, а трубки широко выпускаются и возможности их совершенствования, как было показано в гл. 5, еще имеются.

Основными преимуществами ПЗС перед трубками являются [142, 144, 145]: меньшие габариты; более длительный срок службы и повышенная надежность; отсутствие геометрических искажений. Кроме того, некоторые исследователи считают, что ПЗС имеют несколько меньший уровень обычных флуктуационных шумов [17].

Тем не менее, как было показано в гл. 1, датчики на основе ТПИ имеют и существенные недостатки, основными из которых являются [17, 144, 145]: наличие структурных шумов; наличие статических шумов, проявляющихся при повышении температуры и снижении освещенности; наличие смазывания изображения; меньшая разрешающая способность и некоторые другие. В связи с этим большинство исследователей отмечают, что по совокупности показателей (чувствительность, разрешающая способность, качество цветопередачи, цена и др.) многосигнальные трубки превосходят ПЗС и эта тенденция сохраняется.

На рис. 6.1 приведены для сравнения ПЗС и передающая трубка типа видикон.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод, что современная техника малогабаритных камер цветного телевидения развивается в направлениях однотрубочных камер и камер на основе

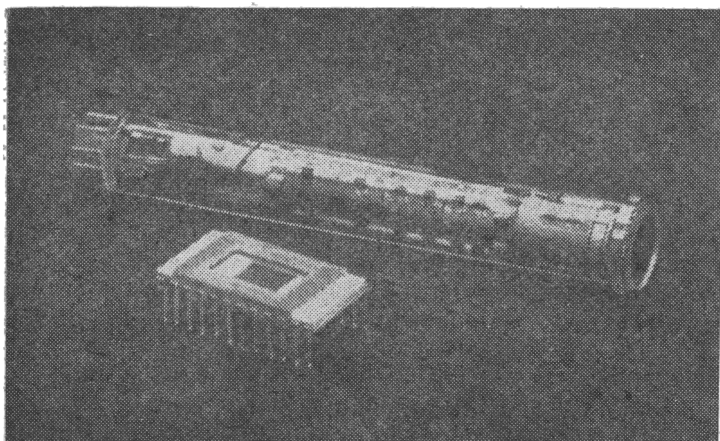


Рис. 6.1. Прибор с зарядовой связью и передающая трубка видикон

ТПИ, которые продолжают совершенствоваться. Оба типа камер имеют примерно одинаковые параметры. Это обусловлено прогрессом в области технологии датчиков изображения (ТПИ и трубок), позволяющим уже в настоящее время создавать сравнительно небольшие камеры цветного телевидения различного назначения, в том числе для использования в составе камкордеров.

Заключение

Интерес к системам видеозаписи весьма велик, и с каждым годом техника малогабаритных передающих камер цветного телевидения, видеоманитофонов и моноблочных видеокомплексов завоевывает все большее число любителей и профессионалов. Это вполне понятно — ведь практически нет области, где нельзя было бы с тем или иным эффектом применить подобную аппаратуру. Наиболее перспективными направлениями разработки таких устройств в ближайшие годы, по-видимому, можно считать следующие:

разработка высококачественных моноблочных видеокомплексов с широкими функциональными возможностями, позволяющими использовать их как в бытовой, так и в профессиональной видеозаписи;

разработка высококачественных камер на одном датчике изображения для вещательных студий и студий видеозаписи (появились совсем недавно и призваны удовлетворить новые культурные потребности человека);

разработка сверхминиатюрных моноблочных видеокомплексов и камер с упрощенными функциональными возможностями для

специальных целей (например, для использования в качестве средств диагностики в труднодоступных и опасных для жизни человека местах: скважинах, трубопроводах, соплах двигателей, реакторах, в медицине и т. п.);

разработка камер упрощенного типа производственно-технологического назначения (для использования в робототехнических комплексах управления производством и технологическими процессами).

МКЦТ — основное устройство в различных системах видеозаписи и, несомненно, как и телевизор, станет неотъемлемой частью бытовых видеосистем. МКЦТ обеспечивает совместную работу с компьютером и открывает совершенно новые возможности в создании различных компьютеризированных многофункциональных видеозвуковых комплексов: бытовых, производственных, студийных и т. п. На основе таких комплексов могут быть построены сложнейшие системы нового поколения: обучения, связи, игровые системы, вычислительные системы и т. п. Поскольку развитие техники в мире в дальнейшем трудно себе представить без использования однотрубочных МКЦТ, знакомство широких кругов заинтересованных лиц с особенностями разработки таких камер представляется целесообразным, тем более, что имеющиеся источники на эту тему либо рассчитаны на очень узкий круг специалистов, либо содержат уже устаревший материал, либо относятся к смежным областям техники, таким как портативные репортажные камеры и моноблочные комплексы [146—148]. Предлагаемая читателям книга позволяет заполнить этот пробел.

Список общепринятых сокращений

- ABO — automatic beam optimizer — устройство автоматической оптимизации (тока) луча
 AC — alternating current — переменный ток
 AC — auto-centering — автоматическое центрирование
 ACC — automatic color control — автоматическая система стабилизации уровня вспышек поднесущей цветности
 A.DUB — audio dubbing — перезапись фонограммы
 AE — adio erase — стирание фонограммы
 AF — autofomatic focus — автоматическая регулировка фокусного расстояния
 AFC — automatic frequency control — система автоподстройки частоты (АПЧ)
 AIC — auto iris control — автоматическая регулировка диафрагмы
 ALC — automatic light control — автоматическая регулировка освещенности
 AMP — amplifier — усилитель
 APC — automatic phase control — система автоподстройки фазы (АПФ)
 AR — adress register — регистр адреса
 AR — amplitude response — уровень воспроизводимого сигнала
 ASS — automatic setup system — автоматическое задающее устройство (система)
 ATS — automatic test system — автоматизированная установка для испытаний
 AWB — automatic white balancing — автоматическая балансировка белого
 AWC — automatic white balance control — автоматическая регулировка баланса белого
 BAL — balance — баланс
 BBD — bucket-brigade device — прибор с зарядовой связью типа «пожарная цепочка»
 BCC — beam control circuit — схема управления лучом
 BLK — black — черный
 BLU — blue — голубой
 BPF — band-pass filter — полосовой фильтр
 BRT — brightness control — регулировка яркости
 B/W — black and white — черно-белый
 C — chrominance, chroma — составляющая цветности полного телевизионного сигнала
 CARR — carrier — несущая частота
 CCC — chroma-clip circuit — схема ограничения сигнала цветности
 CCD — charg-coupled device — прибор с зарядовой связью (ПЗС)
 CCU — camera control unit — блок управления (ТВ) камерой
 CDCS — compensation of dark current shading — компенсация шейдинга темнового тока
 CF — ceramic filter — керамический фильтр
 CH — channel — канал
 CID — charge-injection device — прибор с инъекцией зарядов
 CLK — clock — тактовый сигнал
 COL — colour, color — цвет
 COMP — comparator — компаратор

- CONN — connector — соединитель
 CONV — converter — преобразователь
 C.PAUSE — camera pause — управление паузой при записи с видеокамеры
 CPD — charge-priming device — прибор с подкачкой заряда
 CPU — central processor unit — центральное процессорное устройство (ЦПУ)
 CS — converter subcarrier — перенесенная поднесущая сигналов цветности
 CT — cross-talk — перекрестные помехи (помехи, возникающие при воспроизведении соседней строчки записи)
 CTL — control — регулировка, управление
 CUE — ускоренное воспроизведение в прямом направлении
 CYL — cylinder — блок видеоголовок (БВГ)
 DAC — digital-to-analog converter — цифро-аналоговый преобразователь
 DIS — diode impregnated-cathode salicon — сатикон с диодным импрегнированным катодом
 DL — delay line — линия задержки
 DOC — drop out compensator — компенсатор выпадений
 DSU — delegation switch unit — блок одновременно (группового) переключения
EMPHA — emphasis — предсказания
 EQ — equalization — коррекция
 E.SENS — end sensor — концевой датчик
 E.SW — electronic switch — электронный ключ
 EVF — electronic viewfinder — электронный видоискатель
 FBC — feedback beam control — регулировка обратного луча
 FC — focus coil — обмотка фокусирующей системы
 FDM — frequency-division multiplex — система частотного уплотнения
 FE — full erase — полное стирание магнитной ленты
 FF — fast forward — ускоренная перемотка вперед
 FM — frequency modulation — частотная модуляция
 FR — full recording — запись полной телевизионной информации
 FWD — forward — вперед
 GEN — generator — генератор
 GCC — gain control circuit — схема регулировки усиления
 GLC — gen-lock circuit — схема блокировки генератора
 GND — ground — заземление
 GRN — green — зеленый
 HBST — high band saticon trinicon — широкополосный сатикон — три-никон
 HD — horizontal drive signal — сигнал строчной синхронизации
 HPF — high-pass filter — фильтр верхних частот (ФВЧ)
 HSP — head switching pulses — импульсы переключения предусилителей воспроизведения
 IF — intermediate frequency — промежуточная частота
 IND — indicator — индикатор
 INV — inverter — инвертор
 LED — light emitting diode — светоизлучающий диод
 LNA — low-noise amplifier — малошумящий усилитель
 LOAD — loading — нагрузка, заправка магнитной ленты
 LPF — low-pass filter — фильтр нижних частот (ФНЧ)
 MCU — microcomputer unit — микроЭВМ
 MDA — motor drive amplifier — усилитель питания электродвигателя
 MECHACON — mechanism control — управление механизмом
 MIC — microphone — микрофон

- MIX — mixer, mixing — смеситель, смешивание
- MM — magnetic focusing and magnetic deflection — магнитная фокусировка и магнитное отклонение
- MP — monolithic processor — однокристалльный микропроцессор
- MPU — microprocessor unit — микропроцессор
- MS — magnetic focusing and static deflection — магнитная фокусировка и статическое отклонение
- MSP — master set-up panel — панель главной (первоначальной) установки
- MUTE — muting — блокировка звука
- NF — noise factor — коэффициент шума
- NRC — noise reduction circuit — схема шумопонижения
- OSC — oscillator — осциллятор
- PA — pulse amplifier — импульсный усилитель
- PB — playback — воспроизведение
- PCM — pulse-code modulation — импульсно-кодовая модуляция
- PEL — picture element — элемент изображения
- PI — photo interrupter — фотоперерыватель
- PLL — phase-locked loop — схема (петля) фазовой автоподстройки
- PMP — paint mtch panel — панель согласования цвета
- PR — pinch roller — ограничивающий ролик
- PSU — power supply unit — блок питания
- PTDL — programmable tapped delay line — программируемая линия задержки с отводами
- RAM — random access memories — запоминающие устройства со свободным доступом (выборкой)
- RBS — return beam saticon — сатикон с возвратным лучом
- RCU — remote control unit — пульт дистанционного управления (ПДУ)
- REC — recording, record — запись
- REG — regulator — регулятор
- REV — reverse — реверс
- REW — rewind — перемотка
- RF — radio frequency — радиочастотный
- ROM — read only memory — постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)
- RF — record/playback — запись/воспроизведение
- RT — rotary transformer — вращающийся трансформатор (токосъемник)
- RUN IND — running indicator — датчик вращения
- RY — relay — реле
- SAFE — safety — защита
- SAWF — surface acoustic wave filter — фильтр на поверхностно-акустических волнах (ПАВ)
- SCF — switched capacitor filter — перестраиваемый емкостной фильтр
- SCU — set-up control unit — блок управления установки (задающее контрольное устройство)
- SEAR — search — поиск фрагмента видеозаписи при ее ускоренном воспроизведении в прямом или обратном направлении
- SEC — second — секунда
- SEC — spatial error corrector — устройство коррекции пространственных ошибок
- SEL — select — выбор
- SENC — sensor — сенсор (датчик)
- SM — electrostatic focus and magnetic deflection — электростатическая фокусировка и магнитное отклонение

- SMF — concentrated magnetic flux/saticon mixed-field — сатикон с управлением смешанными полями
- SS — electrostatic focus and electrostatic deflection — электростатическая фокусировка и электростатическое отклонение
- S.SENS — start sensor — датчик исходного состояния ЛПМ
- S.SEP — sync separator — селектор синхроимпульсов
- SSG — synchronising signal generation — генерация синхросигнала (синхрогенератор)
- SUB — subcarrier — поднесущая частота сигналов цветности
- SW — switch — переключатель
- TDC — time-to-digital converter — преобразователь время — цифра
- T.EALM — tape end alarm — сигнальное устройство окончания ленты
- T. REC — timer record — запись с таймером
- T.SW — timer switch — включение таймера
- TUR — take-up reel — приемная катушка
- UL — unloading — расправка
- VBS — video burst sync — сигнал цветовой синхронизации (вспышек)
- VCA — voltage-controlled amplifier — усилитель, управляемый напряжением
- VCD — variable capacitance diode — варикап
- VCO — voltage controlled oscillator — генератор, управляемый напряжением
- VHS — video home system — бытовая видеосистема
- V.PULSE — vertical pulse — кадровый синхроимпульс
- V.SEL — video select — селектор видео
- VTR — video tape recorder — видеомагнитофон
- VXO — variable crystal oscillator — перестраиваемый генератор с кварцевым резонатором
- WB — wide band — широкая полоса (широкополосный)
- WF — weighting filter — взвешивающий фильтр
- WFM — waveform monitor — блок контроля формы сигнала
- WHT — white — белый

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные предостерегающие (вспыхивающие) надписи на экране электронного видеоискателя

- BATT — — означает, что мощность батареи питания на исходе и через несколько минут камкордер выключится из режима записи (работа в режиме воспроизведения еще возможна некоторое время)
- END — — означает, что запись на данную кассету невозможна, так как изъяты предохранительные лепестки кассеты (или лента не перемотана на начало)
- DEW — — означает, что камкордер находится в зоне воздействия высокой влажности и через несколько секунд автоматически выключится
- LIGHT — — означает, что камкордер находится в зоне пониженной освещенности и качество записи не гарантируется.

Обозначения на панелях управления камкордеров

- REC — запись
- — — — — пауза записи
- INST — вставка
- — — — — пауза вставки
- OUT — выход
- IN — вход
- OPERATE — включатель — выключатель
- RESET MEMORY SHIFT — возврат и установка памяти
- RESET — кнопка возврата электронного счетчика в исходное положение
- MEMORY — кнопка запоминающего устройства
- EJECT — кнопка извлечения кассеты
- SHIFT — кнопка сдвига даты
- TRACKING — кнопка регулировки «трекинга». (уменьшение помех на изображении)
- AUTO — кнопка одного из автоматических режимов работы
- MANUAL — кнопка ручных режимов работы
- FADE — кнопка ослабления («таяние» изображения)
- BACK LIGHT — — кнопка заднего света
- REC REVIEW — кнопка просмотра конца записи
- WHITE BALANCE — переключатель установки режима работы с коррекцией баланса белого
- STAND BY — кнопка готовности

Электрические схемы блоков камеры «Электроника 810Ц»

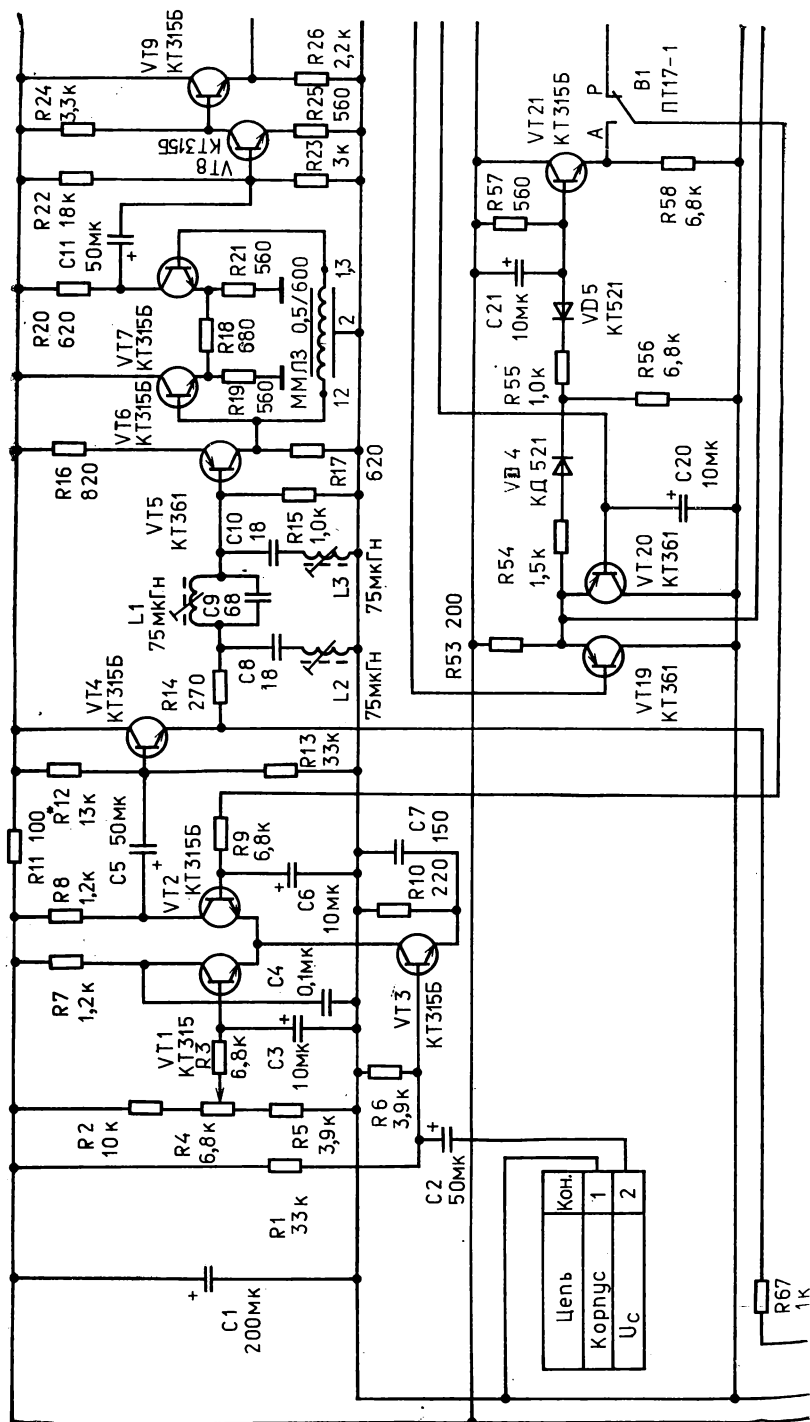


Рис. П4.1.

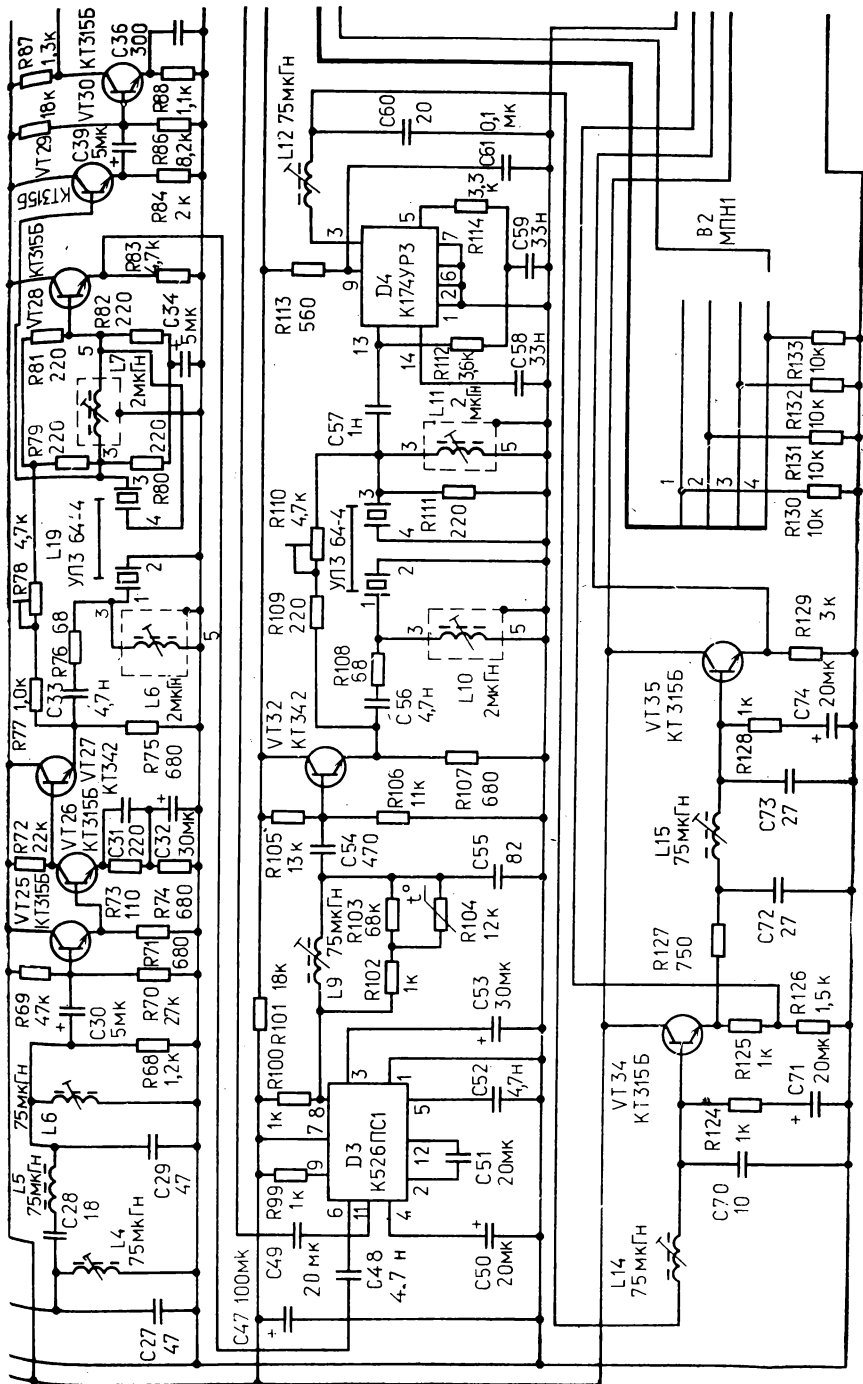


Рис. П4.1.

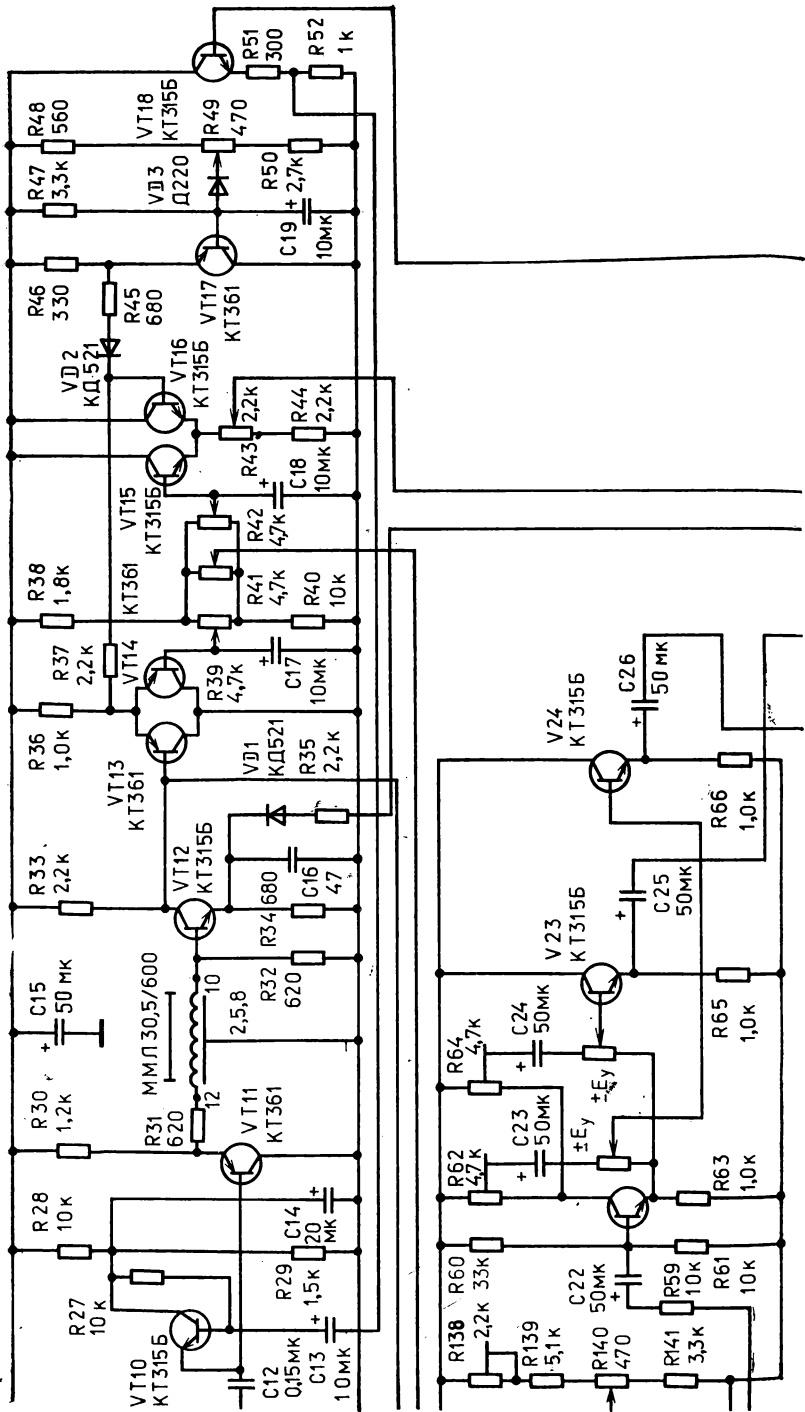


Рис. П4.1.

R88 - R92 - 10 K

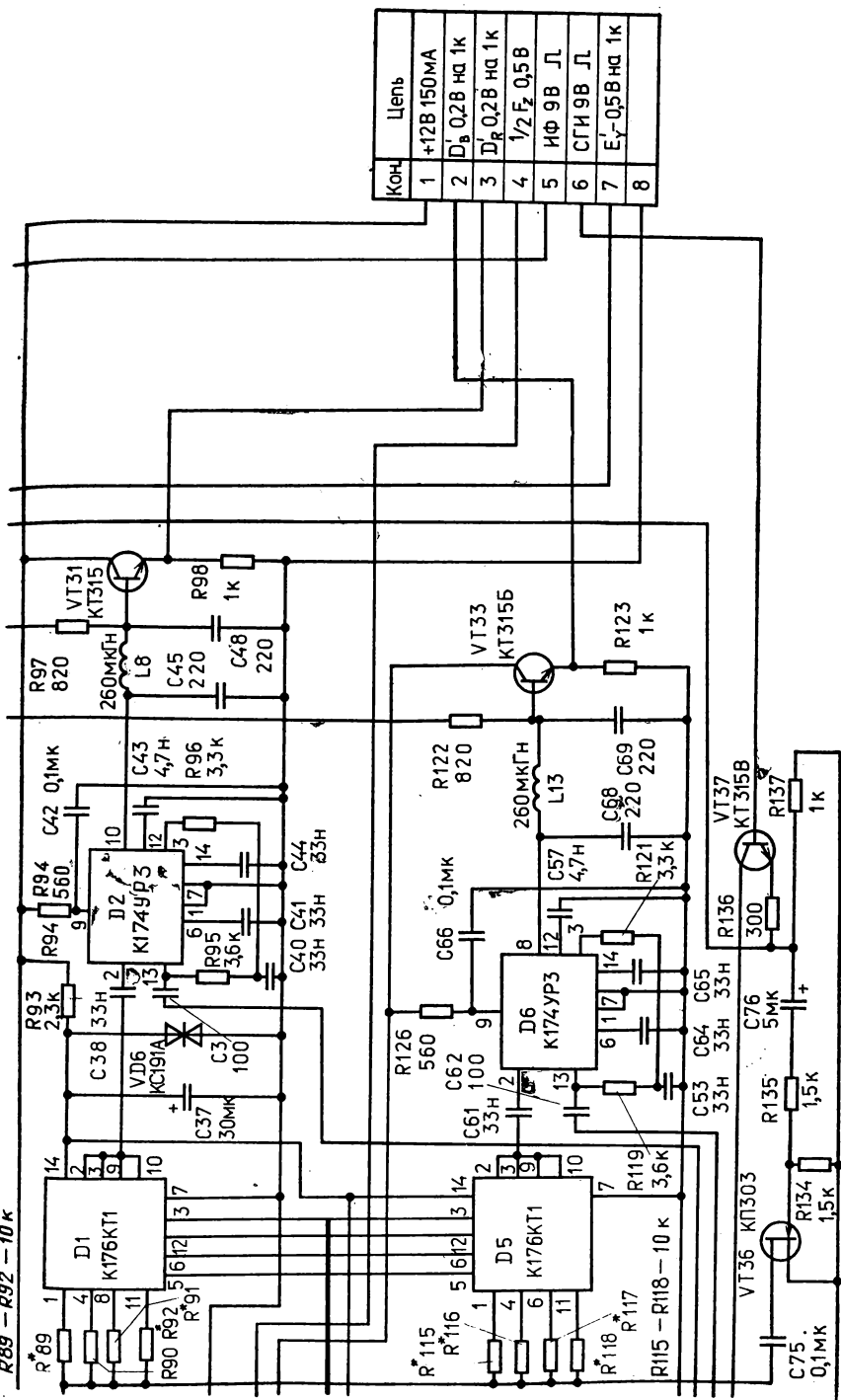


Рис. П4.1. Принципиальная электрическая схема декодирующего устройства (окончание)

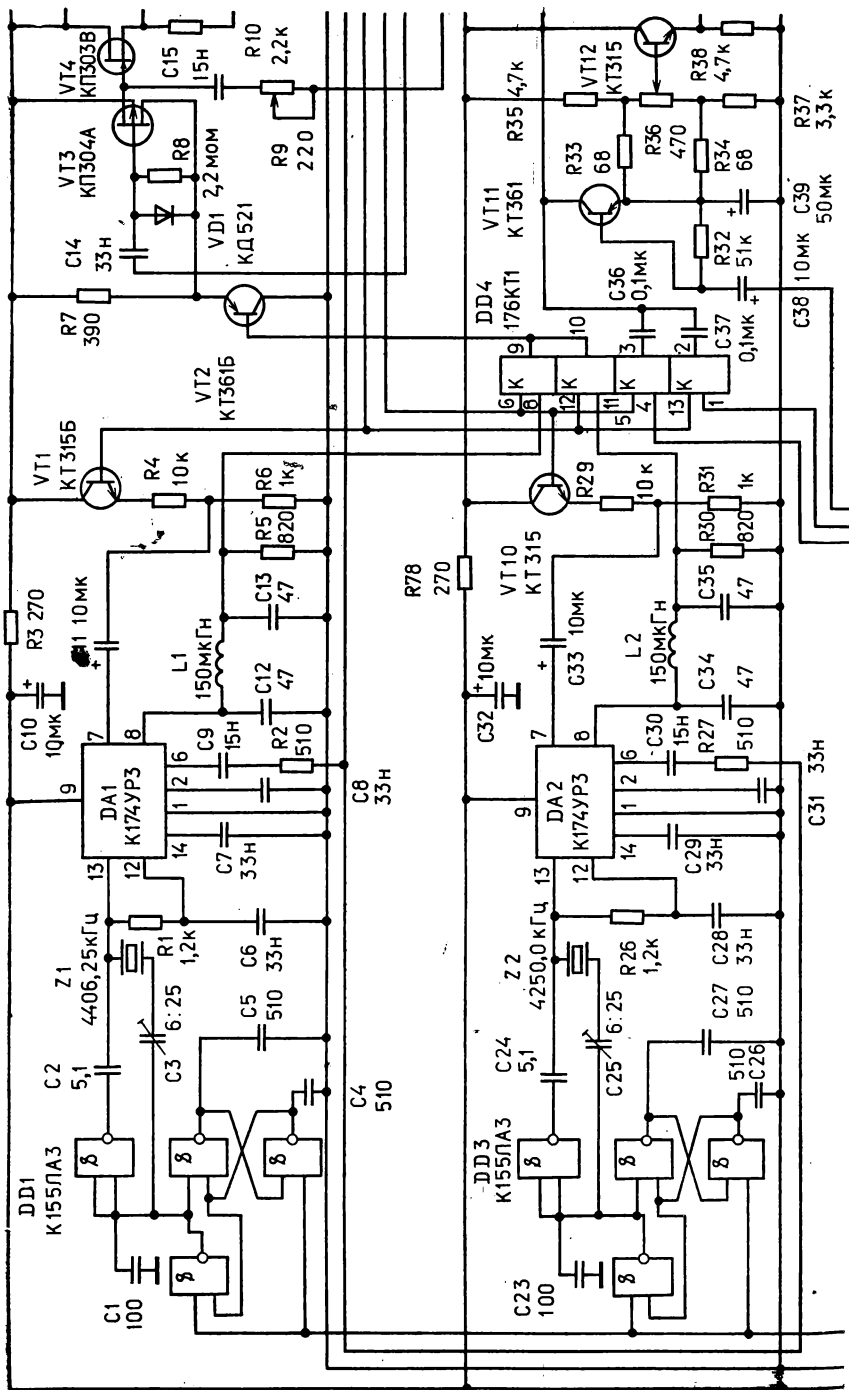


Рис. П4.2.

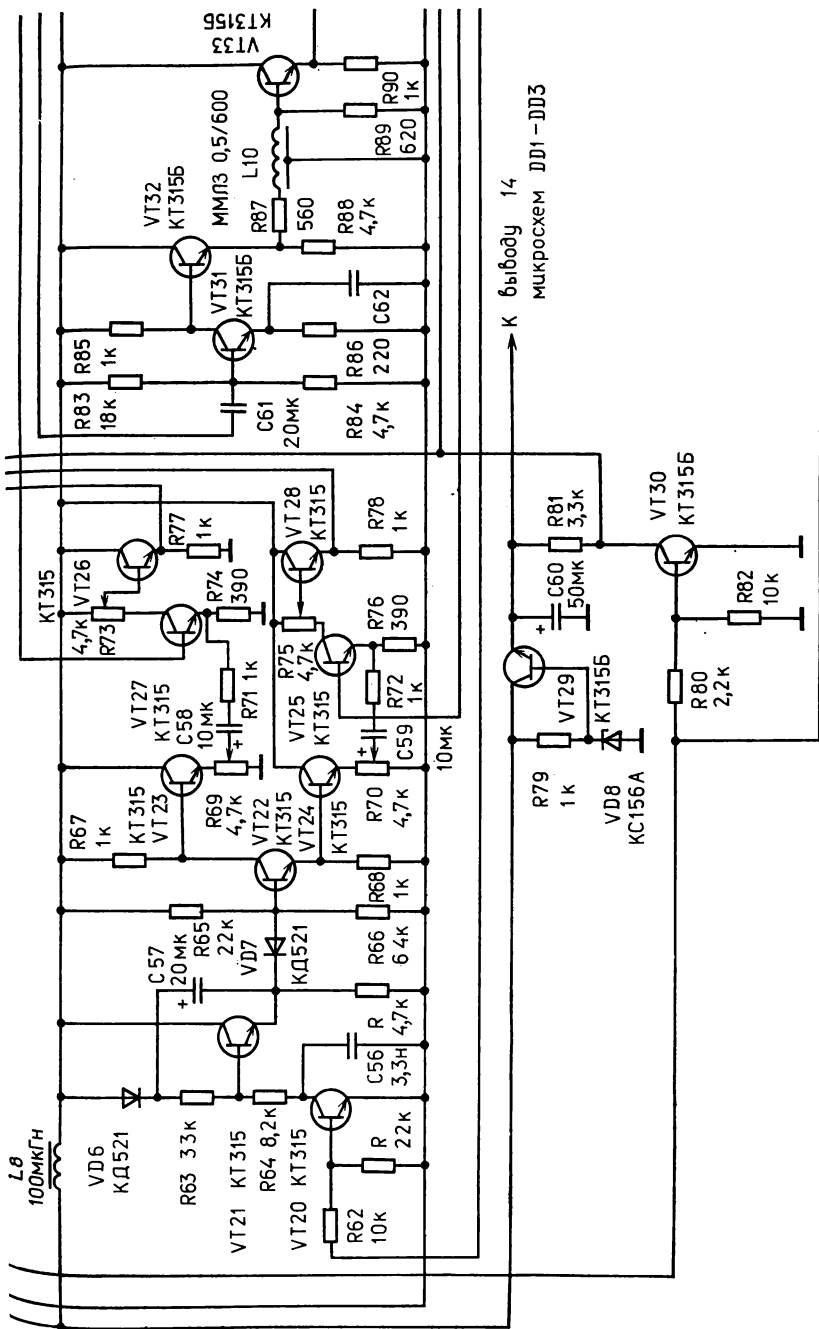


Рис. П4.2.

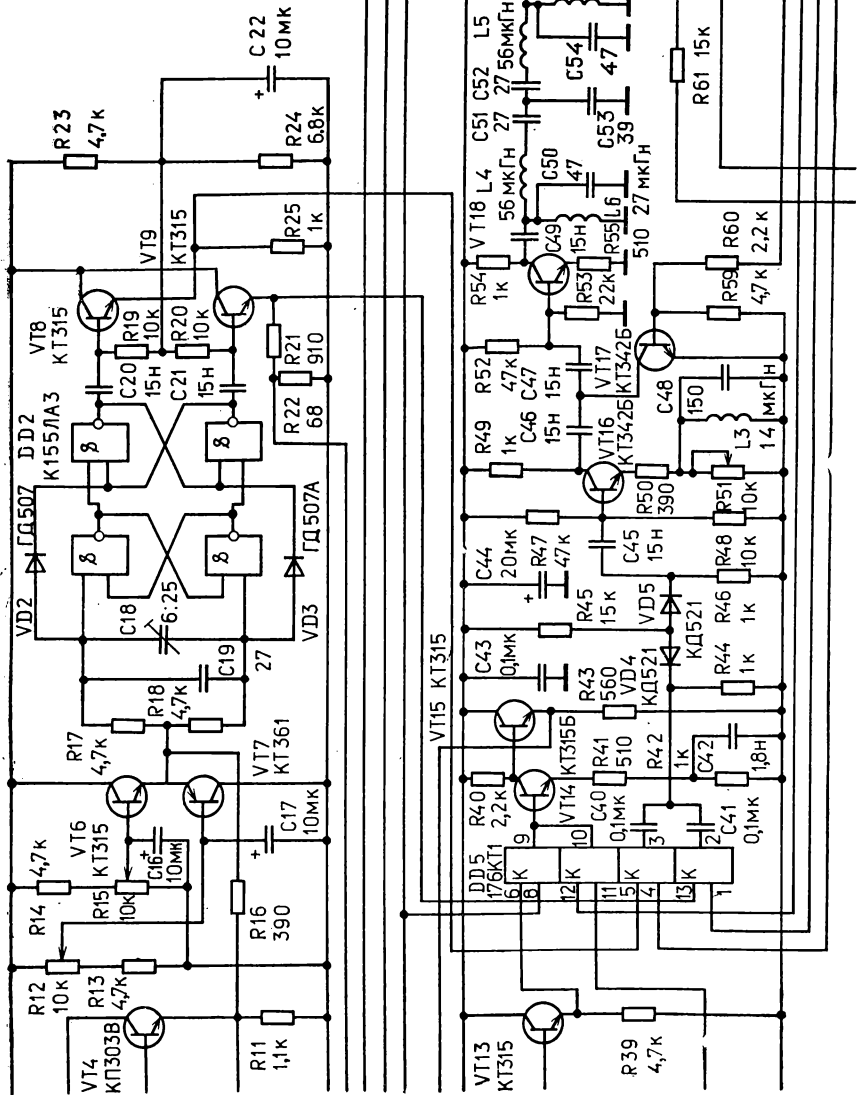
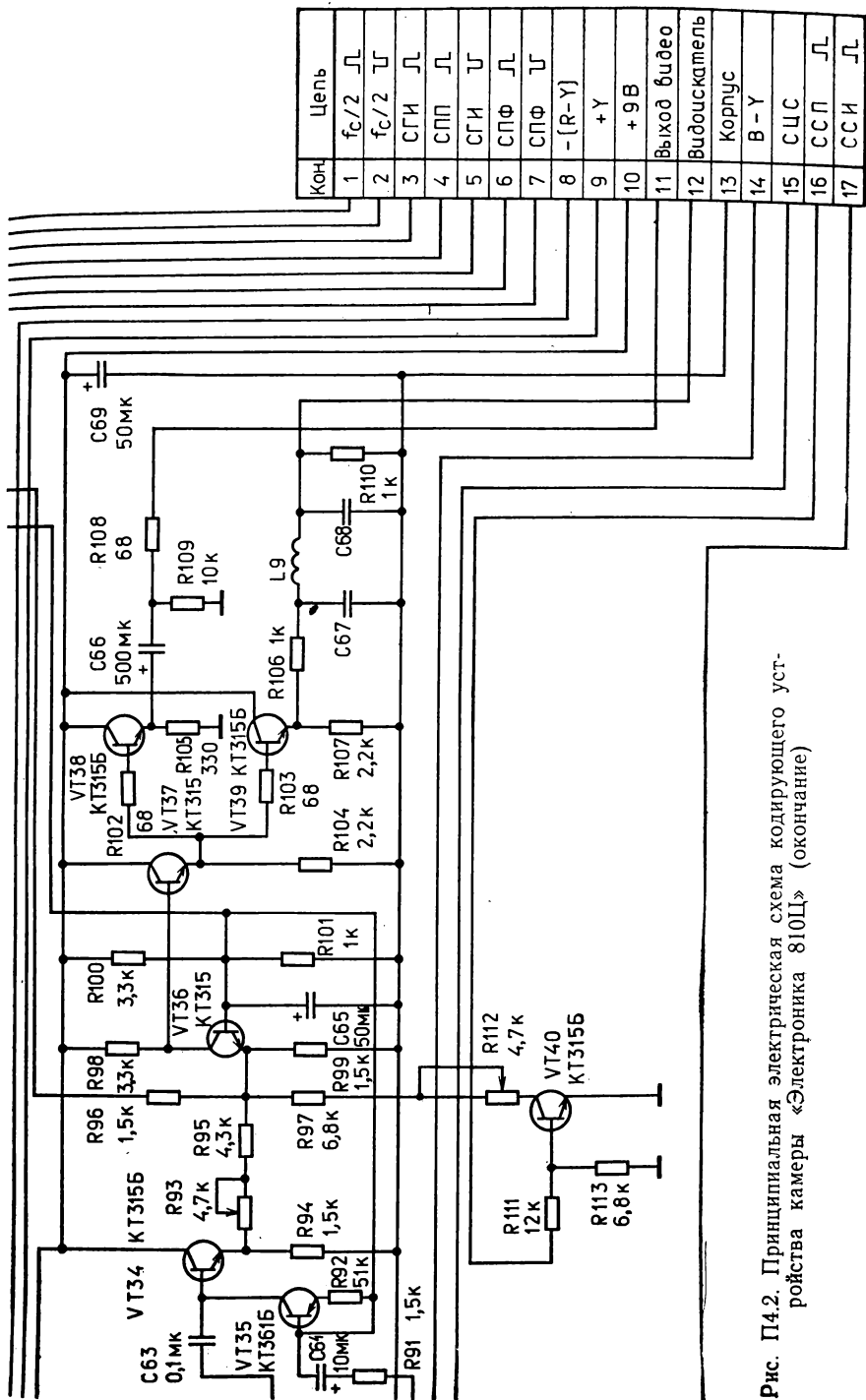


Рис. П4.2.



Кон.	Цель
1	$f_c/2$ Л
2	$f_c/2$ У
3	СГН Л
4	СПП Л
5	СГН У
6	СПФ Л
7	СПФ У
8	-(R-Y)
9	+Y
10	+9В
11	Выход видео
12	Видоискатель
13	Корпус
14	В - Y
15	СЦС
16	ССП Л
17	ССИ Л

Рис. П4.2. Принципиальная электрическая схема кодирующего устройства камеры «Электроника 810Ц» (окончание)

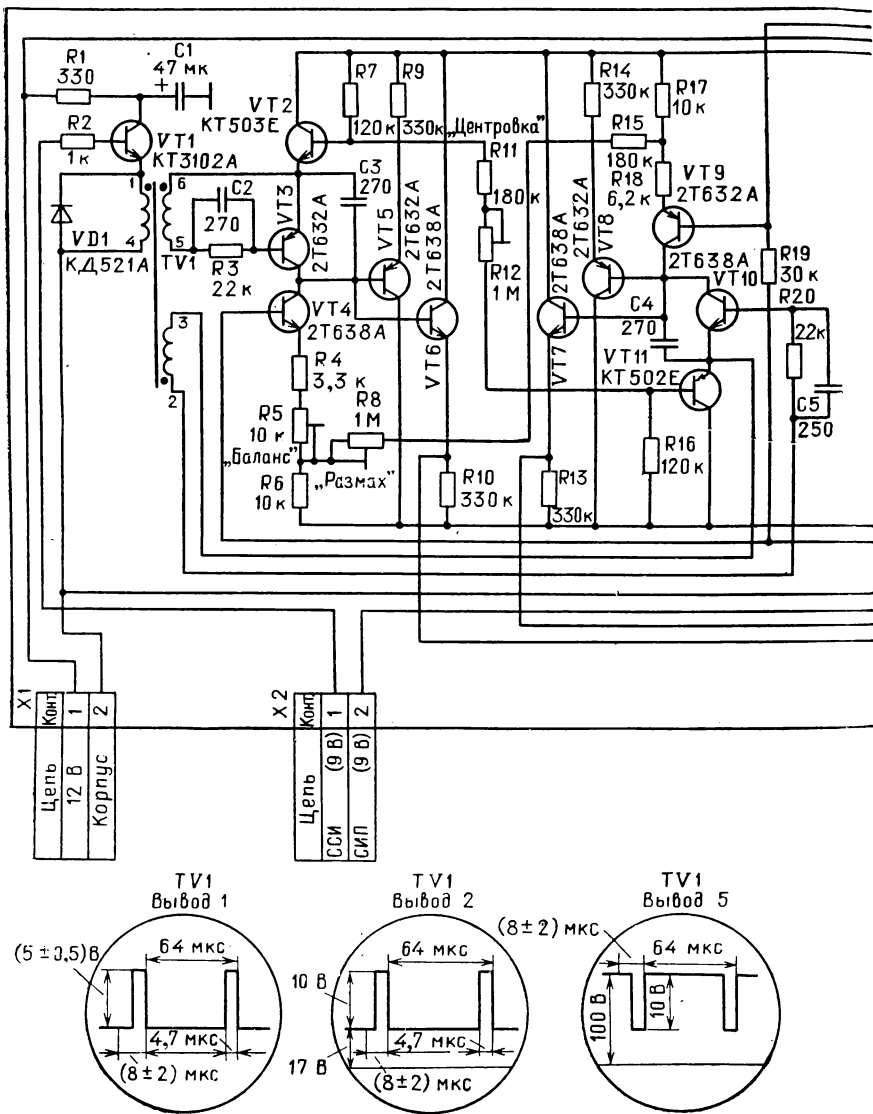
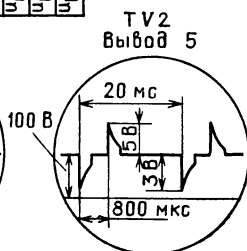
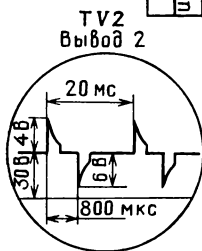
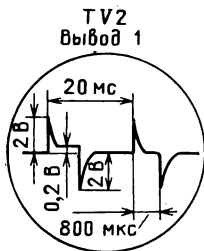
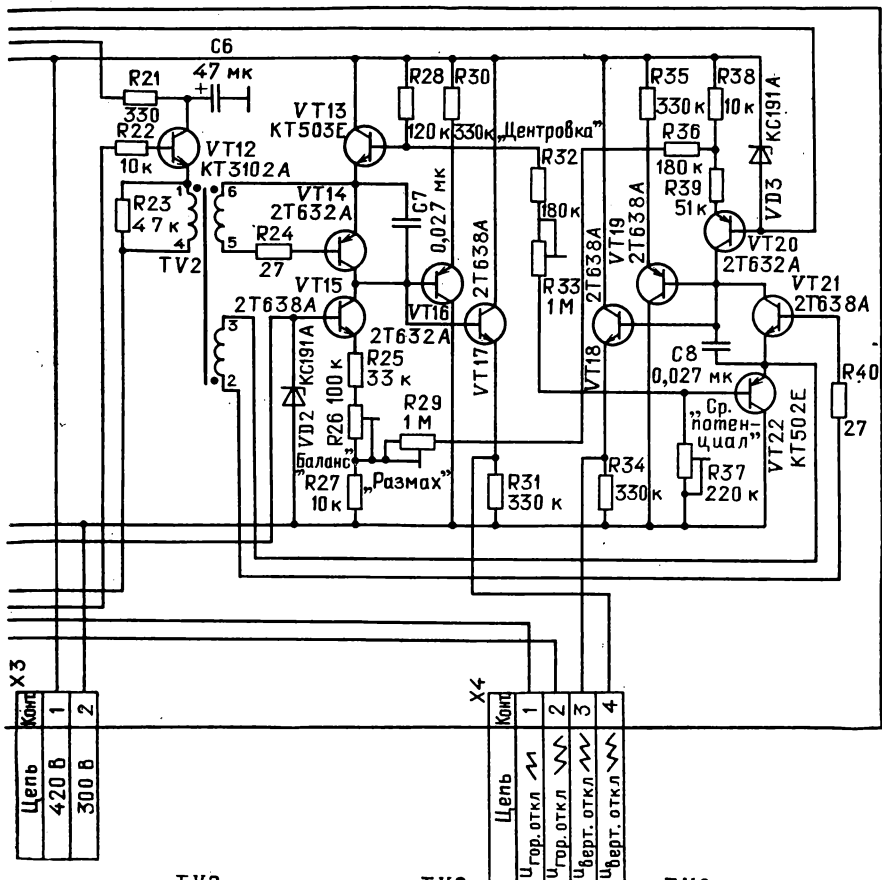


Рис. П4.3. Принципиальная электрическая схема генераторов



строчной и кадровой разверток камеры «Электроника 810Ц»

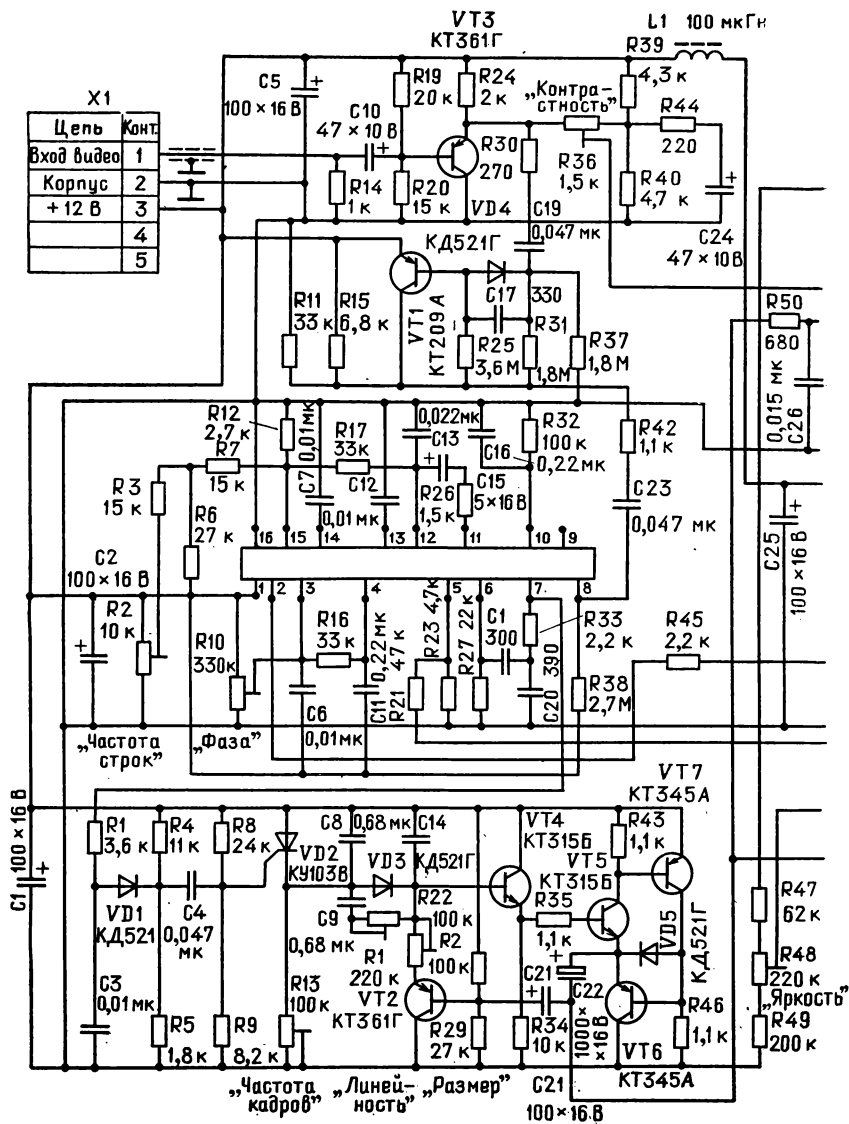


Рис. П4.4. Принципиальная электрическая схема электронного Микросхема DI

Электрические схемы блоков камеры «Электроника ТК-01Ц»

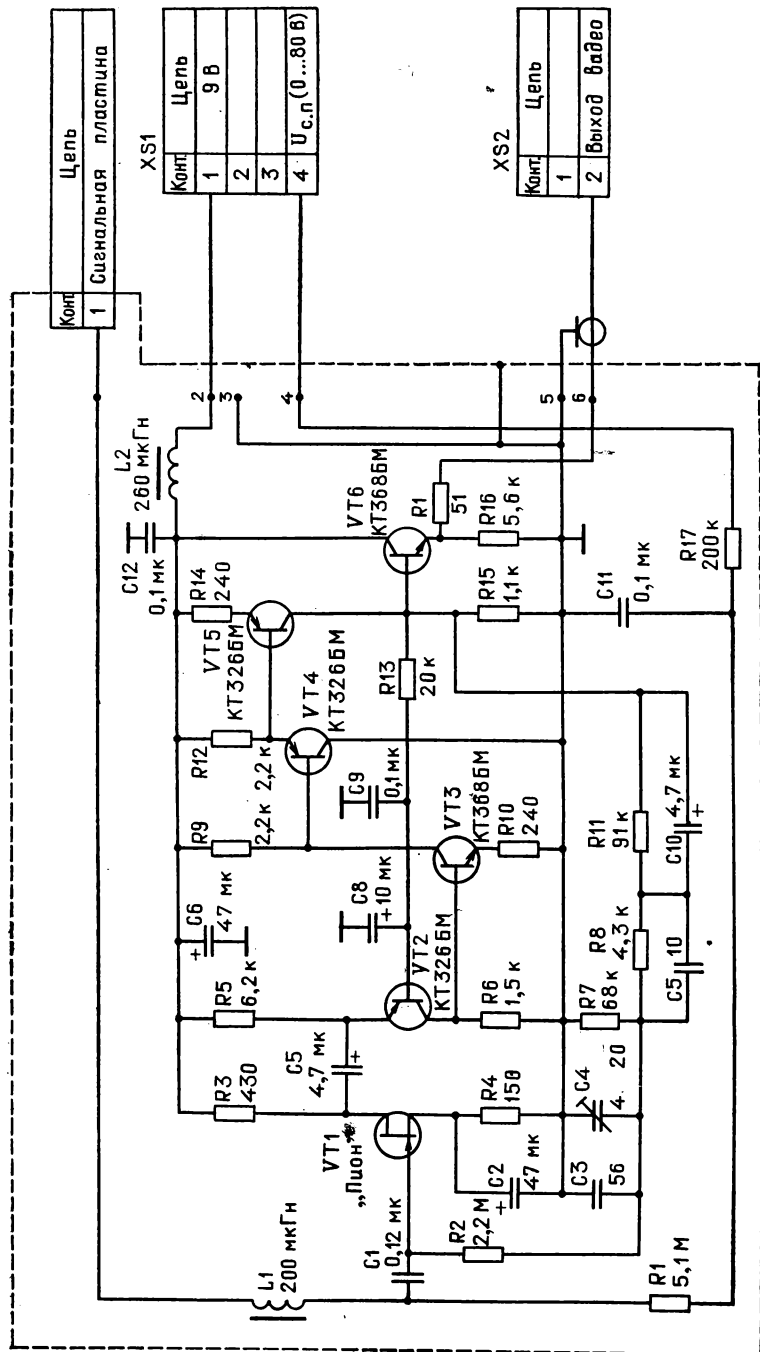


Рис. П5.1. Принципиальная электрическая схема предварительного усилителя УП-1 камеры «Электроника ТК-01Ц»

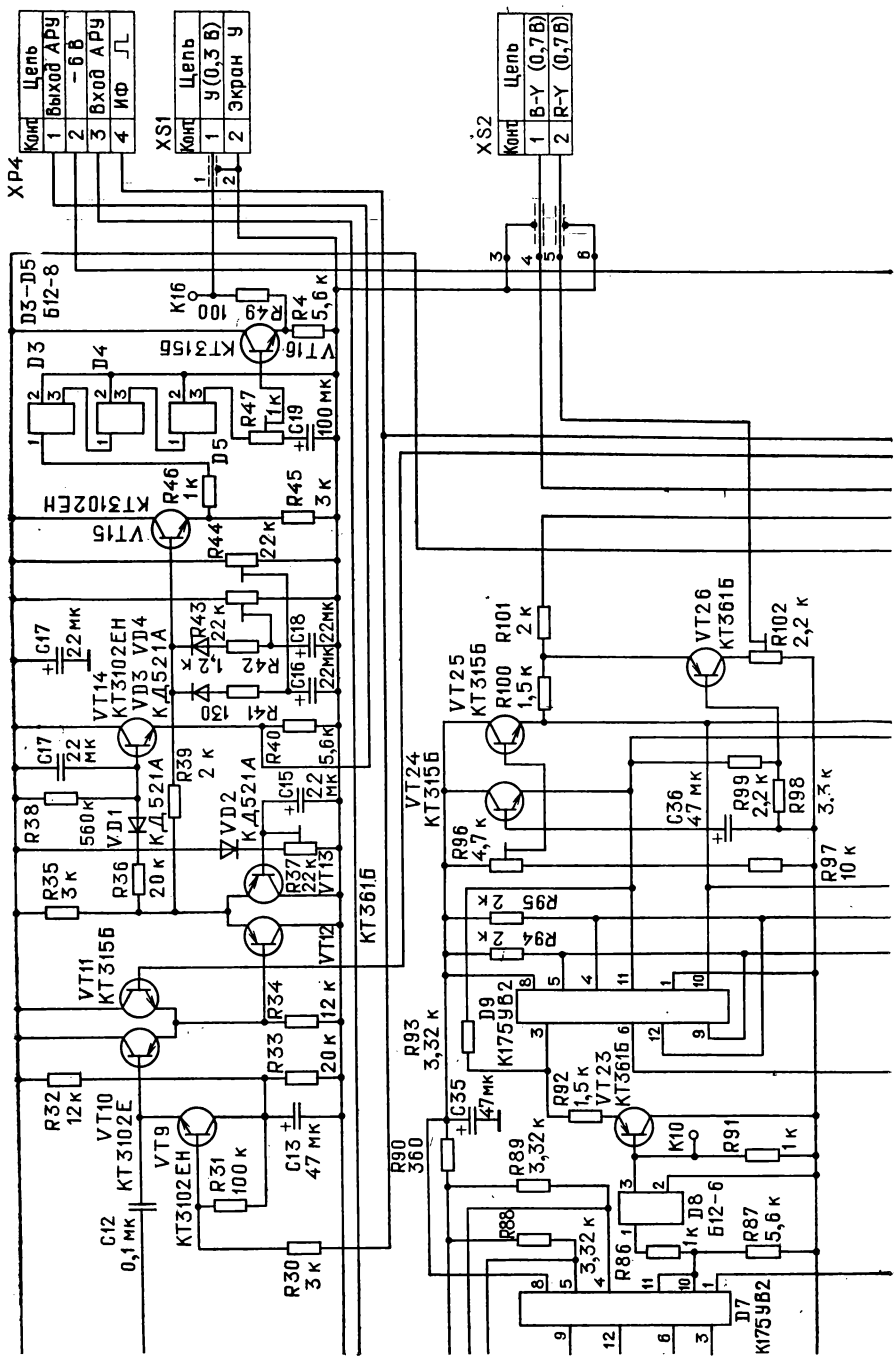


Рис. П5.2.

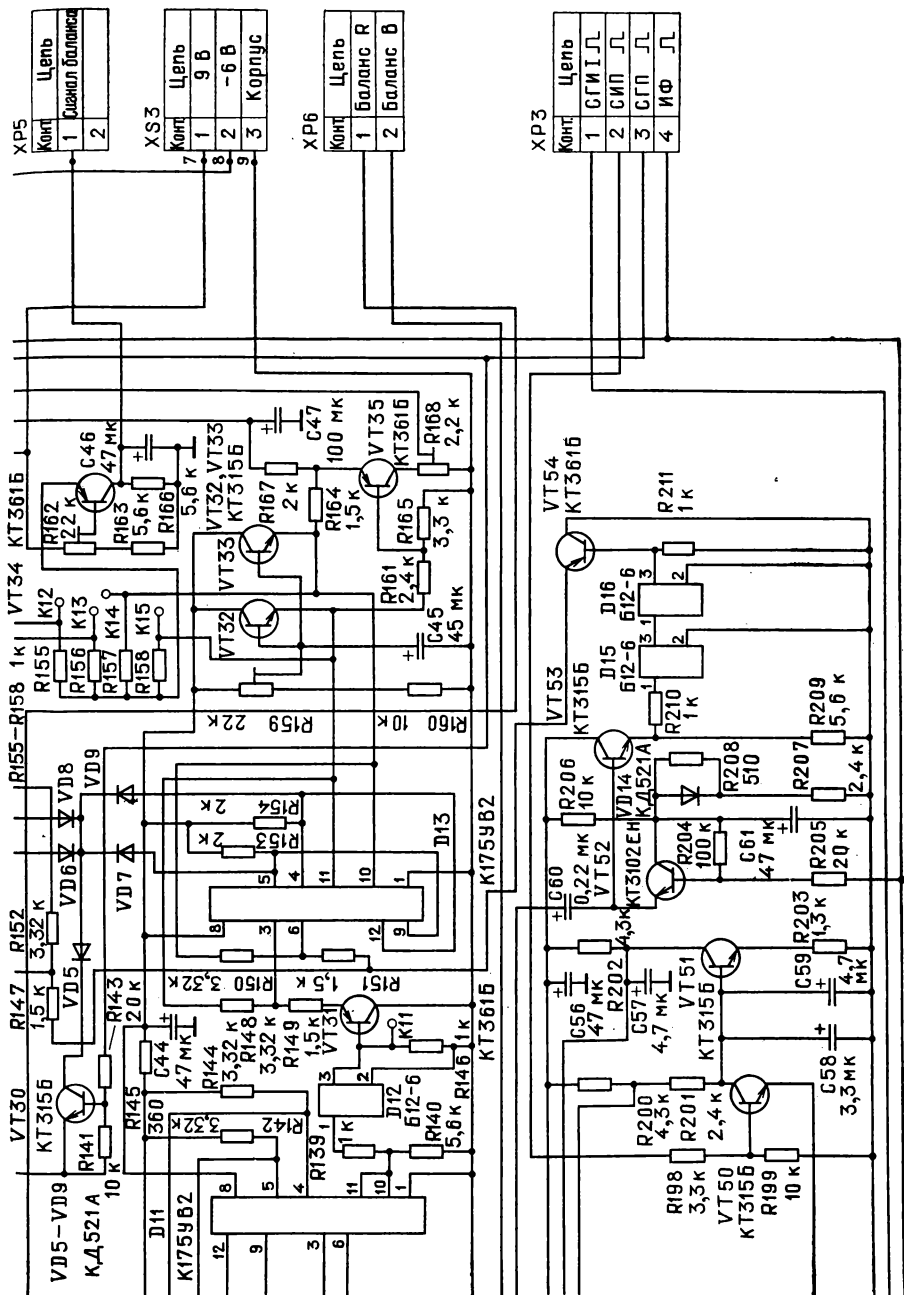
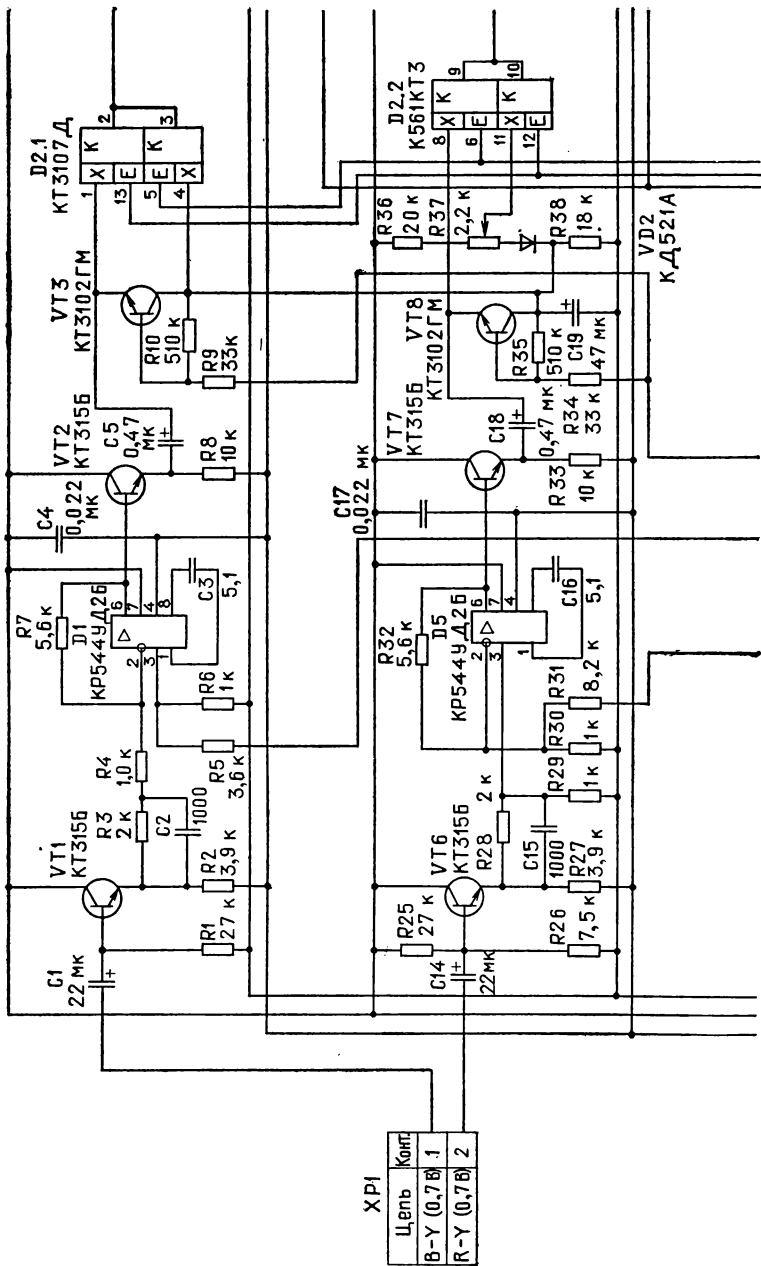


Рис. П5.2. Принципиальная электрическая схема декодирующего устройства УД-1 камеры «Электроника ТК-01Ц»



X P1	Цепь	Контр
	B-Y (0,7В)	1
	R-Y (0,7В)	2

Рис. П15.3.

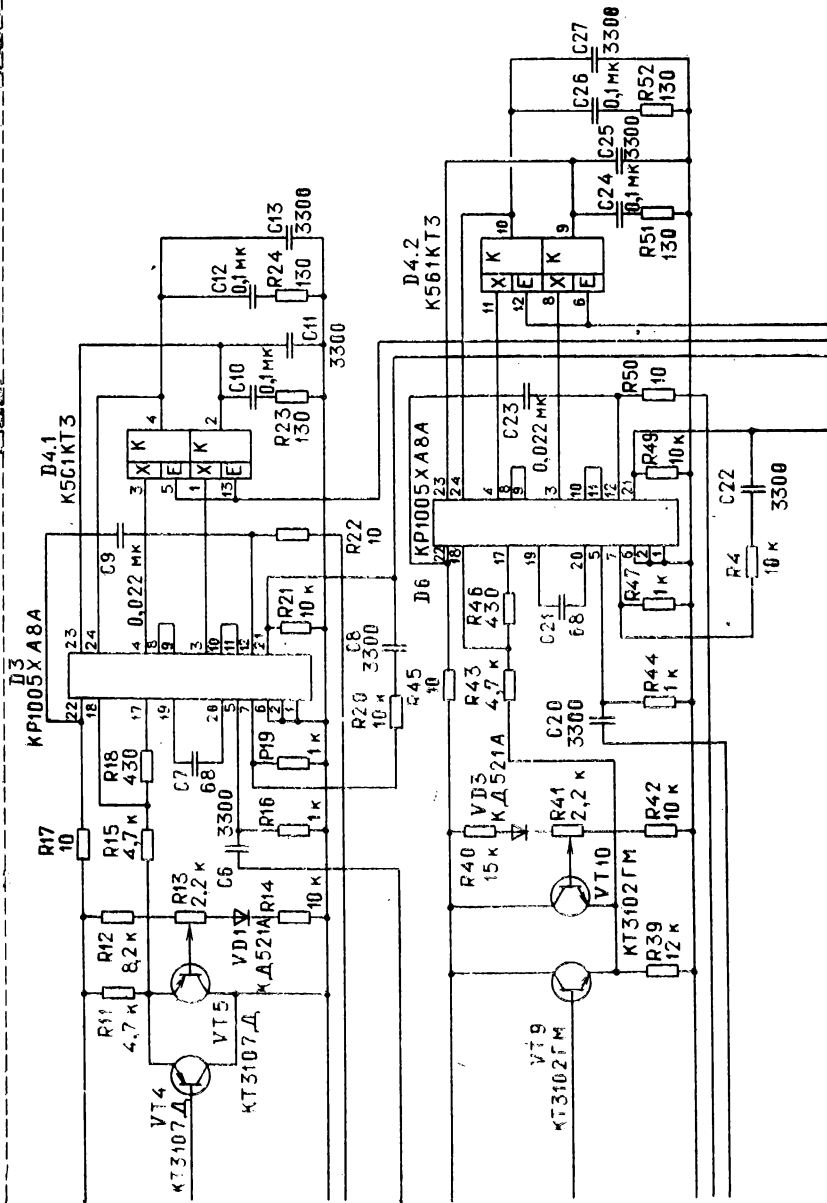


Рис. П15.3.

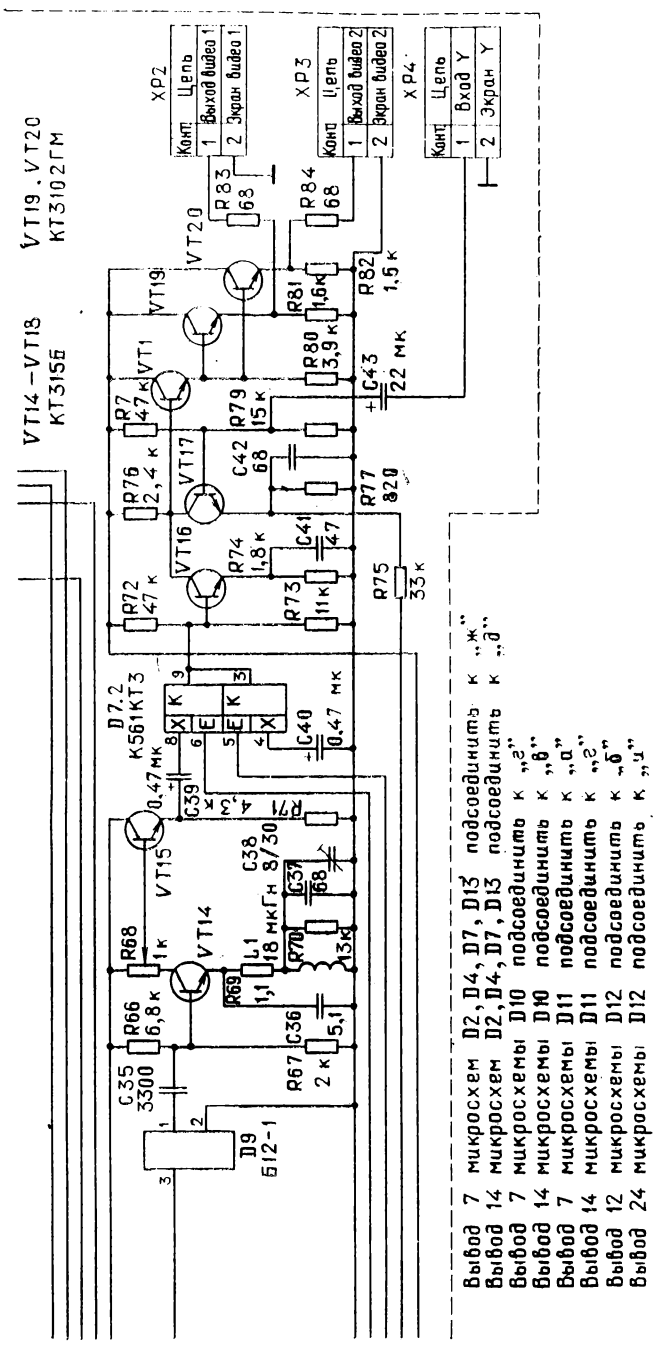


Рис. П5.3. Принципиальная электрическая схема кодирующего устройства УК-1 камеры «Электроника ТК-01Ш»

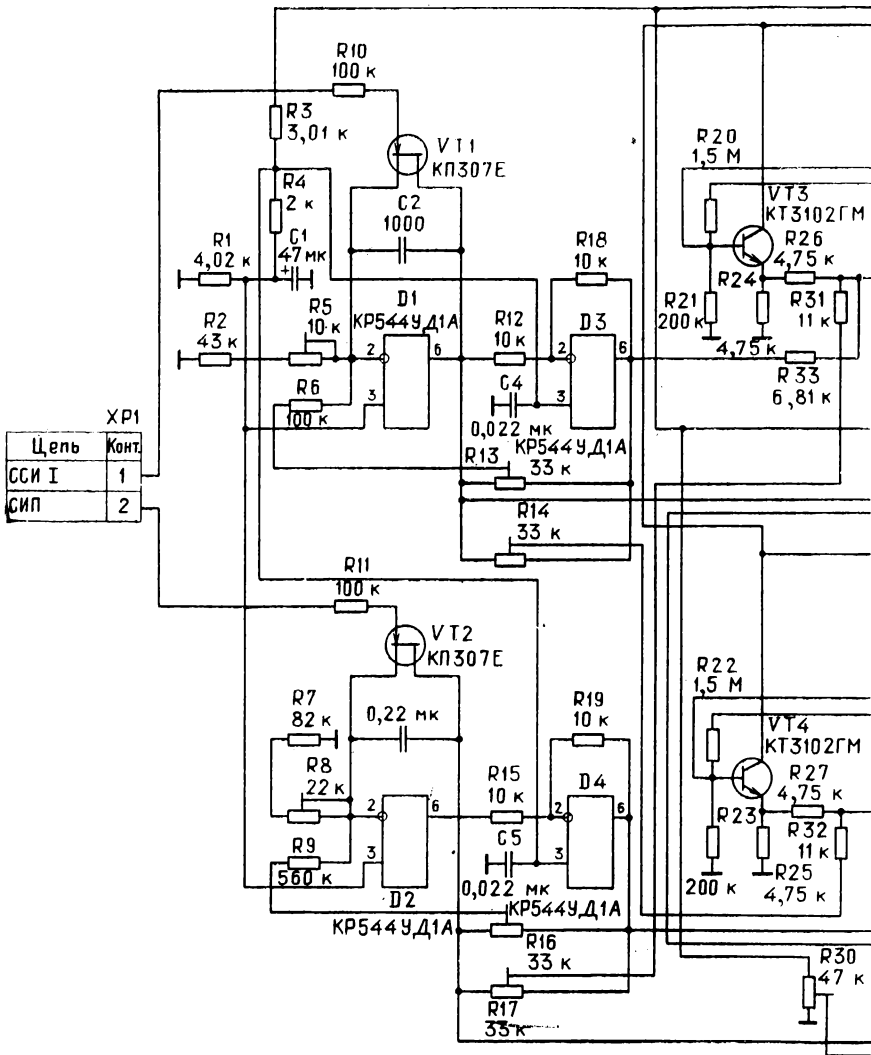
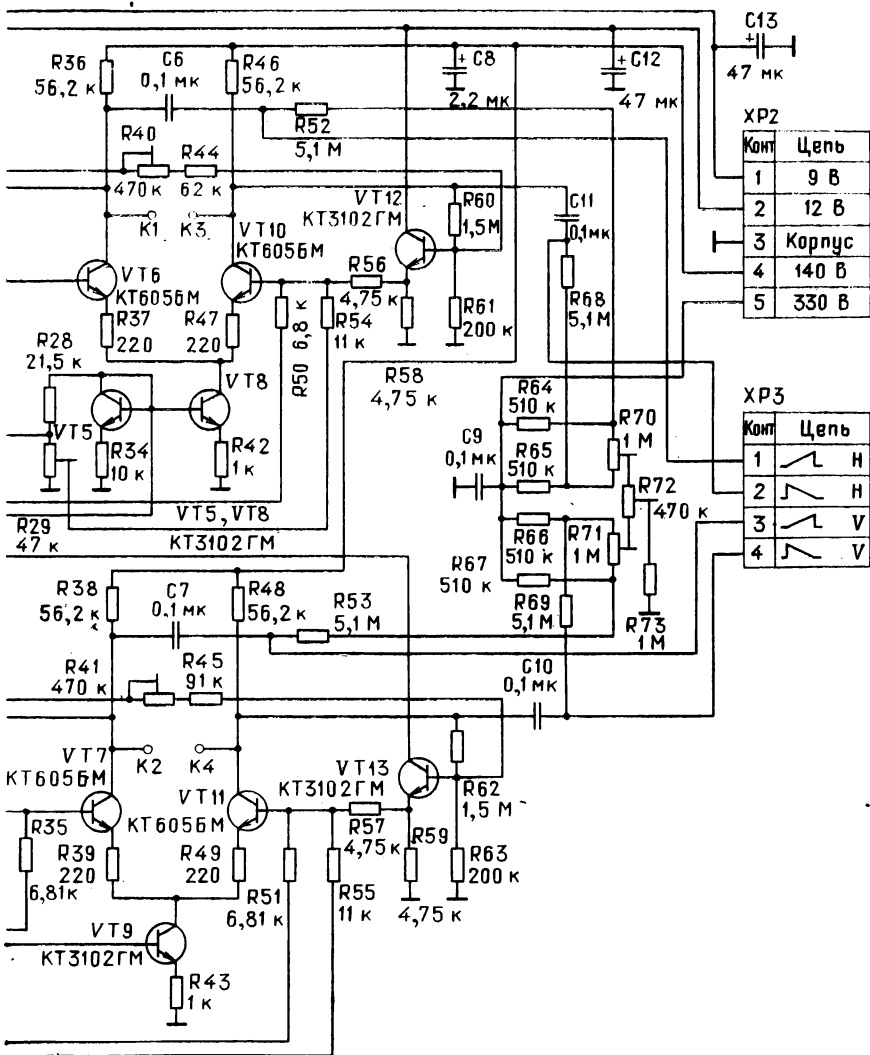


Рис. П5.4. Принципиальная электрическая схема генератора



разверток ГР-7 камеры «Электроника ТК-01Ц»

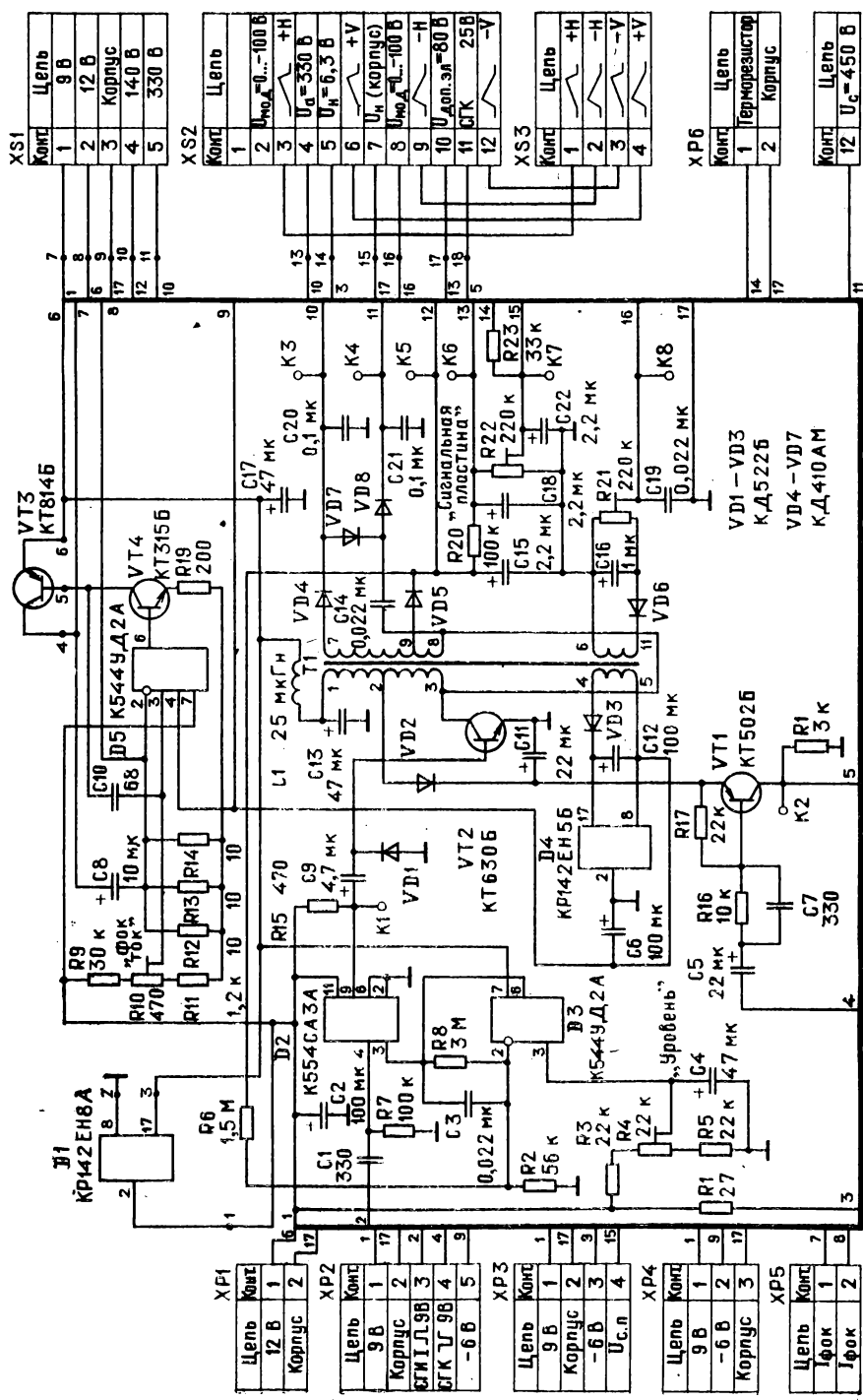
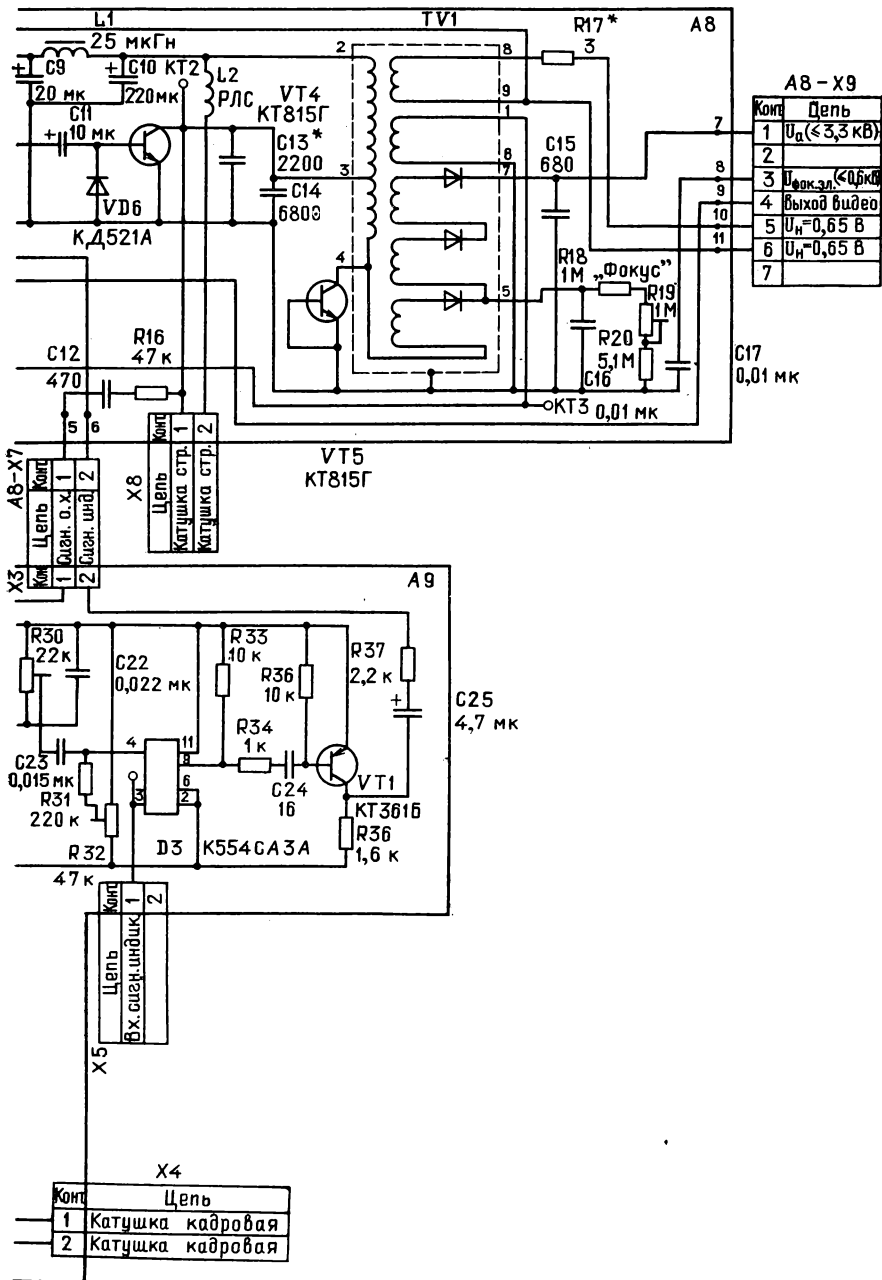


Рис. П5.6. Принципиальная электрическая схема преобразователя напряжения ПН-1 камеры «Электроника ТК-01Ц»



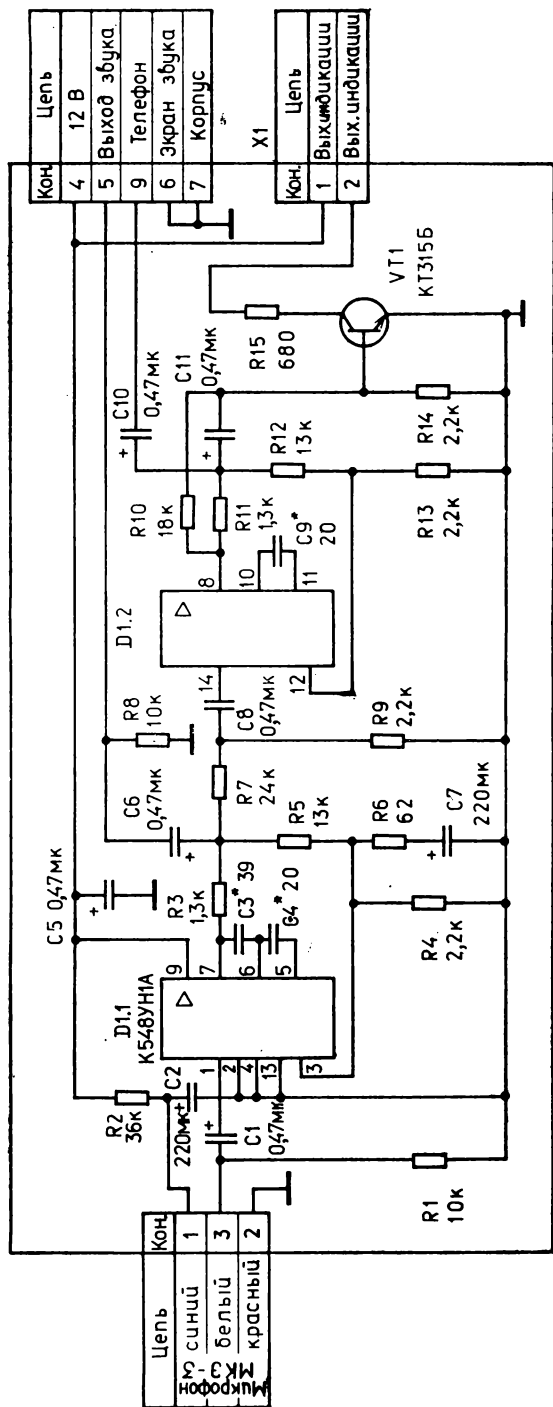


Рис. П5.8. Принципиальная электрическая схема усилителя звука камеры «Электроника ТК-01Ц»

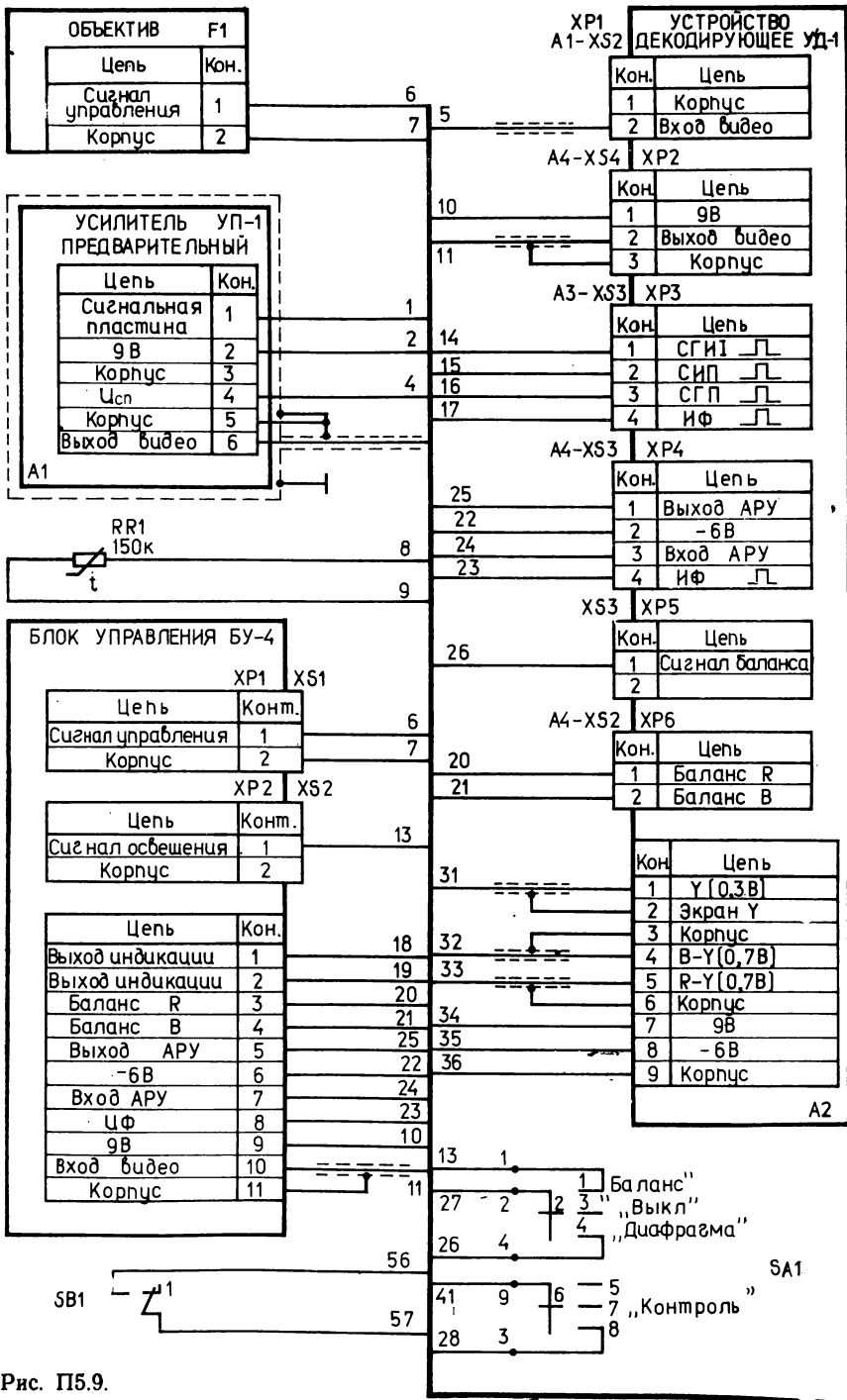
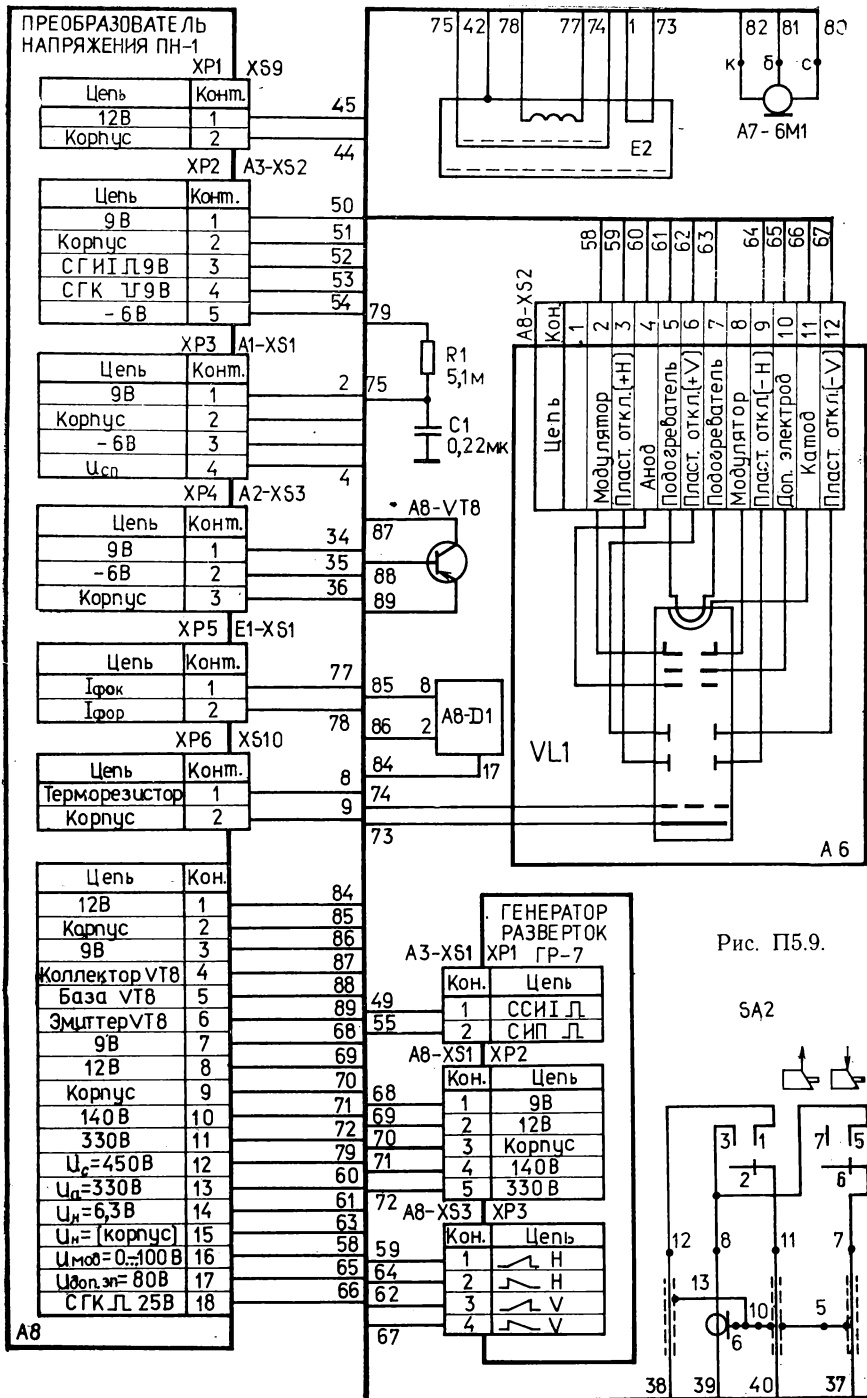


Рис. П5.9.



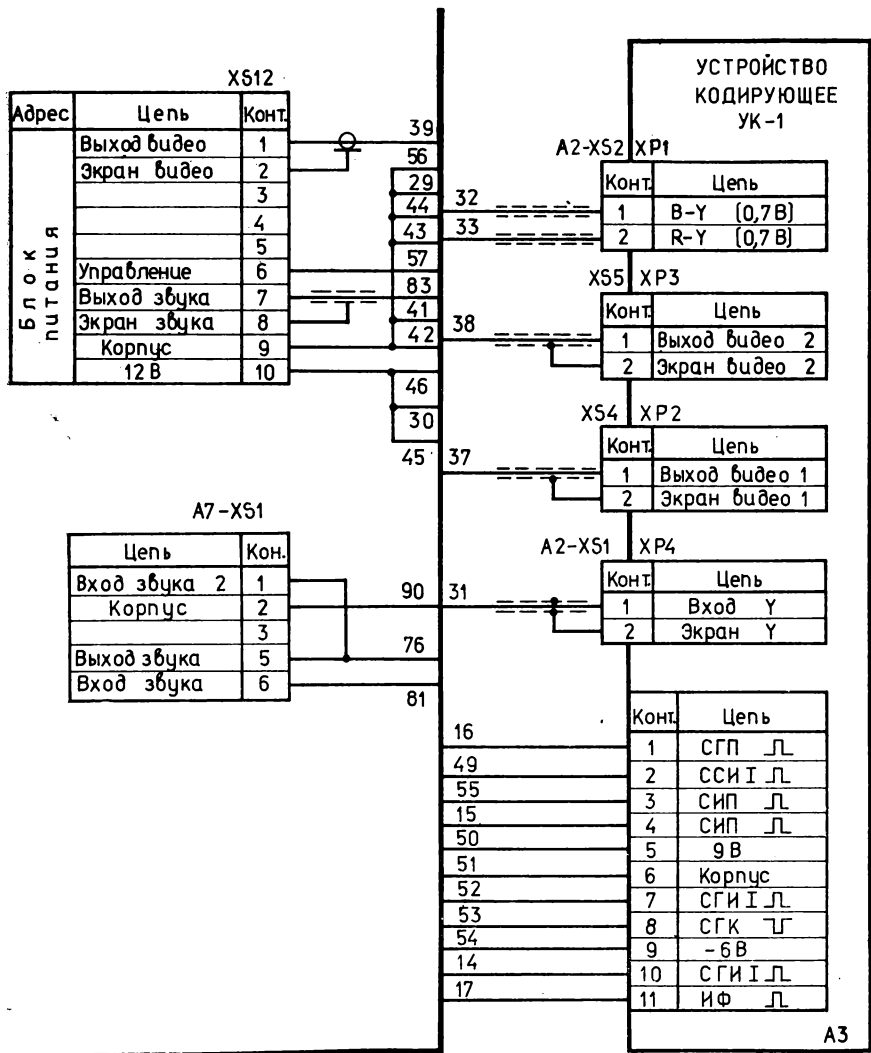


Рис. П5.9. Принципиальная электрическая схема камеры «Электроника ТК-01Ц»

Список литературы

1. **Новаковский С. В.** Цветное телевидение (основы теории цветовоспроизведения). — М.: Связь, 1975. — 376 с.
2. **Самойлов В. Ф., Хромой Б. П.** Основы цветного телевидения. — М.: Радио и связь, 1982. — 160 с.
3. **Варбанский А. М.** Телевидение. — М.: Связь, 1973. — 464 с.
4. **Новаковский С. В.** Стандартные системы цветного телевидения. — М.: Связь, 1976. — 376 с.
5. **Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений/** Под ред. Б. Кейзана. — М.: Мир, 1979. — Т. 2. — 286 с.
6. **Сугимото М.** Исследования цветных телевизионных камерных систем// NHK гидзюцу кэнкю. — 1976. — Т. 28, № 1 — С. 13—51.
7. **Schonfelder H., Bock G.** Einrohren-und Zweirohren—Farbkamera—systeme, 2. Teil/ Funkschau, 1975, 47, Heft 19/623—627.
8. **Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений/** Под ред. Б. Кейзана. — М.: Мир, 1980. — Т. 3. — 312 с.
9. **Collet M. G.** Beeldopnemer met Weerstandselectroden// Ned. tijdschr. natuurk. — 1980. — А 46, N 1. — С. 19—22.
10. **A Color Camera Employing ZIG—ZAG Transfer CCD's with Checkerpattern/** Y. Seisuke, O. Shigeyuki, H. Takco, N. Fumio// Res. Repts., Sony Corp. — 1977, 16. — P. 1—18.
11. **Камера цветного телевидения на трех фотоматрицах//** Тэрэбидзен гаккай-си. — 1979. — № 7. — Т. 33. — С. 516.
12. **Reimers V.** Farbfernsehkameras mit zwei Halbleiter—Bildsensoren// Rundfunktechn. Mitt. — 1980. — 24, № 1. — S. 12—18.
13. **Takemura Y.** CCD Color Television Camera// Toshiba Rev. — 1980. — Vol. 35, № 2. — P. 132—135.
14. **Dillon P., Lewis D., Kaspar F.** Color Imaging System a single CCD. Area Array// IEEE Transactions on Electron Devices. — 1978. — Vol. ED-25, № 2. — P. 102—107.
15. **Morishita M., Tanaka T.** Color Camera Using Single CCD Sensor// NEC Res. and Developm. — 1980. — № 56. — P. 143—148.
16. **Ваниев А. Г., Хусточка В. В., Чунин Н. С.** Современные цветные малогабаритные телевизионные камеры для систем видеозаписи. Моноблочные видеокомплексы// Тр. пятой Республ. конф. «Телевизионные методы и средства в науке и технике». — Киев, 1983. — Ч. 1. — С. 101—112. — Деп. в УкрНИИНТИ № 817 Ук-85.
17. **Никаноров С. И., Хесин А. Я., Штейнберг А. Л.** Перспективы применения твердотельных преобразователей свет—сигнал в камерах ВЖ// Техника кино и телевидения. — 1986. — № 4. — С. 63—64.
18. **Козн Ч.** Первая коммерческая цветная ПЗС-камера// Электроника. — 1980. — № 4. — С. 15—16.
19. **Kontaro W.** Solid-State Image-Sensors Eyed for use in Video Cameras// JEE. — 1981. — Vol. 18, № 171. — P. 58—61.
20. **Takemura Y., Kazushinge Ooi.** New Frequency Inter-Leaving CCD Color Television Camera// IEEE Trans. Consum. Electron. — 1982. — Vol. CE-28, № 4. — P. 618—623.
21. **Solid-State CPD Image Sensor for Single-Chip Color Cameras//** S. Terakawa, T. Yamada, K. Senda at all// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 276—286.
22. **Cohen C.** Color TV Camera Using CCD Imager Chips Gets for Sale// Electronics. — 1980. — Vol. 53, № 4. — P. 79—80.
23. **All Solid-State Color Camera with Single-Chip MOS Imager/** N. Hiroaki, S. Nagahara, H. Shimizu at all// IEEE Trans. Consum. Electron. — 1981. — Vol. 27, № 1. — P. 40—46.

24. **Single-Chip CCD color Camera and CPD Solid-State B/W Camera/** K. Ishikawa, S. Hashimoto, Y. Sone at all// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 223—230.
25. **Solid-State Color Camera with Single Chip CPD Image Sensor//** H. Tanaka, Y. Miyakawa, M. Fujimoto at all// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 213—222.
26. **Noda M., Masuda M., Nabeyama H.** Signal Processing Circuit for Single-Chip MOS Color Camera// J. Inst. Telev. Eng. of Japan. — 1982. — Vol. 36, № 11. — P. 1003—1009.
27. **Konig S.** Einrohren-Farbferrnsehkamera mit Streifen-filter-Vidicon// Feruseh-und-Kino-Technik. — 1971. — № 3. — S. 81—84.
28. **Electronic News-Gathering System/** M. Sugimoto, C. Ogushi, H. Ikegami, H. Yoshida// IEEE Trans. on Broadcasting. — 1975. — Vol. BC-21, № 1. — P. 15—24.
29. **Новая портативная система видеозаписи с цветной ТВ-камерой/** С. Китахара, Н. Хатанака, К. Камифудзи, Т. Эдзава// Хосо гидзюцу. — 1974. — № 6. — С. 103—107.
30. **Анализ сигналов однотрубочной цветной камеры с частотным уплотнением каналов и с использованием одной поднесущей//** Тэрэбидзен. — 1974. — № 6. — С. 464—468.
31. **Yamamoto J., Sekigushi T.** 2/3-Inch «Cosvicon» for Single Tube Color Cameras// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 243—252.
32. **Schonfelder H., Bock G.** Einrohren-und Zweirohren-Farbcamerasysteme, 1. Teil// Funkschau. — 1975. — H. 18. — S. 111—114.
33. **Koubek M.** Interplex, ein Einrohren-Farbferrnsehkamera Systeme mit hoher Auflosung// Siemens Zeitschrift. — 1975. — H. 7. — S. 451—456.
34. **Koubek M.** Schaltungstechnik Beider Interplex-Einrohren-Farbferrnseh Kamera// Siemens Zeitschrift. — 1975. — H. 8. — S: 517—522.
35. **Пат. 1381748 (Великобритания).** Камера цветного телевидения.
36. **Пат. 940658 (СССР).** МКИ H04 № 9/07. Передающая камера цветного телевидения/ Ясухару Кубота.
37. **Мисухиро К.** Новая технология передающих ЭЛТ для телевизионного вещания// Тэрэбидзен гаккайси. — 1983. — Т. 37, № 9. — С. 688—695.
38. **Товбин М. Н.** Триникон НВST в камерах цветного телевидения для видеожурналистики// Техника кино и телевидения. — 1984. — № 11. — С. 26—30.
39. **Пат. 54—12169 (Япония).** Однотрубочная камера цветного телевидения.
40. **Пат. 3984866 (США).** Камера цветного телевидения.
41. **Пат. 4041528 (США).** Устройство формирования сигнала цветного телевидения в телевизионной камере с одной трубкой.
42. **Трехсигнальный видикон для однотрубочной цветной камеры/** А. Сасано, Т. Накано и др.// Тэрэбидзен. — 1975. — Vol. 29, № 6 — С. 485—490.
43. **Watanabe H., Kobayashi H., Takemura Y.** Single-Tube Color TV Camera IK-12// Toshiba Review. — 1975. — № 100, Nov.—Dec. — P. 79—83.
44. **Takahashi K., Sato K., Eto J.** Single tube color camera// Inst. Telev. Eng. Japan. — 1975. — Vol. 29, № 6. — P. 480—484.
45. **Хесин А. Я., Хлебородов В. А.** Студийные телевизионные средства на международной выставке по телевидению// Техника кино и телевидения. — 1981. — № 11. — С. 63—69.
46. **Ваниев А. Г., Безруков В. Н., Новаковский С. В.** Подавление пространственных биений в однотрубочных малогабаритных камерах цветного ТВ// Техника кино и телевидения. — 1988. — № 8. — С. 16—18.
47. **Безруков В. Н.** Анализ характеристик спектра ортогональных структур квазипериодической дискретизации в системах телевидения// Радиотехника. — 1989. — № 12. — С. 3—7.
48. **Тихонов В. И.** Статистическая радиотехника. — М.: Сов. радио, 1966. — 679 с.

49. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. — М.: Сов. радио, 1966. — 728 с.
50. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов. — М.: Радио и связь, 1983. — 320 с.
51. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. — М.: Сов. радио, 1972. — 744 с.
52. Takemura Y. Frequency Interleaving Color TV Pickup System// IEEE Trans. on Broadcasting. — 1975. — Vol. BC-21, № 3, September. — P. 44—51.
53. Ваниев А. Г. Современные тенденции развития цветных малогабаритных телевизионных камер// Тр. четвертой республ. конф. «Телевизионные методы и средства в науке и технике». — Киев, 1981. — Ч. 1. — Деп. в УкрНИИТИ 1983, № 4025 Ук—Д83.
54. Ваниев А. Г., Дятлов В. М. Отечественные камеры цветного телевидения на передающих трубках со штриховыми светофильтрами// Техника кино и телевидения. — 1987. — № 9. — С. 24 — 28.
55. Финкельштейн М. И. Гребенчатые фильтры. — М.: Сов. радио, 1969. — 320 с.
56. Радиоприемные устройства/ Под ред. Н. В. Боброва. — М.: Сов. радио, 1971. — 495 с.
57. Ожигин А. Ф., Харитонов Ю. А. Гребенчатый фильтр однотрубочной камеры цветного телевидения// Техника средств связи. Сер. «Техника телевидения». — 1978. — Вып. 6. — С. 63—68.
58. Ожигин А. Ф., Харитонов Ю. А. Однотрубочная камера цветного телевидения с фазовым разделением сигналов цветности// Техника средств связи. Сер. «Техника телевидения». — 1977. — Вып. 4. — С. 9—15.
59. Гершберг А. Е. Передающие телевизионные трубки с внутренним фотоэффектом. — Л.: Энергия, 1973. — 255 с.
60. ГОСТ 26320—84. Оборудование телевизионное студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений.
61. А. с. 657668 (СССР), МКИ Н04 № 9/07. Устройство для измерения нелинейности сигналов генераторов кадровой и строчной разверток/ А. Г. Ваниев, С. В. Денбновецкий, В. П. Кузьмин, А. В. Лещинин. — Оpubл. 1979, Бюл. № 14.
62. Ваниев А. Г., Сакин Л. А. О способах построения схем питания многосигнальных передающих электронно-лучевых трубок// Электронная техника. Сер. 4 «Электровакuumные и газоразрядные приборы». — 1988. Вып. 3 (122). — С. 37—41.
63. Красильников Н. Н. Теория передачи и восприятия изображений. — М.: Радио и связь, 1986. — 248 с.
64. Смирнов А. Я. Математические модели теории передачи изображений. — М.: Связь, 1979. — 96 с.
65. Игнатьев Н. К., Шаров А. И. Исследование способов междуканального уплотнения телевизионного спектра/ Сб. тр. ГНИИ Мин. связи СССР. — 1964. — Вып. 1 (33). — С. 46.
66. Межов Ф. Д., Ожигин А. Ф. Искажения в однотрубочных камерах цветного телевидения// Техника средств связи. Сер. «Техника телевидения». — 1978. — Вып. 5. — С. 28—34.
67. Игнатьев Н. К. Дискретизация и ее приложения. — М.: Связь, 1980. — 504 с.
68. Mino M., Okano Y. Low-Pass Filter for a Single-Vidicon Color Television Camera// SMPTE J. — 1972. — Vol. 81, April. — P. 282—284.
69. А. с. 1424138 (СССР), МКИ Н04 9/07. Способ развертки телевизионного изображения электронным лучом в однотрубочных камерах цветного телевидения и устройство для его осуществления/ В. Н. Безруков, А. Г. Ваниев, С. В. Новаковский. — Оpubл. 1988, Бюл. № 34.
70. Самойлов В. Ф., Хромой Б. П. Телевидение. — М.: Связь, 1975. — 400 с.
71. Афанасьев А. П., Самохин В. П. Бытовые видеоманитофоны. — М.: Радио и связь, 1989. — 160 с.

72. Голубенков В. А., Галинский Н. Д. О происхождении шумов, измеряемых на выходе суперорторикона// Электронная техника. Сер. 4. «Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы». — 1968. — Вып. 5. — С. 79, 80.
73. Saticon and its Applications to Small-sized Color TV Cameras/ T. Ninomiya, K. Wakui, N. Goto, K. Shidara// NHK Techn. Monograph. — 1976. — № 25, March. — P. 1—39.
74. Minamihata S., Urita K., Hidaka M. Semiconductor Devices for Video-Cameras// Hitachi Review. — 1983. — Vol. 32, № 3. — P. 129—134.
75. Лурье О. Б. Усилители видеочастоты. — М.: Сов. радио, 1961. — 675 с.
76. Kumada J. Color cameras// NHK Techn. Monograph. — 1982. — № 32, June. — P. 39—46.
77. Noguchi H. Recent Trends in Broadcast Color Cameras// Hitachi Review. — 1983. — Vol. 32, № 3. — P. 111—116.
78. Tooms M. Performance comparison of TV Cameras using different image formats// The BKSTS J. — 1976. — Vol. 58, № 3, March. — P. 68—75.
79. Reimers U. H. Resolution and Noise-Considerations for an HDTV Camera// SMPTE J. — 1983. — Vol. 92, № 10, October. — P. 1036—1040.
80. Kurashige M. Characteristics Video Noise in MS Type Camera Tubes// J. Inst. Telev. Eng. Jap. — 1983. — Vol. 37, № 12. — P. 1021—1029.
81. Брауде Г. В. Коррекция телевизионных и импульсных сигналов. — М.: Связь, 1967. — 246 с.
82. Odagaki T., Cho H., Kobayashi K. Compact 3-Tube Portable Color Camera// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2, April. — P. 205—212.
83. Isozaki Y. Pick-up Tube and TV Camera for High Definition Television// J. Inst. Telev. Eng. Jap. — 1982. — Vol. 36, № 10. — P. 895—900.
84. Tabuchi T. Coil Assembly for 2/3-Inch Single-Tube Color Camera// National Techn. Rep. — 1980. — Vol. 26, № 2, April. — P. 249—256.
85. Girschweiler G. Veltstandart fur Video?// Electron Sound. — 1984. — Vol. 7, № 3. — S. 34—36.
86. Auer R. 8-mm-Kamerarecorder Erster Kontakt// Funk-schau. — 1984. — № 22. — SS. 46—48.
87. Auer R. Farbcamera GX-N5 von JVC// Funkschau. — 1984. — № 9. — S. 58.
88. Funayama K. Video Camera Auto-Focus Systems// Camerart. — 1983. — Vol. 26, № 4, April. — P. 42—45.
89. Ваниев А. Г., Карасев А. П. Кодированное устройство SECAM цветной малогабаритной телевизионной камеры для видеозаписи// Тр. пятой Республ. конф. «Телевизионные методы и средства в науке и технике». — Киев, 1983. — Ч.1. — С. 88—100. — Деп. в УкрНИИТИ, № 817 Ук-85.
90. А. с. 1515401 (СССР), МКИ H04 № 9/07. Однотрубчатая камера цветного телевидения/ А. Г. Ваниев. — Опубл. 1989, Бюл. № 38.
91. ОСТ 11 205.016—82. Камеры телевизионные передающие бытовые. Основные параметры. Общие технические требования.
92. Балягин А. В., Ваниев А. Г., Гуров В. М. Перспективы развития систем технического зрения// Материалы отраслевой научно-технической конференции ИИС-87. — Жуковский: ЛИИ им. М. М. Громова. — 1988. — С. 164—166.
93. Suzuki K., Suda T. Single-Tube ENG Color Camera for Industrial Use// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 195—204.
94. Лаймен Д. Рост выпуска компонентов для монтажа на поверхность// Электроника. — 1985. — Т. 58, № 8. — С. 46—52.
95. Ваниев А. Г. Унификация параметров однотрубчатых малогабаритных камер цветного телевидения// Техника кино и телевидения. — 1986. — № 9. — С. 20—24.
96. Низковольтные микромощные интегральные схемы операционных усилителей// Н. А. Самогав, А. А. Лебедев, Б. Я. Ковальчук, Ю. И. Бочаров// Зарубежная электронная техника. — 1983. — № 3. — М.: ЦНИИ «Электроника». — С. 43—91.

97. Arase S., Fujita K. Microminiature Aluminium Electrolytic capacitors «KS-Series»// Nat. Techn. Rep. — 1985. — Vol. 31, № 3. — P. 308—317.
98. Nishino A., Yoshida A., Tanahashi I. Flat Electric Double-Layer Capacitors with Activated Carbon Fiber Electrodes «Gold Capacitor E and F Series»// Nat. Techn. Rep. — 1985. — Vol. 31, № 3. — P. 318—330.
99. Matsui H., Murakami T. Miniature Potentiometer Series Mountable on Printed Circuit Boards// Nat. Techn. Rep. — 1985. — Vol. 31, № 3. — P. 331—338.
100. Kashiwagi Y., Kinoshita T. Ceramic Resonator// Nat. Techn. Rep. — 1985. — Vol. 31, № 3. — P. 374—382.
101. Yoshizawa I., Hirai T. Video Band LC Filter// Nat. Techn. Rep. — 1985. — Vol. 31, № 3. — P. 347—351.
102. Low-Power-Consumption Signal—Processing IC for Single-Tube Color Video Cameras/ Y. Fujita, M. Matsushima, T. Katsuyama at all// Nat. Techn. Rep. — 1983. — Vol. 29, № 2. — P. 229—234.
103. CCD Delay Lines for Video Signal/ T. Kuwahara, N. Suzuoka, H. Oishi, T. Kimura// Nat. Techn. Rep. — 1983. — Vol. 29, № 2. — P. 259—262.
104. Tanaka M., Fuiikawa A. Switched Capacitor Filter LSI's// Nat. Techn. Rep. — 1983. — Vol. 29, № 2. — P. 289—295.
105. High-Speed A/D Converter for Video Use/ A. Matsuzawa, M. Inoue, H. Sadamatsu at all// Nat. Techn. Rep. — 1983. — Vol. 29, № 2. — P. 196—207.
106. Быков В. В., Терехова О. И., Хесин А. Я. Применение микропроцессоров в передающих ТВ камерах// Техника кино и телевидения. — 1984. — № 4. — С. 30—35.
107. Бычков Б. Н., Дамбит В. А. Микропроцессорная система для автоматической настройки камер ЦТ// Техника кино и телевидения. — 1984. — № 8. — С. 35—41.
108. Чех А. В., Еременко А. И. Построение набора узкополосных синхронных фильтров// Радиоэлектроника. — 1985. — Т. 28, № 4. — С. 80.
109. Пат. 4437124 (США). Dynamic coring circuit/ Cochran Larry A.
110. Baldwin J. L. E., Thirlwall A. C. Spatial filters// IBA Techn. Rev. — 1976. — № 8. — P. 41—48.
111. Пат. 4412253 (США). Автоматическое устройство для подавления шумов в сигнале изображения.
112. Пат. 53—41936 (Япония). Схема гребенчатого фильтра для повышения качества телевизионного изображения/ Т. Мураками.
113. Пат. 3988776 (США). Схема регулировки избыточного освещения в цветной телевизионной камере/ С. Такаши, К. Сэйго, Н. Шинтаро, С. Тетсуши.
114. Цветная телекамера с двумя видиконами/ Сираэ Хисатоси// Нэшнл Текникал Репорт. — 1973. — Vol. 19, № 1. — P. 41—48.
115. Pat. 4368482 (USA), 1983. Automatic white adjusting circuit for a television camera/ M. Toyotaka, I. Yulchi.
116. Pat. 4232331 (USA), 1980. Circuit for stabilizing the Black Level in an output signal of a camera tube in a color television camera/ M. Koichiro, T. Itsuo, M. Tadayoshi at all.
117. Nishikawa S., Suzuki S., Matsuda S. Automatic White Balance Control System for Video Camera// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 331—335.
118. Пат. 58—14790. (Япония). Цветная телекамера. Схема обработки сигнала однотрубной камеры/ Накаба Такахира, Т. Омити.
119. Уильямс Ф. Цифровая интегральная схема для фильтрации видеосигналов// Электроника. — 1983. — № 20. — С. 74—81.
120. Auto-Focus System for Video Cameras/ T. Akira, U. Nozomu, I. Yukihiko, U. Ryoichi// Nat. Techn. Rep. — 1982. — Vol. 28, № 2. — P. 317—330.
121. Yukichi N., Shiomi K. Active Automatic Focus Detection Through the Taking Lens System// J. Inst. Telev. Eng. Jap. — 1981. — Vol. 35, № 8 — P. 637—644.

122. Пат. 3135466 (ФРГ). Способ регулировки тока луча передающей трубки/ Роберт Буш.
123. Automatic Beam Current Optimizer System and its Analysis/ O. Kazunori, M. Tohru, W. Kotaro at all// J. Inst. Electr. Eng. Jap.—1978.—Vol. 32, № 12.—P. 1045(41)—1050(46).
124. A Method of Automatic Scanning Beam Control of Television Camera Tube/ S. Kazuhiro, E. Yoshizumi, N. Shusaki, I. Shisaka// J. Inst. Electr. Eng. Jap.—1975.—Vol. 29, № 8.—P. 642(44)—647(49).
125. Tabuchi T. Light-Weight Coil Assembly for 2/3-Inch «Cosvicon»// Nat. Techn. Rep.—1982.—Vol. 28, № 2, April.—P. 349—354.
126. Isozaki Y. Pick-up Tube and TV Camera for High Defenition Television; 4—1 Pick-up Tubes// J. Inst. Telev. Eng. Jap.—1982.—Vol. 36, N 10.—P. 895—900.
127. Pat. 1475609 (London), 1974. Gamma circuit/ S. Itsuzou, S. Kikuo.
128. Kiichi H., Fujita Y., Kamimura T. «Newcosvicon» Color Video Camera// Nat. Techn. Rep.—1982.—Vol. 28, № 2, April.—P. 184—194.
129. Pat. 4281337 (USA), 1981. Apparatus for detecting the color temperature of a source of light and automatic white balancing means for use therewith/ N. Takashi.
130. Camera Tubes and Accessories// Phillips Data Handbook «Electron tubes», Part 10, May, 1983.—556 p.
131. Ванев А. Г., Дятлов В. М., Салов В. Д. Низковольтный режим в передающих многосигнальных ЭЛТ с электронно-оптической системой типа дефлектрон// Техника кино и телевидения.—1987.—№ 3.—С. 26—30.
132. Sekiguchi T., Hasegawa T. «Cosvicon», Vidicon for Single—Tube Color Cameras// Nat. Techn. Rep.—1979.—Vol. 25, № 2, April.—P. 330—336.
133. Араки Т. Плюмбикон XQ 3427 с диодной пушкой и малой выходной емкостью// Нэшнл Текникал Репорт.—1982.—Т. 28, № 2.—С. 253.
134. Low Noise JFEET 2SK316 for Video Cameras/ K. Onaka, T. Kajiwara, T. Nakajima at all// Nat. Techn. Rep.—1982.—Vol. 28, № 2.—P. 355—362.
135. Видиконы ЛИ481 и ЛИ482 для двухтрубочных камер ЦТ с улучшенным качеством изображения/ А. Е. Гершберг, А. П. Головина, З. И. Кузьминова и др.// Техника кино и телевидения.—1984.—№ 6.—С. 39—41.
136. Многосигнальный видикон ЛИ499/ А. Е. Гершберг, З. И. Кузьминова и др.// Техника кино и телевидения.—1989.—№ 9.—С. 27—28.
137. Ванев А. Г. Об улучшении параметров однотрубочных малогабаритных камер цветного телевидения// Материалы отраслевой научно-технической конференции ИИС-87.—Жуковский: ЛИИ им. М. М. Громова.—1988.—С. 166—169.
138. Такаши Т., Фумио И. Видеокамера с записью изображения на 8-мм магнитную ленту// Тошиба ревю.—1985.—Т. 40, № 8.—С. 699—702.
139. Коэн Ч. Борьба за внедрение 8-мм видеокамер// Электроника.—1985.—№ 12.—С. 16—17.
140. Single-chip Color Camera with Reduced Aliasing/ T. Imaide, R. Nishimura, M. Noda, M. Masuda// J. Image Technol.—1986.—Vol. 12, № 5.—P. 258—260.
141. Цветная телекамера «Синхровижн»/ Дж. Эндо и др.// Техника кино и телевидения.—1988.—№ 10.—С. 69.
142. Маэда Т. Видеокамеры будущего и их перспективы рынка// Эйдзо дзеха, индасуторнару.—1982.—Т. 14, № 5.—С. 73—76.
143. Funayama K. Home Video Camera to Use 1/2 «Saticon Tube»// Camerart.—1983.—№ 3 (March)—P. 44—45.
144. Хэллекс П. Прогресс передающих ТВ фотоматриц// Техника кино и телевидения.—1983.—№ 6.—С. 67.
145. Тсенг Х. Развитие и современный уровень миниатюрных передающих ТВ трубок и фотоматриц// Никкей эрекугороникусу.—1985.—№ 3.—С. 58—155.

146. Однолюк В. В., Ожигин А. Ф., Харитонов Ю. А. Портативные камеры цветного телевидения. — М.: Радио и связь, 1984. — 104 с.
147. Гершберг А. Е., Вишневский Г. И. Многосигнальные видиконы. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 144 с.
148. Петропавловский В. А., Постникова Л. Н., Хосин А. Я. Технические средства телевизионного репортажа. — М.: Радио и связь, 1983. — 128 с.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Пути создания малогабаритных камер цветного телевидения	7
1.1. Камеры на нескольких преобразователях свет-сигнал	7
1.2. Однотрубочные камеры	22
1.2.1. Системы пространственно-световой дискретизации изображения, используемые в однотрубочных малогабаритных камерах	22
1.2.2. Частотная система	23
1.2.3. Фазовая система	26
1.2.4. Индексная система	35
1.2.5. Высокочастотно-ступенчатая система	39
1.2.6. Трехэлектродная система	44
1.2.7. Прочие системы	46
Глава 2. Выбор системы пространственно-световой дискретизации изображения	47
2.1. Особенности построения видеотракта камер фазовой и индексной систем	47
2.2. Квадратурные помехи в фазовой и индексной системах	57
2.3. Критичность к нелинейности строчной развертки	64
2.4. Влияние импульсов полустрочной частоты на качество изображения	68
Глава 3. Математическая модель систем пространственно-световой дискретизации изображения и методы подавления помех	71
3.1. Анализ математической модели систем пространственно-световой дискретизации изображения	71
3.2. Методы подавления помех пространственно-световой дискретизации	82
Глава 4. Проблемы повышения отношения сигнал/шум в малогабаритных камерах цветного телевидения	90
4.1. Общие причины возникновения шумов	90
4.2. Способы коррекции отношения сигнал/шум	96
Глава 5. Конструкции и схемотехника однотрубочных камер, элементная база	108
5.1. Зарубежные однотрубочные малогабаритные камеры	108
5.2. Отечественные однотрубочные малогабаритные камеры	114
5.3. Элементная база однотрубочных малогабаритных камер цветного телевидения	133
5.4. Специальные виды обработки сигналов, автоматические регулировки, сервисные устройства	139
	229

5.4.1. Повышение качества цветного изображения	139
5.4.2. Повышение качества индексного сигнала	141
5.4.3. Расширение динамического диапазона многосигнальной передающей трубки	141
5.4.4. Стабилизация уровня черного	142
5.4.5. Исключение цветности	144
5.4.6. Коррекция ориентации раstra и центровка	144
5.4.7. Автоматическая фокусировка	145
5.4.8. Автоматическая оптимизация тока луча передающей трубки	146
5.4.9. Автоматическая коррекция цветовой температуры	146
5.4.10. Автоматическая регулировка диафрагмы	146
5.4.11. Электронное масштабирование	146
5.4.12. Коррекция неравномерности видеосигнала (шейдинга)	147
5.4.13. Гамма-коррекция	147
5.4.14. Подсветка мишени передающей трубки для уменьшения инерционности	148
5.5. Передающие многосигнальные трубки	149
5.5.1. Зарубежные передающие многосигнальные трубки	149
5.5.2. Отечественные передающие многосигнальные трубки	168
5.5.3. Пути совершенствования параметров передающих многосигнальных трубок	170
Глава 6. Перспективы развития техники малогабаритных камер цветного телевидения	174
6.1. Моноблочные видеокomплексы — камкордеры. Структура и состав основных узлов	174
6.2. Малогабаритные камеры цветного телевидения с улучшенными параметрами (системы типа S-VHS)	181
6.3. Трубки или ПЗС?	182
Заключение	183
Приложение 1. Список общепринятых сокращений	185
Приложение 2. Основные предостерегающие (вспыхивающие) надписи на экране электронного видеоскателя	188
Приложение 3. Обозначения на панелях управления камкордеров	189
Приложение 4. Электрические схемы блоков камеры «Электроника 810Ц»	190
Приложение 5. Электрические схемы блоков камеры «Электроника ТК-01Ц»	202
Список литературы	223

Вниманию потребителей!

Акционерное общество «Спектр» предлагает новые изделия, удовлетворяющие самым высоким требованиям потребителей:
кассетный видеомаягнитофон «Электроника ВМ-22»;
телевизионные датчики ТД-01 и ТД-02;
установку световой дефектоскопии УСД-1.

Продукция акционерного общества «Спектр», созданного на базе завода «Спектр», пользуется заслуженной популярностью потребителей. Это цветные кассетные видеомаягнитофоны «Электроника ВМ-12», «Электроника ВМ-18», «Электроника—Самсунг ВМ-1230» совместного производства с Южно-Корейской фирмой «Samsung» и другие изделия бытового назначения.

КАССЕТНЫЙ ВИДЕОМАГНИТОФОН ВМ-22

Новую модель видеомаягнитофона отличают от предшествующих современный дизайн, улучшенные массогабаритные и энергетические показатели и более широкие функциональные возможности. Он позволяет осуществлять электронный поиск телевизионных каналов, ввод в память 32 телевизионных программ, оперативную запись, режим покадрового воспроизведения, ускоренное воспроизведение, настройку четкости изображения при воспроизведении, бескабельное дистанционное управление. Снабжен электронным счетчиком расхода ленты, программируемым таймером.

Технические данные

ТВ система	МККР (625 строк, 50 полей, SECAM)
ТВ стандарт	VHS PAL/MESECAM
Система записи	Наклонно-строчная запись двумя вращающимися видеоголовками
Скорость ленты	23,39 мм/с (2,339 см/с)
Антенный вход	75 Ом, несимметричный
Выход РЧ	МККР 35—40-й каналы
Горизонтальное разрешение	Не менее 240 линий
Выход ВИДЕО	1 В (75 Ом, несимметричный)
Отношение с/ш	Не более 41 дБ в канале яркости при воспроизведении собственной записи; не более 36 дБ в канале цветности; не более 36 дБ при воспроизведении записи, выполненной на другом видеомаягнитофоне
Питание	220 В, 50 Гц
Габаритные размеры	420×345×93 мм
Масса	6,6 кг

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ДАТЧИКИ ТД-01 И ТД-02

Предназначены для применения в системах автоматизированного технологического контроля, системах технического зрения, роботизированных комплексах гибких автоматизированных производств, в системах наблюдения, в том числе охранных системах магазинов, офисов и других объектов.

Могут быть использованы в различных областях народного хозяйства: медицине, транспорте, машиностроении, приборостроении и др.

Основные параметры телевизионного датчика ТД-01

Напряжение питания	12	+ 3,0	В
Потребляемая мощность, не более	4,5	- 0,6	Вт
Разрешающая способность по полю, не менее	250		линий
Число воспроизводимых градаций яркости, не менее	8		
Размах полного телевизионного сигнала положительной яркости при нагрузке 75 Ом	1	+0,1 -0,1	В
Диапазон рабочих освещенностей	25 ... 10 000		лк
Отношение сигнала изображения к флуктуационной помехе, не менее	42		дБ
Размах видеосигнала для цифровой обработки, не менее	0,3		В
Число элементов разложения (К1200ЦМ7Б)	576		×360
Габаритные размеры (без объектива), не более	50		×61
Масса, не более	0,3		кг

Основные параметры телевизионного датчика ТД-02

Напряжение питания	12	+3,0 -0,6	В
Потребляемая мощность	4,5		Вт
Разрешающая способность	300		линий
Число воспроизводимых градаций яркости, не менее	8		
Диапазон рабочих освещенностей	15 ... 10 000		лк
Число элементов разложения матрицы (А1141Б)	576		×442
Габаритные размеры (без объектива)	50		×61
Масса	0,3		кг

УСТАНОВКА СВЕТОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ УСД-1

Позволяет осуществлять контроль документов и денежных к (в том числе валюты) на предмет подделок, подчисток, испорченных и т. п. Работает в ультрафиолетовом диапазоне длин компактная, настольного типа, имеет габаритные размеры 460×250×370 мм и массу около 9 кг. Питается от сети 220 В и потребляет мощность не более 100 Вт.

Небольшие партии изделий можно получить сегодня!

Заказы направлять по адресу:

173000, г. Новгород, ул. Дмитриевская, 20. АО «Спектр»

Телефоны для справок: (816) 94-537; 76-461; 93-288

Факс: 72-652