

А Я. КЛОПОВ



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ДООАФ • МОСКВА - 1955

Библиотека Ладовед.
SCAN. Юрий Войкин
2010г.

А. Я. КЛОПОВ

ЧТО ТАКОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ
Москва — 1955

ВВЕДЕНИЕ

Все давно уже привыкли к радиовещанию, и радиоприемник стал неотъемлемой принадлежностью нашего быта. Но радиоприемник позволяет только слышать о том, как происходят события, сами же события остаются при этом невидимыми. Телевизор же позволяет не только слышать о том, как совершаются эти события, но и видеть их.

Телевизионная техника еще очень молода: первые телевизионные передачи сложных изображений вышли за пределы лабораторий менее чем 20 лет тому назад. Однако развитие этой молодой техники идет настолько быстро, что каждый день приносит с собой что-нибудь новое. Не так давно телевизионная антенна даже на крыше московского дома была редкостью, а сейчас телевизионные передачи уже смотрят в целом ряде городов Советского Союза. Над разработкой телевизионных устройств работает большое число высококвалифицированных специалистов, стремящихся возможно более полно удовлетворить возрастающие запросы требовательного советского телезрителя.

Наряду с этим и зрители желают ознакомиться с теми техническими способами и средствами, с помощью которых сцена театра, зеленое поле стадиона, концертная эстрада, совещание или съезд становятся обозримыми для миллионов зрителей.

Увеличивается число любителей телевидения, т. е. людей, стремящихся практически постигнуть тонкости радиопередачи и радиоприема изображений и внести в ее развитие свой, часто весьма ценный вклад. Можно назвать много известных специалистов, начавших свою работу в области телевизионной техники с разработки любительских конструкций. Первые попытки телевизионных передач в ряде городов Советского Союза принадлежат

энтузиастам — любителям телевидения. Немало удачных схем и конструкций, примененных в промышленных моделях телевизионных приемников, было подсказано любителями.

Очень велика культурно-воспитательная роль телевизионного вещания. Наше телевизионное вещание подчинено благородной цели сохранения и защиты мира, борьбы с пережитками старого и воспитания широких масс трудящихся в духе идей коммунистического общества.

Не менее велико значение телевидения в развитии нашей науки, техники и промышленности. То, что телевидение позволяет видеть события, по тем или иным причинам недоступные для непосредственного обозрения, включает в себе неисчерпаемые возможности.

Так, например, сложная хирургическая операция, производимая крупнейшими специалистами, становится благодаря телевизионному аппарату, помещенному над операционным столом, видимой во всех подробностях сотням будущих врачей. Без телевидения они узнали бы о ней только по рассказам или описаниям.

Телевизионный прибор, заключенный в специальное устройство и погруженный на дно океана, позволяет непосредственно наблюдать жизнь океана. Прибор более вынослив, чем человек, но даже если бы человек попал на такую глубину, как прибор, то без телевидения мы получили бы не видимую картину, а рассказ о субъективных впечатлениях, в лучшем случае подтвержденных фотоснимками.

В межпланетных полетах, которые могут стать реально осуществимыми в недалеком будущем, телевидение должно сыграть большую и важную роль. Изучив предварительно с помощью телевидения и других приборов обследуемые планеты, человек сможет отправиться в космический рейс.

Можно привести много и других примеров использования телевизионной техники. К числу их относится, например, так называемый видеотелефон, позволяющий не только слышать голос собеседника, но и видеть его самого. С помощью телевизионной установки можно одновременно во многих местах наблюдать ход производственного процесса и осуществлять оперативное управление им. Очень важно иметь возможность такого управления на крупных железнодорожных узлах, где непрерывное из-

менение обстановки часто не позволяет иметь ясную картину, не имея возможности непосредственно ее наблюдать.

Список примеров можно было бы продолжить и дальше, но даже из перечисленного ясно, что возможности, заключенные в телевизионной технике, огромны. И ясно также, что чем большее число людей овладеет знанием этой техники, тем быстрее и наиболее полно эти возможности могут быть использованы.

Большое значение имеет телевизионная техника и для укрепления обороноспособности нашей страны. Каждый может себе ясно представить, какое использование в армии, авиации, морском флоте может найти возможность видеть на расстоянии, причем видеть с помощью радио, т. е. в любое время дня и ночи, при любой погоде и в любых метеорологических условиях; необходимо лишь, чтобы наблюдаемый предмет был виден телевизионной системой в месте его расположения. Поэтому каждый член ДОСААФ должен поставить себе задачу ознакомиться с техникой телевидения. При первых шагах на пути этого знакомства ему может помочь настоящая книга.

знойной "передаче" изображения в электрический сигнал должен преобразовываться световой поток, отражаемый различными местами передаваемого изображения.

Глава первая

ПРИНЦИП ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Телевизионная техника занимается передачей изображений по радио или по проводам непосредственно с натуры или с пленки кинофильма.

Каждый знает, что любой предмет, если он не светится сам, можно видеть только при его освещении. Рассмотрим простой фотографический снимок, показанный на рис. 1. На нем изображена девочка, кормящая кур. Если отвлечься от содержания снимка и рассмотреть его не целиком, а по отдельным частям, то можно заметить, что весь этот снимок состоит из определенного сочетания отдельных участков, различных по своему оттенку. На снимке есть совершенно черные места, есть совсем белые и есть места промежуточных оттенков, расположенных в определенном порядке.

Рассмотреть данный, да и всякий другой фотоснимок можно лишь тогда, когда на него падает определенный поток света. Этот световой поток в той или иной степени отражается от снимка и часть его попадает в наш глаз.

Величина отраженного светового потока для различных мест рассматриваемого фотоснимка различна. Есть места, от которых световой поток почти не отражается, и такие места воспринимаются нами как очень темные или черные. Есть места, от которых отражается почти весь падающий на них световой поток, и они воспринимаются как белые. Все остальные места рассматриваются нами как имеющие тот или иной оттенок, в зависимости от величины отражаемого ими светового потока.

Из сказанного можно сделать следующий вывод: поскольку в телевидении передача изображений производится с помощью электрического сигнала, то при телеви-



Рис. 1.

Как известно, в электрическую энергию может быть преобразован любой другой вид энергии: механическая, тепловая, химическая и др. Точно так же и электрическая энергия всегда может быть превращена в механическую, тепловую, химическую или иную энергию любой другой формы.

Видимый глазом свет также является одной из форм существования энергии и может быть преобразован в любую ее форму, в том числе и в электрическую. Возможность преобразования энергии видимого света в электрическую энергию и используется в телевизионной технике.

Преобразование отражаемого передаваемым изображением светового потока в электрический сигнал основывается на использовании известного явления светозлектрического, или фотоэлектрического, эффекта. Это явление заключается в том, что если некоторые металлы, например калий, натрий, литий, рубидий, цезий, или их соединения или окиси освещать светом, то из них начинают вылетать электроны, которые и могут быть использованы для получения электрического напряжения. Для этой цели был разработан специальный прибор — так называемый фотозлемент.

Устройство фотозлемента очень несложно. В стеклянный баллон, из которого почти полностью выкачан воздух, помещается электрод, покрытый окисью какого-либо из перечисленных выше металлов или их соединений. Очень часто таким электродом служит просто часть стенки баллона. Этот электрод называется фотокатодом.

В другой части баллона помещается второй электрод, так называемый анод, изготовленный из металла, нечувствительного к действию света. Часто для этой цели

применяют никель. От анода и катода сделаны выводы наружу, и между ними создается небольшой электрический потенциал, поэтому анод по отношению к катоду находится под положительным напряжением (рис. 2).

Когда фотозлемент не освещен, между анодом и фотокатодом электрического тока практически нет. Если же фотокатод осветить, то во внешней цепи появится заметный

электрический ток, величина которого будет тем больше, чем сильнее освещен фотокатод. Таким образом с помощью фотозлемента можно превращать световой поток, отражаемый передаваемым изображением, в электрический сигнал.

Однако, если просто преобразовать весь световой поток, отражаемый каким-либо изображением, в электрический сигнал, то обратно превратить этот электрический сигнал в изображение на приемном экране оказалось бы

невозможным. В этом случае в общем полученном электрическом сигнале смешались бы все электрические сигналы от различных по своему оттенку мест изображения, и разделить их в телевизионном приемнике оказалось бы невозможным.

Каким же способом можно преобразовать световой поток от передаваемого изображения в электрический сигнал так, чтобы нельзя было в дальнейшем перепутать темные и светлые места этого изображения и расположить их затем на экране телевизора в соответствующем порядке? Для этого современная телевизионная техника использует способ так называемого поэлементного преобразования.

Посмотрим на фотографию рис. 3 и затем на эту же фотографию, показанную на рис. 4 в увеличенном виде. На маленькой фотографии все переходы от одного оттенка к другому кажутся плавными и каждое ее место кажется сплошным по своему оттенку. При рассмотрении же увеличенного снимка легко заметить, что весь он состоит из отдельных точек. Эти точки и есть не что иное, как элементы данного фотографического изображения. Легко заметить также, что если размеры точек достаточно малы по сравнению с общим размером снимка, то они практически незаметны, и снимок создает необходимое впечатление.

При телевизионной передаче изображение также разбивается на отдельные очень маленькие участки — элементы. Эти элементы достаточно малы для того, чтобы оттенок внутри каждого из них можно было считать одинаковым (рис. 5). Задача заключается в том, чтобы преобразовать световой поток от каждого отдельного элемента в свой отдельный электрический сигнал, передать его по радио или проводам и затем так же отдельно принять и преобразовать в соответствующее свечение соответствующей точки приемного экрана.

Число элементов, на которое разбивается изображение при телевизионной передаче, очень велико. Оно составляет несколько сотен тысяч, и передать одновременно все полученные от этих элементов электрические сигналы невозможно. Для этого потребовалось бы столько же сотен тысяч отдельных телевизионных радиостанций или столько же отдельных проводов между передатчиком и каждым телевизором.

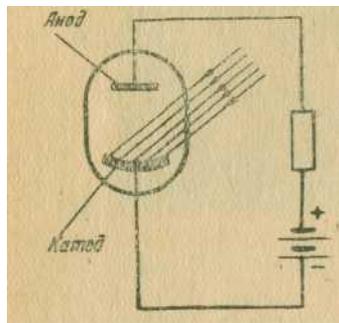


Рис. 2. Схема фотозлемента



Рис. 3

Рис. 4

Для того чтобы осуществить передачу телевизионного изображения с помощью только одного передатчика или с помощью только одной пары проводов, применяется поочередная или последовательная передача электри-

ческих сигналов от отдельных элементов передаваемого изображения. При такой передаче в электрический сигнал преобразуется не все изображение сразу, а отдельные его элементы, последовательно один за другим и в определенном порядке.

Передача изображения начинается с его левого верхнего угла, и первым преобразуется в электрический сигнал первый левый элемент верхнего ряда элементов. Затем преобразование происходит последовательно слева направо, один элемент за другим, по всему ряду элементов до правого края (рис. 6). При этом, как говорят в телевизионной **технике**, проходит первая строка развертки.



Рис. 5

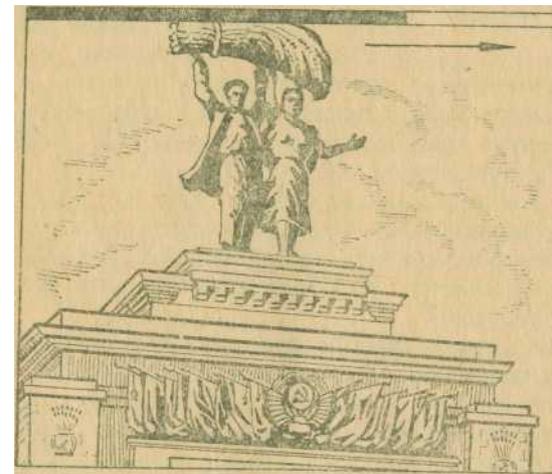


Рис. 6. Развертка первой строки

После того как произведено преобразование в электрический сигнал световых потоков от верхнего горизонтального ряда элементов, такой же операции подвергает-



Рис. 7. Изменение электрического сигнала изображения при развертке указанной строки

ся второй ряд элементов: развертывается вторая строка передаваемого изображения. По окончании развертки второй строки такая же операция производится с третьей строкой, затем с четвертой и т. д. После того как преобразованы в электрический сигнал все элементы последнего горизонтального ряда элементов передаваемого изображения, проходит один полный кадр телевизионной передачи, после чего весь процесс преобразования повторяется в том же порядке.

В результате такого преобразования получается электрический сигнал, непрерывно изменяющийся по своей величине в соответ-

ствии с изменением оттенков преобразуемых элементов передаваемого изображения. Пример изменения сигнала при развертке одной строки изображения, показанного на рис. 7, приведен внизу этого рисунка.

Естественно возникает вопрос: как же можно из такого электрического сигнала, который в каждый данный момент передает оттенок только одного какого-либо элемента передаваемого изображения, получить все изображения полностью?

При обратном преобразовании электрического сигнала в телевизионное изображение используется свойство человеческого глаза, которое известно под названием инерции зрительного ощущения; некоторые авторы называют его также явлением последовательных образов.

Это свойство глаза заключается в следующем. Предположим, что на каком-то темном экране мгновенно вспыхнула светлая точка. За то время, пока точка светилась, глаз накопил какое-то вполне определенное ощущение яркости ее свечения. Через некоторое небольшое время свечение точки прекратилось. Однако ощущение

свечения этой точки в глазу наблюдателя не исчезает сразу же после того, как точка в действительности перестала светиться, а сохраняется еще некоторое время и исчезает постепенно: глаз как бы стремится возможно дольше сохранить ощущение увиденного им свечения данной точки.

Предположим теперь, что через некоторое время эта точка засветилась снова. Если перерыв между двумя засветками большой, то глаз будет воспринимать их как отдельные точки. Если же время перерыва сделать настолько малым, чтобы к моменту следующей вспышки глаз не успел забыть предыдущее свечение, то вызываемое в глазу наблюдателя ощущение будет таким, как будто эта точка светится без перерыва. Это явление и используется при обратном преобразовании электрического сигнала в изображение на экране телевизора.

Предположим, что электрический сигнал, полученный от первого элемента передаваемого изображения, использован для засветки той точки приемного экрана, которая расположена на таком же его месте, на котором находится преобразованный в этот сигнал элемент передаваемого изображения. Яркость свечения при этом будем считать пропорциональной величине сигнала. Электрический сигнал от второго элемента изображения пусть засвечивает вторую такую же точку приемного экрана. Следующая, третья, точка экрана будет соответственно засвечена сигналом от третьего элемента передаваемого изображения и т. д. Допустим, что процесс засветки отдельных точек экрана продолжается в том же порядке до тех пор, пока не будут пройдены все элементы передаваемого изображения, т. е. пока не будет закончен полный телевизионный кадр передачи. В этом случае каждая точка приемного экрана будет однажды засвечена принимаемым электрическим сигналом и яркость каждой такой точки будет пропорциональна величине засвечивающего сигнала. Так как сам этот сигнал, в свою очередь, в каждый данный момент пропорционален оттенку передаваемого в этот момент элемента изображения, то яркость засветок отдельных точек приемного экрана будет воспроизводить распределение оттенков в передаваемом изображении.

Предположим, что процесс последовательной засветки приемного экрана повторяется в том же порядке, как

и в первый раз, и что вторичная засветка первой точкой; и последующих за ней точек приемного экрана происходит через такой короткий промежуток времени, что глаз еще сохраняет ощущение от предыдущей засветки данной точки, и все эти точки экрана будут казаться глазу светящимися непрерывно. Таким образом, несмотря на то, что в действительности в каждое данное мгновение освещается только одна какая-либо отдельная точка приемного экрана, впечатление у наблюдателя будет таким, как будто одновременно и непрерывно засвечивается весь экран.

Для различных наблюдателей частота повторения засветок, необходимая для получения ими ощущения слитного свечения, различна и для большинства людей с нормальным зрением составляет 10—20 раз в секунду. Таким образом, если последовательную засветку всех точек приемного экрана производить с помощью принимаемого электрического сигнала не менее, чем 20—25 раз в секунду, то зритель увидит на экране слитное изображение передаваемого предмета. Число последовательных засветок экрана, производимое за одну секунду, называется частотой повторения телевизионных кадров, или просто частотой кадров.

Однако, оказывается, что если засвечивать последовательно весь приемный экран 20—25 раз в секунду, то впечатление слитного свечения будет создано, но это свечение будет казаться мелькающим. Дело в том, что через $\frac{1}{10}$ или $\frac{1}{25}$ долю секунды впечатление свечения данной точки экрана сохраняется еще достаточно сильным для того, чтобы глаз о нем не забыл, но заметно ослабленным по сравнению с ее действительным свечением. Впечатление непрерывности свечения каждой данной точки при этом остается, но само ее свечение кажется глазу мигающим. Опыт показал, что для того, чтобы не было мигания, число последовательных засветок экрана телевизора должно быть не менее, чем 40—50 раз в секунду. В нашей телевизионной системе это число принято равным 50 засветкам в секунду.

Мы уже знаем, что один горизонтальный ряд элементов передаваемого изображения в телевидении называется строкой. При последовательном построчном преобразовании световых потоков отдельных элементов передаваемого изображения в соответствующие электриче-

ские сигналы и при обратном их преобразовании в последовательную засветку точек приемного экрана все передаваемое изображение покрывается сеткой строк и такой же сеткой строк покрывается весь экран приемной трубки. Эта сетка строк в телевизионной технике называется растром.

На какое число строк должно разбиваться телевизионное изображение, или, иначе, какое число строк должен содержать телевизионный растр?

Если вдуматься во все сказанное выше, то можно заметить, что чем большее число строк укладывается на передаваемом изображении, тем тоньше по своим размерам будет сама строка и тем меньшими будут при этом размеры каждого элемента. Но чем меньше элемент передаваемого изображения, тем выше станет четкость телевизионной передачи. Действительно, пусть размеры элементов, на которые разлагается передаваемое изображение, больше по своим размерам, чем размеры, занимаемые какой-либо деталью этого изображения. Это значит, что разнообразие световых оттенков, заключенных внутри этого элемента, будет передано как некоторый средний фон: никаких подробностей внутри этого элемента нельзя будет увидеть. Для того чтобы донести до зрителя детали этой части передаваемого изображения, нужно уменьшить размер элемента изображения, т. е. увеличить число строк в телевизионном растре.

Однако было бы ошибочным считать, что беспрерывное увеличение числа строк, на которое разбивается передаваемое изображение, будет беспрерывно увеличивать четкость изображения, воспроизводимого на приемном экране. Чем больше абсолютное значение числа строк, тем меньше сказывается увеличение их числа. Аппаратура при этом сильно усложняется, стоимость возрастает, производить настройку и регулировку становится значительно труднее, а ожидаемого улучшения принимаемого изображения получить не удастся. Поэтому каждому уровню развития телевизионной техники соответствует и определенное число строк разложения изображения. Так, в 1935—1940 гг. передаваемое изображение разлагалось на 343 строки, т. е. при кадрах в секунду, примерно, на 150 тысяч элементов. В 1940 году уровень телевизионной техники позволил принять решение о переходе к разложению на 441 строк

что должно было состояться в 1941 году. Число элементов при этом составляло бы около 250 тысяч.

Переход к разложению на увеличенное число строк был приостановлен начавшейся Отечественной войной. По окончании войны телевизионное вещание в конце 1945 года было возобновлено. Так как общий уровень развития техники и промышленности за время войны сильно возрос, то было принято решение о переходе к телевизионным передачам с разложением передаваемого изображения на 625 строк. Такое разложение соответствует разбивке передаваемого изображения более чем на 500 тысяч элементов. Для сравнения можно указать, что в США передаваемое изображение разбивается на 525 строк и в Англии на 405 строк. На большее, чем у нас, число строк в настоящее время телевизионное изображение разбивается во Франции.

Глава вторая

РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИГНАЛ

Первой операцией при передаче телевизионных изображений, как уже сказано, является разложение передаваемого изображения на большое число отдельных элементов и преобразование световых оттенков этих элементов в электрические сигналы соответствующей величины.

В качестве примера мы рассмотрели обычный черно-белый фотографический снимок, не упоминая о его цветовом составе, которым богато любое действительное изображение. Такой пример был выбран не случайно, так как осуществление цветных телевизионных передач в настоящее время еще находится в стадии разрешения.

Разложение передаваемого изображения на отдельные элементы в современных телевизионных системах производится с помощью так называемой передающей телевизионной трубки. В настоящее время существует несколько различных телевизионных передающих трубок, обладающих различными характеристиками и применяемых в различных случаях телевизионных передач.

Общим элементом для всех передающих телевизионных трубок является так называемая светочувствительная пластина, или мишень, выполняемая в различных трубках по-разному, но имеющая одинаковое назначение: превращение светового потока от спроектированного на нее оптического изображения передаваемого предмета в электрические импульсы соответствующей величины.

Чтобы можно было проще понять действие передающей телевизионной трубки, рассмотрим принцип дей-

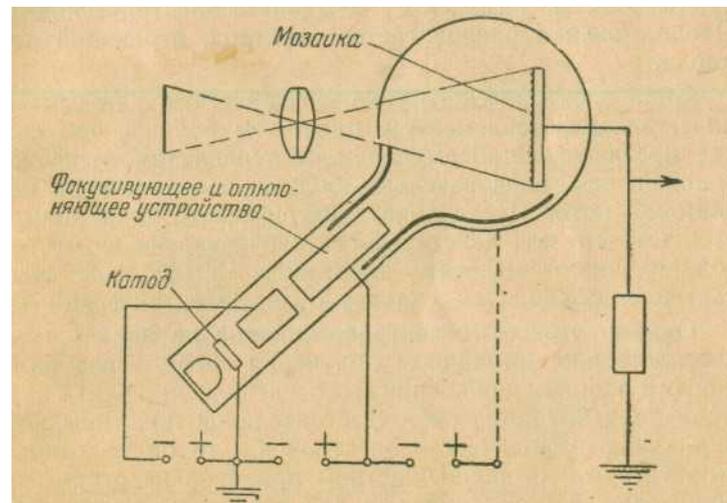


Рис. 8. Схематическое изображение иконоскопа

вия одной из них, называемой иконоскопом. Отметим, что иконоскоп, применяемый и по настоящее время, был первой передающей телевизионной трубкой, практически решившей вопрос о возможности осуществления высококачественной телевизионной передачи.

Светочувствительная пластина, или мишень, иконоскопа, называемая мозаикой (рис. 8), представляет собой тонкую слюдяную пластину, на одной стороне которой нанесено несколько миллионов изолированных друг от друга шариков чистого серебра, покрытых окисью металла цезия. Так как окись цезия чувствительна к действию света, то каждый такой шарик представляет собой как бы миниатюрный фотокатод элементарного фотоэлемента. Другая сторона слюдяной пластины, покрытая

специальным проводящим составом, образует с каждым шариком мозаики как бы элементарный конденсатор.

Предположим, что на светочувствительную сторону пластины спроектировано оптическое изображение передаваемой по телевидению сцены. Это значит, что на каждый участок этой стороны пластины падает определенный световой поток: маленький от темных мест и большой — от светлых.

Под действием светового потока шарики мозаики, покрытые окисью цезия, могут создавать электрический ток. Около мозаики располагается электрод, играющий роль анода.

Сила электрического тока, создаваемого каждым миниатюрным фотоэлементом, будет тем больше, чем светлее противостоящий ему элемент передаваемого изображения и чем, следовательно, больше падающий на него световой поток. Появление электрического тока вызывается тем, что под действием световой энергии из фотокатода начинают вылетать электроны. Чем больше вылетает электронов, тем сильнее будет электрический ток.

Однако этот фотоэлектрический ток не является непосредственно источником получения сигнала изображения, и механизм появления этого сигнала несколько иной. Если данный шарик светочувствительной пластины потерял какое-то количество электронов, то он по отношению к другой стороне пластины приобрел некоторый положительный потенциал, так как электроны имеют отрицательный заряд, и потеря шариком электронов делает его заряженным положительно. Так как число потерянных каждым шариком электронов пропорционально степени его освещенности передаваемых оптическим изображением, то через некоторое время распределение положительных потенциалов по поверхности мозаики иконоскопа будет в точности воспроизводить распределение световых оттенков в передаваемом изображении. Принято говорить, что на светочувствительной стороне пластины появляется электрическое изображение передаваемого предмета. Так как на этой стороне находится очень большое число отдельных миниатюрных фотокатодов, то все это электрическое изображение оказывается разделенным на такое же большое число отдельных элементарных участков.

Так получается разложение передаваемого изображе-

ния на большое число отдельных элементов и преобразование световой энергии, пропорциональной освещенности этих элементов, в электрические потенциалы на мозаике.

Для последовательного преобразования отдельных элементарных потенциалов в электрический сигнал в определенном порядке служит поток электронов, направляемый из узкого горла трубки на поверхность мозаики иконоскопа. Этот поток с помощью специального фоку-

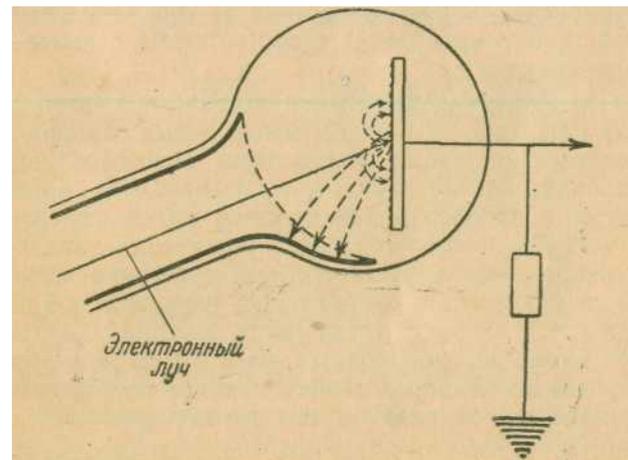


Рис. 9

сирующего устройства концентрируется на поверхности мозаики в узкий луч, который под действием постоянного положительного напряжения, подаваемого на специальный электрод (второй, или ускоряющий, анод), с силой ударяется о поверхность элементарных фотокатодов.

Под действием ударов электронов этого электронного потока из элементарных фотокатодов начинают вылетать электроны, число которых тем меньше, чем больше электронов потерял перед этим данный элементарный фотокатод в результате своего освещения оптическим изображением передаваемого предмета. Некоторая небольшая часть этих выбитых электронным лучом электронов, называемых вторичными электронами, улавливается анодом трубки и образует в ее внешней цепи электрический сигнал изображения (рис. 9).

Этот сигнал после необходимого усиления в соответ-

ствующем порядке передается телевизионной станцией для приема его телевизионными приемниками. Остальные вторичные электроны возвращаются обратно на мозаику передающей трубки и в большинстве случаев играют вредную роль, что является одним из основных недостатков иконоскопа. Поскольку число вторичных электронов, выбиваемых электронным лучом из каждого элементарного фотокатода и улавливаемых вторым анодом, зависит от степени освещенности этих фотокатодов, то и изменение электрического сигнала во внешней цепи передающей трубки происходит в соответствии с изменением этой освещенности.

Так как между отдельными шариками светочувствительной пластины, а также между этими шариками и противоположной стороной пластины имеется определенная величина утечки зарядов, то после ухода электронного луча с данного места мозаики на ее поверхности вновь устанавливается состояние равновесия зарядов, которое непрерывно нарушается под действием светового потока от оптического изображения передаваемой сцены. На мозаике к моменту следующего прихода электронного луча вновь воспроизводится электрическое изображение передаваемой сцены, и весь процесс преобразования повторяется раз за разом в том же порядке.

Для того чтобы осуществить последовательное преобразование элементов электрического изображения передаваемой сцены в соответствующие электрические сигналы, электронный луч должен перемещаться по поверхности мозаики в определенном порядке и с определенной скоростью.

Сечение электронного луча в месте соприкосновения его с поверхностью мозаики должно быть равно по своим линейным размерам размеру одного элемента изображения, или иначе говоря, диаметр сечения электронного луча в этом месте должен быть равен ширине одной строки.

Начиная преобразование электрического изображения передаваемой сцены в соответствующий электрический сигнал, электронный луч с помощью специальных отклоняющих устройств направляется в левый верхний угол светочувствительной пластины и затем равномерно перемещается вдоль ее верхнего края, прочерчивая при этом первую строку развертки. Дойдя до правого края

пластины, электронный луч быстро возвращается на ее левый край и повторяет свое горизонтальное перемещение, опустившись вниз на ширину одной, ранее прочерченной строки (рис. 10). По окончании второй строки развертки электронный луч продолжает двигаться по такому же строкам до тех пор, пока вся поверхность преобразуемого электрического изображения не покроется

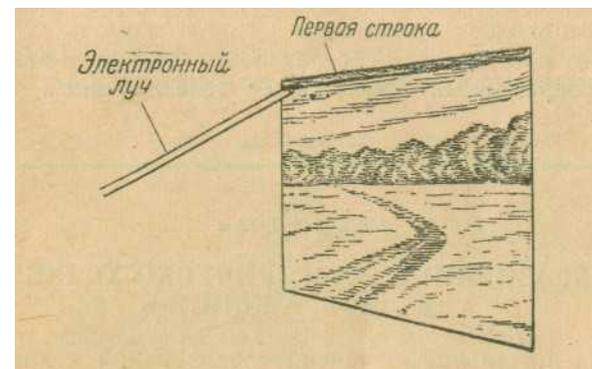


Рис. 10

сплошной сеткой строк. Этим заканчивается один полный кадр телевизионной передачи. После этого электронный луч снова быстро возвращается в левый верхний угол светочувствительной пластины, и процесс полностью повторяется строго в той же последовательности.

Так в передающей телевизионной трубке типа «иконоскоп» решается задача последовательного преобразования элементов передаваемого изображения в соответствующий электрический сигнал.

Иконоскоп был первым прибором, позволившим практически решить задачу телевидения в его современном представлении. Существенным недостатком иконоскопа является его небольшая чувствительность. Далее на основе тщательного изучения происходящих в иконоскопе весьма сложных процессов и, используя последующие достижения науки, техники и промышленности, был создан ряд новых передающих трубок.

Наиболее совершенной из этих трубок является в настоящее время так называемый суперортикон, или ортикон с переносом изображения. Процессы, происходящие в этой и других предшествующих ей трубках при

преобразовании оптического изображения передаваемой сцены в соответствующий электрический сигнал, отличаются значительно большей сложностью, чем в приведенном выше сильно упрощенном рассказе о принципе работы иконоскопа. Подробное описание этих процессов не входит в задачу настоящей книги. Однако сообщенные здесь первоначальные сведения о принципе работы иконоскопа, находящего в настоящее время еще достаточно широкое применение, могут помочь тем читателям, которые захотят детальнее ознакомиться с работой современных передающих телевизионных трубок.

Глава третья

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ИЗОБРАЖЕНИЕ

Если начальной задачей телевизионной техники является преобразование передаваемого изображения в электрический сигнал, то конечная цель телевидения заключается в обратном преобразовании телевизионного электрического сигнала в соответствующее изображение на приемном экране.

Для решения этой задачи в настоящее время служит телевизионная приемная трубка, известная также под названием кинескопа. Фотоснимок одной из современных приемных телевизионных трубок показан на рис. 11.

Простейшая телевизионная приемная трубка по внешнему виду напоминает воронку с закрытым верхом, являющимся тем экраном, на котором воспроизводится и рассматривается принимаемое телевизионное изображение.

С внутренней стороны экран трубки покрывается специальным составом—люминофором, представляющим собой по внешнему виду плотно осевший на поверхности стекла порошкообразный тонкий слой. Этот состав обладает способностью светиться, если о него с достаточной силой ударяются быстро движущиеся электроны, причем яркость свечения любой точки экрана при прочих равных условиях зависит от числа ударяющихся о слой электронов.

В узкой части трубки создается точно такой же поток электронов, как и в передающей трубке типа иконоскопа, и этот поток с еще большей, чем в иконоскопе, скоростью, направляется к экрану трубки и ударяется о покрывающий его слой люминофора. Как и в иконоскопе, у поверхности экрана поток электронов концентрируется в тонкий луч, сечение которого в месте соприкосновения его с поверхностью экрана равно ширине одной строки развертки.

В момент начала приема телевизионного изображения этот электронный луч при помощи специальных от-

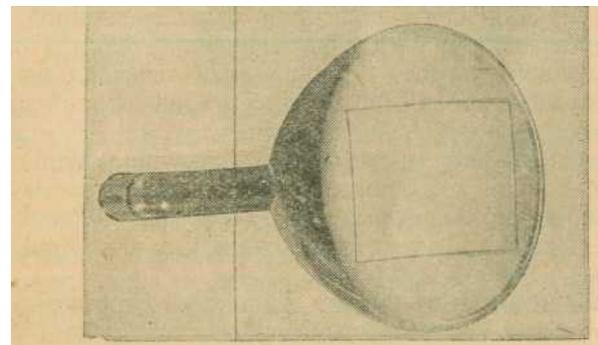


Рис. 11

Рис. 12

клоняющих устройств, подобных тем, какие имеются в схеме иконоскопа, направляется в левый верхний угол прямоугольника, вписанного в окружность экрана (рис. 12), и затем в строгом соответствии с движением электронного луча в передающей трубке начинает перемещаться по поверхности этого прямоугольника.

То место экрана приемной трубки, куда в данное мгновение падает электронный луч, начинает светиться. Яркость свечения будет пропорциональна числу электронов, находящихся в этот момент в электронном луче. Скорость движения всех электронов при этом должна быть строго постоянной.

Чтобы на экране приемной трубки можно было увидеть передаваемое изображение, необходимо, чтобы свечение отдельных точек экрана достаточно точно воспроизводило распределение светотеней в этом изображении. Нам уже известно, что распределение светотеней в опти-

ческом изображении передаваемой сцены, спроектированном на светочувствительную пластину передающей трубки, воспроизводится электрическим сигналом, а яркость свечения той или иной точки приемного экрана зависит от числа электронов в электронном луче. Поэтому для получения изображения на экране телевизора необходимо прежде всего иметь возможность регулировать число электронов в луче приемной трубки в зависимости от изменения величины принимаемого сигнала. Для этой цели в приемной трубке имеется специальный электрод, называемый модулятором, или управляющим электродом.

Роль управляющего электрода в телевизионной приемной трубке подобна роли управляющей сетки в обычной электронной лампе. Управляющий электрод регулирует число электронов, проходящих в электронной лампе от катода к ее аноду, а в приемной трубке — от катода к ее экрану, в зависимости от величины приложенного к нему напряжения. На управляющий электрод, точно так же как и на управляющую сетку лампы, подается постоянное смещение, на которое накладывается принимаемый сигнал изображения.

Предположим, что принят большой отрицательный сигнал, который соответствует темному месту изображений. В этом случае приемная трубка окажется почти запертой, число электронов, способных достигнуть поверхности экрана, будет очень мало. Свечение той точки экрана, на которую в данный момент падает электронный луч, будет практически отсутствовать: экран приемной трубки в этом месте наблюдателю будет казаться темным. Если же поступит большой положительный сигнал, соответствующий светлому месту передаваемого изображения, то общее отрицательное смещение на управляющем электроде трубки сильно уменьшится, число электронов, ударяющихся о люминофор экрана, окажется большим, и соответствующая точка экрана будет светиться ярко.

Таким образом, при подаче на управляющий электрод принятого электрического сигнала изображения, если этот сигнал имеет достаточную величину и необходимую полярность, свечение отдельных точек экрана воспроизведет распределение световых оттенков в передаваемом **изображении**.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ФОКУСИРОВКИ И ОТКЛОНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

Источником свободных электронов, необходимых для образования электронного луча, так же как и в обычных лампах, служит так называемый катод (рис. 13), обычно представляющий собой маленький полый цилиндр, покрытый снаружи специальным составом и подогреваемый изнутри до достаточно высокой температуры. При нагревании катода с его поверхности начинают вылетать свободные электроны, которые под притягивающим действием большого положительного напряжения, подаваемого на проводящий слой, нанесенный на боковые стороны внутренней поверхности колбы трубки (второй анод), устремляются к поверхности экрана.

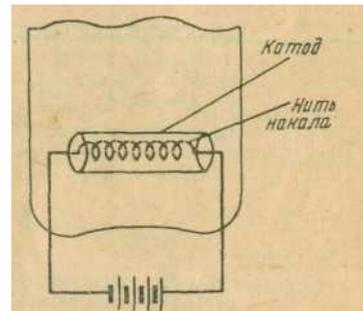


Рис. 13.

Так как электроны вылетают с поверхности катода широко расходящимся потоком, то для облегчения условий их дальнейшей концентрации, или, как принято говорить, для их фокусировки, на поверхности мишени передающей или на экране приемной трубки телевизора по пути их движения ставится перегородка с небольшим отверстием в центре (рис. 14), так называемая диафрагма. В некоторых типах трубок имеется несколько таких диафрагм, и все они располагаются по одной оси на определенном расстоянии одна от другой. Отверстия в центрах диафрагм очень невелики и поэтому через них проходит сравнительно узкий поток электронов.

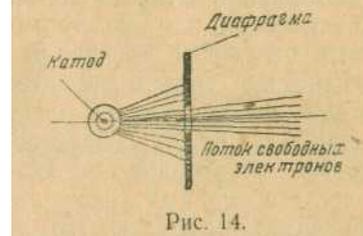


Рис. 14.

Следом за диафрагмой в приемных телевизионных

трубках помещается управляющий электрод, или модулятор.

Прошедший через отверстие в диафрагме электронный поток в результате взаимного отталкивания одинаково заряженных электронов стремится расширяться. Для того чтобы сконцентрировать этот поток в каком-либо определенном месте в тонкий пучок, применяются специальные фокусирующие устройства.

Действие фокусирующих устройств в передающих и приемных телевизионных трубках основывается на ис-

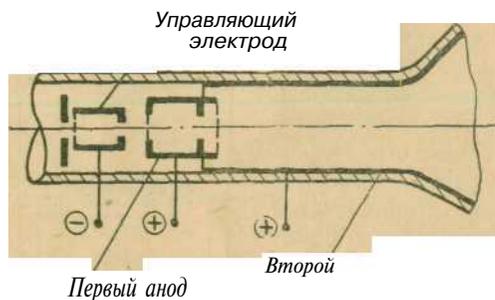


Рис. 15 Расположение фокусирующей системы в трубке с электростатической фокусировкой

пользовании влияния на движущийся электрон электростатических или электромагнитных полей. Чтобы заставить отдельные электроны в электронном потоке изменить свой путь и собраться в некотором месте в одну точку, фокусирующее электростатическое поле в телевизионных трубках создается при помощи специальной системы электродов, в которую входят: управляющий электрод, первый (фокусирующий) анод и второй (ускоряющий) анод (рис. 15). Ускоряющим анодом является электрод трубки, под действием положительного потенциала которого электроны перемещаются с необходимой скоростью по направлению к светочувствительной пластине (мишени) передающей трубки или по направлению к экрану приемной трубки телевизора.

На первый, фокусирующий анод также подается постоянное положительное напряжение. Это напряжение меньше по своей величине, чем ускоряющее напряжение на втором аноде, но оно имеет значительно большую ве-

личину, чем постоянное напряжение смещения на модуляторе. В результате такого распределения напряжений на электродах фокусирующей системы на всем пути движения электронного потока (от катода приемной трубки до ее экрана или от катода передающей трубки до ее мишени) создается система электростатических полей, под действием которых электрон проходит при своем движении сложный путь.

Если присмотреться внимательно к рис. 16, то можно заметить, что траектории движения электронов на пути

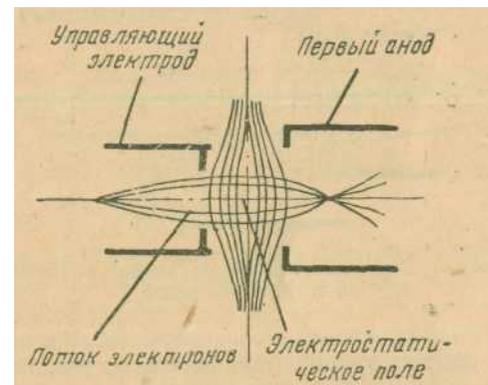


Рис. 16. Пути электронов в первой электроно-оптической линзе

от катода до э_края преобразующей пластины телевизионной трубки напоминают ход лучей в сложной оптической системе. Расходящийся пучок электронов, прошедших отверстие в диафрагме, собирается под действием электростатического поля между управляющим электродом и фокусирующим анодом в одну точку, и эта точка представляет собой как бы электроно-оптическое изображение катода. При дальнейшем своем движении электроны расходятся и затем вновь собираются в одну точку (рис. 17) под действием электростатического поля, создаваемого разностью потенциалов между фокусирующим и ускоряющим анодами. Положение этой второй точки зависит от соотношения потенциалов обоих анодов. Это соотношение можно подобрать таким, чтобы вторая точка, в которой собираются электроны, представляющая собой как бы оптическое изображение пер-

вой точки, совпала с поверхностью преобразующей пластины передающей трубки или с поверхностью экрана трубки телевизора. Подбор необходимого соотношения потенциалов на первом и втором анодах трубки достигается изменением потенциала первого анода, поэтому первый анод и называется фокусирующим. Потенциал

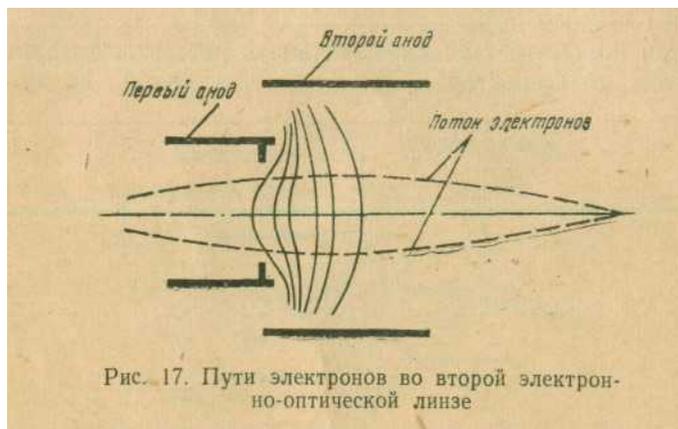


Рис. 17. Пути электронов во второй электро-оптической линзе

на втором аноде трубки сохраняется неизменным, благодаря чему скорость движения всех электронов электронного луча остается постоянной.

Телевизионные трубки, в которых для фокусировки электронного потока на поверхности мишени передающей трубки или на поверхности экрана приемной трубки используется действие на него электростатических полей, называются передающими или приемными трубками с электростатической фокусировкой.

Кроме электростатического способа фокусировки электронного луча, в телевизионных трубках широко применяется так называемый электромагнитный способ фокусировки, при котором используется действие на движущийся электрон сил электромагнитного поля.

Если на пути движения электронного потока после выхода его из отверстия диафрагмы поместить катушку индуктивности так, как показано на рис. 18, и пропустить через нее постоянный электрический ток, то направления движения электронов изменятся и станут такими, что все они пересекутся в одной точке. Получается такая же картина, какая имела бы место при прохожде-

нии светового луча через двояковыпуклую оптическую линзу.

Положение точки, в которой собираются электроны, можно менять, изменяя величину электромагнитного поля. Чем больше сила электромагнитного поля, тем ближе будет расположена эта точка к фокусирующей ка-

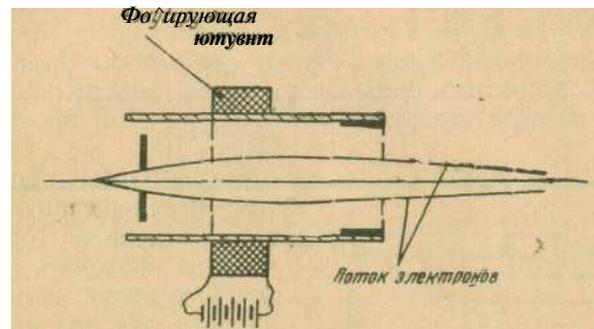


Рис. 18. Путь электронов в электромагнитном фокусирующем поле

89

тушке. При уменьшении силы электромагнитного поля траектории электронов будут пересекаться в более удаленной от фокусирующей катушки точке. Так как напряженность электромагнитного поля при данном числе витков фокусирующей катушки зависит от силы протекающего по этой катушке электрического тока, то путем соответствующего подбора величины этого тока электроны можно сфокусировать в точке на поверхности преобразующей пластины передающей трубки или внутренней поверхности экрана трубки телевизора.

Телевизионные трубки, в которых для фокусировки электронного луча используется действие на электронный поток сил электромагнитного поля, называются телевизионными трубками с электромагнитной фокусировкой.

В связи с тем, что траектории движения электронов в электростатических и электромагнитных фокусирующих полях напоминают ход световых лучей в оптических системах, фокусирующие системы в телевизионных трубках часто называют электронно-оптическими линзами.

Следующей после фокусировки операцией, которую необходимо осуществить в телевизионной трубке, являет-

ся перемещение электронного луча по поверхности преобразующей пластины передающей трубки или по поверхности экрана приемной трубки в определенном порядке и с определенной скоростью. Этот порядок, как раньше было установлено, должен быть следующим.

Электронный луч переводится в левый верхний угол пластины или экрана и затем двигается с постоянной скоростью по верхней кромке до правого края. При этом будет прочерчена первая строка развертки. Подойдя к правому краю пластины или экрана, электронный луч должен быстро вернуться к левому краю и прочертить

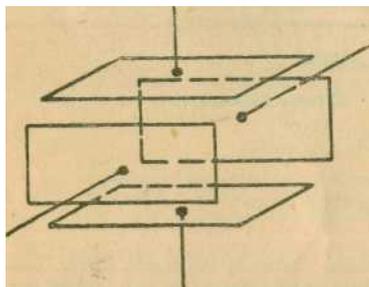


Рис. 19

точно так же вторую строку. Чтобы при втором перемещении электронного луча по горизонтали не проходить по ранее уже пройденному пути, этот луч при проходе второй строки должен опуститься вниз на ширину одной строки. То же самое должно произойти и при развертке третьей и всех последующих строк.

После того как электронный луч прочертит последнюю строку развертки телевизионного раstra, он должен быстро вернуться в первоначальное исходное положение в левый верхний угол экрана и развернуть следующий телевизионный кадр.

В трубках с электростатическим отклонением электронного луча на пути движения электронного потока помещают две пары плоскопараллельных пластин, расположенных взаимно перпендикулярно (рис. 19). Предположим, что на пару таких пластин, расположенных горизонтально, подается постоянное напряжение и положительный полюс этого напряжения находится на верхней пластине (рис. 20). Если в пространство между этими пластинами попадет движущийся электрон, то, отталкиваясь к пластине с положительным напряжением, он отклонится от своего первоначального пути и, выйдя из сферы действия отклоняющего поля пластин, попадет не в центр экрана или пластины, а несколько выше. Подби-

рая величину напряжения между пластинами, можно добиться того, чтобы электронный луч попал в верхнюю кромку прямоугольника пластины передающей трубки или экрана трубки телевизора (рис. 20). Пара пластин, с по-

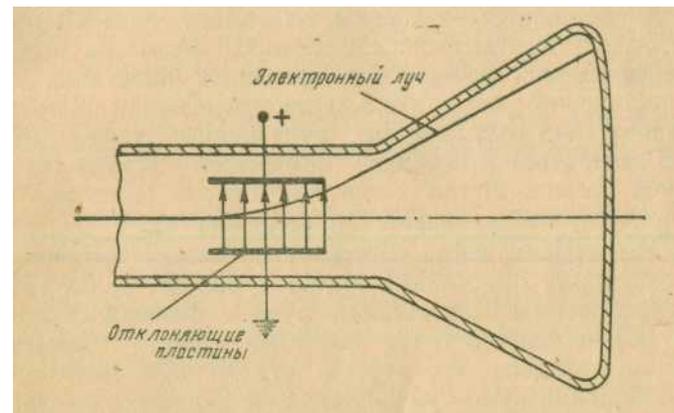


Рис. 20

мощью которых электронный луч может быть перемещен (отклонен) в-вертикальном направлении, называется вертикально отклоняющими пластинами, или кадровыми отклоняющими пластинами.

Предположим теперь, что на вторую пару отклоняющих пластин, расположенных в вертикальных плоскостях, также подано постоянное отклоняющее напряжение, полярность которого такова, что электронный луч сдвигается от центра экрана влево. Подбирая величину напряжения на этих пластинах, можно добиться, чтобы электронный луч, поднятый ранее с помощью кадровых отклоняющих пластин до уровня верхней кромки прямоугольника приемного экрана, оказался в левом его углу. Эта пара пластин называется горизонтально отклоняющими пластинами, или строчными отклоняющими пластинами.

В дальнейшем для простоты изложения будем рассматривать движение электронного луча по экрану только приемной трубки и подразумевать, что все выводы и заключения одинаково справедливы и для отклонения электронного луча по преобразующей пластине передаю-

шей трубки. В случаях, где это необходимо, будут сделаны соответствующие оговорки.

Предположим еще раз, что после того как на кадровых и строчных отклоняющих пластинах подобраны такие величины постоянных напряжений, при которых точка, где собираются электроны, оказалась совмещенной с левым верхним углом прямоугольника приемного экрана, напряжение на строчных отклоняющих пластинах начнет постепенно уменьшаться. При уменьшении этого напряжения след электронного луча начнет также постепенно смещаться к середине приемного экрана по его верхней кромке. Легко заметить, что это движение будет происходить по первой строке-развертки.

В тот момент, когда напряжение между строчными отклоняющими пластинами станет равным нулю, точка соприкосновения электронного луча с поверхностью экрана (иначе говоря, точка свечения экрана) окажется ровно на середине его первой строки. Для того чтобы электронный луч мог продолжать свое движение по строке дальше, необходимо, чтобы напряжение между пластинами продолжало также меняться, но уже в сторону отрицательных значений. Когда это отрицательное значение отклоняющего напряжения станет по своей абсолютной величине таким же, как и его положительное значение в начале движения электронного луча по первой строке развертки, след электронного луча окажется в конце первой строки.

Характер изменения напряжения между строчными отклоняющими пластинами показан на рис. 21, на котором видно, что это напряжение меняется линейно от некоторого определенного положительного значения до такого же по величине отрицательного значения.

Пусть теперь напряжение между горизонтально отклоняющими пластинами вернулось к своей первоначальной положительной величине. Если при этом ничего не менять, то след электронного луча снова окажется в том же левом верх-

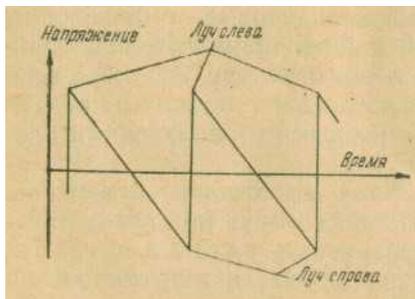


Рис. 21

нем углу прямоугольника экрана и при таком же характере изменения напряжения на строчных отклоняющих пластинах, как и раньше, след электронного луча пройдет по прежнему пути.

Предположим теперь, что в то время, когда происходило скачкообразное изменение напряжения на строчных отклоняющих пластинах, одновременно несколько уменьшилось и напряжение на пластинах, отклоняющих электронный луч по вертикали. Это уменьшение должно быть таким, чтобы при следующем горизонтальном перемещении электронный луч прочертил следующую строку развертки.

Для того чтобы электронный луч с каждой новой строкой постепенно опускался вниз, необходимо, чтобы напряжение на кадровых отклоняющих пластинах также постепенно менялось от некоторого наибольшего своего положительного значения до такого же по величине отрицательного значения.

Таким образом, если периодически менять напряжение на строчных отклоняющих пластинах от наибольшего положительного значения этого напряжения до такого же по величине отрицательного напряжения и затем быстро возвращать это напряжение к его первоначальной величине, то можно заставить электронный луч двигаться по горизонтали слева направо с заданной равномерной скоростью и быстро возвращать его обратно к левому краю экрана. Если же при этом путем соответствующего уменьшения напряжения на кадровых отклоняющих пластинах каждый раз опускать электронный луч вниз на ширину одной строки, то последовательное движение электронного луча по горизонтали позволит покрыть всю поверхность экрана сплошной сеткой строк.

В тот момент, когда на строчных и кадровых отклоняющих пластинах будут действовать наибольшие по величине отрицательные значения отклоняющих напряжений, электронный луч окажется в правом нижнем углу прямоугольника экрана: в этот момент будет закончена развертка одного телевизионного кадра. После этого весь процесс развертки изображения повторяется в том же порядке.

Графически зависимость напряжений на строчных и кадровых отклоняющих пластинах от времени показана

на рис. 22. Из рисунка видно, что напряжение на строчных отклоняющих пластинах должно меняться по закону напоминающему зубья пилы, и поэтому принято говорить, что отклоняющее напряжение меняется по пилообразному закону. Напряжение на кадровых отклоняющих пластинах также должно меняться по пилообразному за-

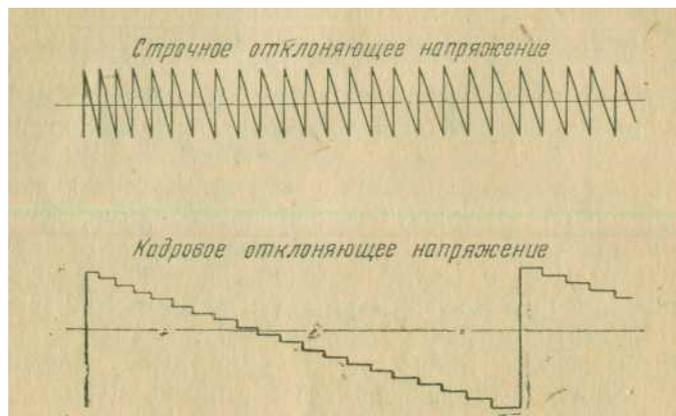


Рис. 22

кону, но зубья кадровой пилы напряжения должны быть не гладкими, а ступенчатыми. Длительность каждой ступеньки во времени должна быть при этом равна длительности развертки одной строки, а перепад напряжения между ними должен быть таким, чтобы электронный луч каждый раз опускался вниз на ширину одной строки развертки.

Получить отклоняющее напряжение, изменяющееся скачкообразно, вполне возможно. Однако вся телевизионная аппаратура получается более простой, если кадровое отклоняющее напряжение будет меняться по такому же закону, как напряжение, отклоняющее по строкам. Именно такое напряжение, одинаковое по своей форме для строчной и кадровой развертки, применяется современной телевизионной техникой для отклонения электронного луча по мишени передающей трубки и по поверхности экрана трубки телевизора (рис. 23).

В том случае, когда для перемещения электронного луча по поверхности экрана приемной трубки (или для

перемещения его по поверхности пластины передающей трубки) используется действие на электронный луч сил электромагнитного поля, по такому же пилообразному закону должна меняться величина электрического тока, создающего отклоняющее электромагнитное поле.

Так же как и при электромагнитном способе фокусировки электронного луча, отклоняющее электромагнит-

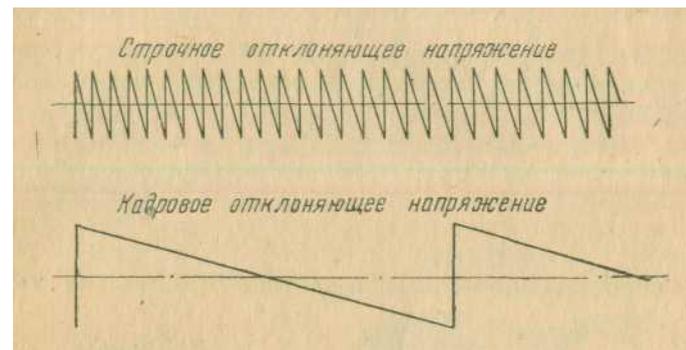


Рис. 23

ное поле создается с помощью катушек индуктивности, через которые пропускается электрический ток.

Предположим, что на горло трубки, в том ее месте, где при электростатическом отклонении электронного луча помещаются строчные отклоняющие пластины, расположены две катушки индуктивности так, как показано на рис. 24. Во внутреннем пространстве между этими катушками будут действовать силы электромагнитного поля, и электрон, попавший в зону их действия, отклонится от своего первоначального пути. Чем сильнее действие поля, тем больше будет это отклонение, и при определенной величине этого поля след электронного луча может быть выведен на верхнюю кромку прямоугольника, вписанного в окружность экрана трубки.

С помощью второй такой же пары отклоняющих катушек электронный луч перемещается в левый верхний угол этого Прямоугольника, после чего он начинает свое движение при последовательном просмотре передаваемого или воспроизводимого изображения в установленном

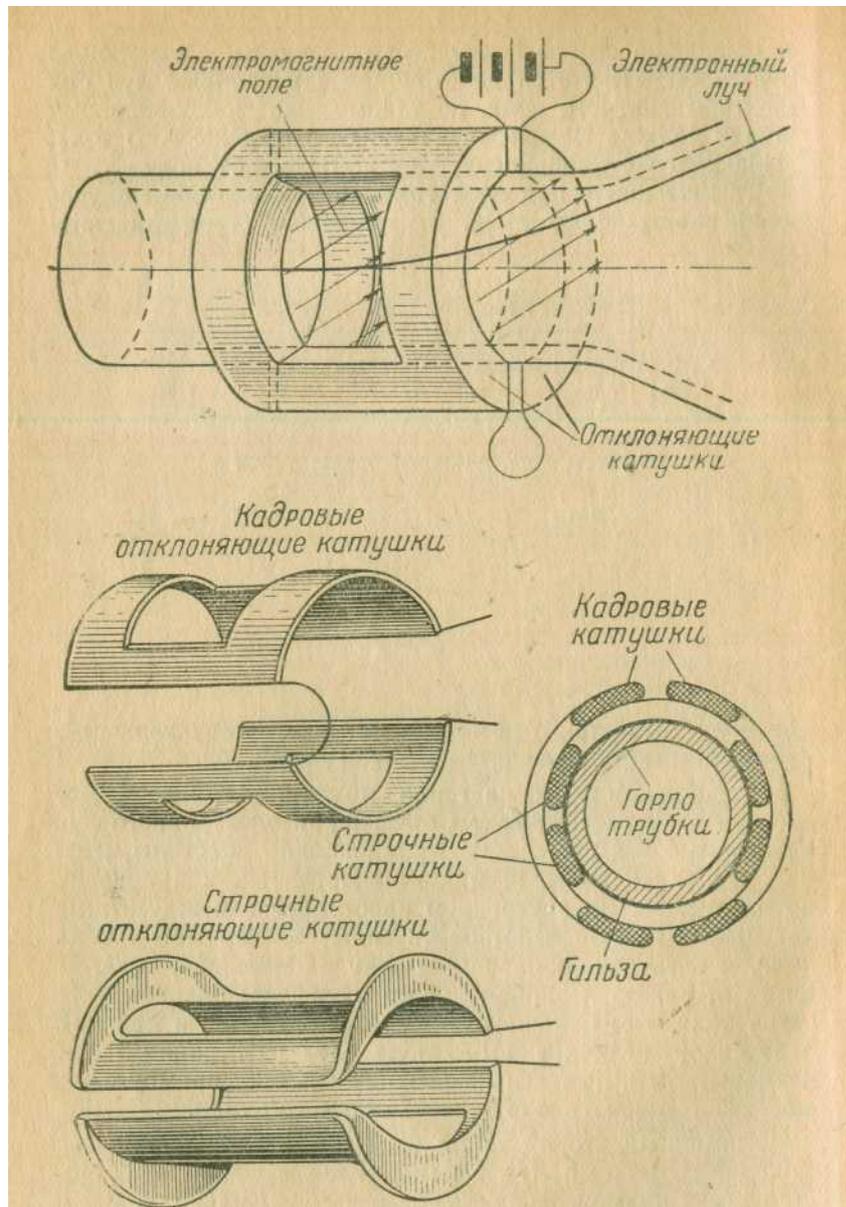


Рис. 24. Общий вид и взаимное расположение отклоняющих катушек

порядке. Общий вид строчных и кадровых отклоняющих катушек и их взаимное расположение на горле трубки показано на рис. 24.

Дальнейшее рассмотрение процесса электромагнитного отклонения электронного луча приведет к такому же заключению о законе изменения отклоняющего тока, к которому привели исследования процесса электростатического отклонения в отношении закона изменения отклоняющих напряжений, т. е. что токи, протекающие через отклоняющие катушки, должны иметь форму пилы с наклонными зубьями. Частота повторения зубьев кадрового отклоняющего тока, так же как и кадрового отклоняющего напряжения, должна быть равна числу полных засветок экрана за одну секунду, а частота строчного отклоняющего тока или отклоняющего напряжения должна быть во столько раз больше кадровой частоты, сколько строк укладывается при каждой засветке экрана.

Глава пятая

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЛООБРАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПИЛООБРАЗНЫХ ТОКОВ

В настоящее время существует большое количество различных схем, с помощью которых можно получить пилообразный закон изменения электрического напряжения или изменяющийся по пилообразному закону электрический ток. Однако во всех "случаях тем или иным способом используют или явление последовательного заряда конденсатора для получения пилообразного напряжения, или явление постепенного нарастания тока через индуктивность, когда хотят получить пилообразный ток. В ряде схем для получения пилообразного тока используются одновременно оба эти явления.

Не имея возможности рассматривать большое число возможных способов получения пилообразных напряжений, ознакомимся лишь с тем, как происходит накопление заряда на конденсаторе и нарастание напряжения на нем, если этот конденсатор подключен через сопротивление к источнику электрического напряжения

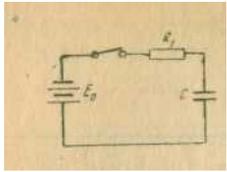


Рис. 25

(рис. 25). Пусть в начальный момент источник напряжения отключен и на конденсаторе нет никакого напряжения. После того как подключен источник напряжения, конденсатор начнет постепенно заряжаться, и напряжение на нем в первое время нарастает практически по линейному закону (рис. 26). По мере того как заряд на конденсаторе возрастает, скорость роста напряжения на нем начинает постепенно убывать.

Предположим, что в некоторый момент времени, когда напряжение на конденсаторе возрастает еще доста-

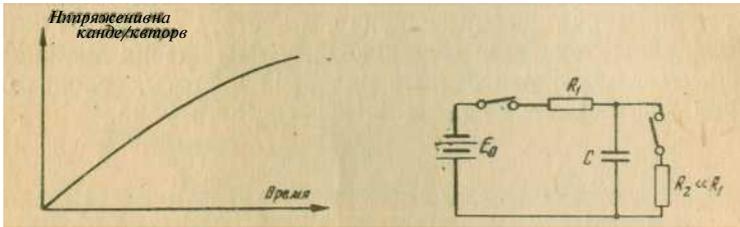


Рис. 26

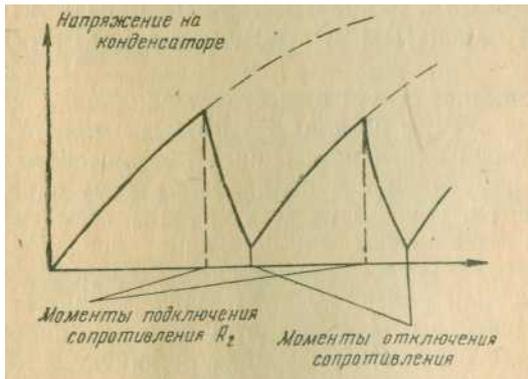


Рис. 28

точно быстро, параллельно конденсатору подключается небольшое сопротивление, во много раз меньшее, чем сопротивление, через которое происходит заряд (рис. 27). Как только будет подключено это сопротивление, немед-

ленно начнется быстрый разряд конденсатора, и напряжение на нем быстро упадет. Если затем отключить это сопротивление и через некоторое время снова подключить, то изменение напряжения на конденсаторе будет иметь пилообразный характер (рис. 28).

Одной из классических схем, по которой производится переключение конденсатора от режима заряда к ре-

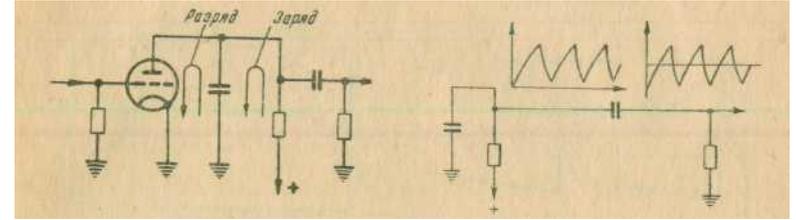


Рис. 29. Схема разрядной лампы

Рис. 30. Форма напряжения на выходе разрядной лампы

жиму разряда, является так называемая схема с разрядной лампой, показанная на рис. 29.

Предположим, что лампа заперта каким-либо внешним отрицательным напряжением. Тогда постепенный заряд конденсатора будет происходить через сопротивление, соединяющее его с источником питания. Когда напряжение на конденсаторе достигает необходимой величины, лампа открывается каким-либо другим внешним положительным напряжением и сразу же начинается быстрый разряд конденсатора через лампу. Этот процесс периодически повторяется, в результате чего получается напряжение пилообразной формы, которое после соответствующего усиления может быть подано на отклоняющие пластины приемкой телевизионной трубки для отклонения электронного луча (рис. 30).

Для получения напряжения, управляющего разрядной лампой, может быть использован целый ряд различных схем, из которых распространенное применение имеют так называемые схемы несимметричного мультивибратора и бло'кинг-генераторы, подробно описанные в имеющейся литературе по радиотехнике и телевизионии. Формы создаваемых ими напряжений показаны на рис. 31.

Получение переменного электрического тока, меняющегося по пилообразному закону, основано на том, что ток через индуктивность не может возникнуть скачком, а всегда будет нарастать постепенно.

Предположим, что по схеме, показанной на рис. 32, соединены последовательно источник электрического напряжения, сопротивление и индуктивность и цепь вре-

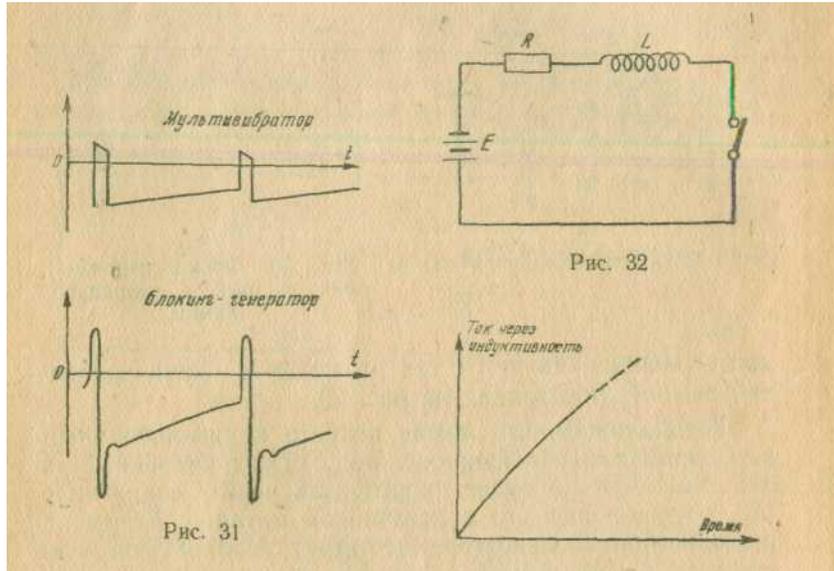


Рис. 32

Рис. 33

менно разомкнута с помощью выключателя. В тот момент, когда цепь будет замкнута, в индуктивности начнет протекать постепенно нарастающий по величине ток. Закон изменения этого тока во времени будет таким же, как и закон изменения напряжения на зарядной емкости (рис. 33). Предположим теперь, что в некоторый момент времени индуктивность шунтируется небольшим сопротивлением. Электрическая энергия, накопленная в индуктивности, начнет быстро расходоваться на нагрев этого сопротивления, и сила тока через индуктивность резко уменьшится. Если подключение и отключение шунтирующего сопротивления производить в определенном порядке, то через индуктивность будет протекать пере-

менный электрический ток пилообразной формы. Переключение производится также с помощью одной или нескольких ламп, многочисленные способы использования которых для этой цели широко освещены в литературе.

Следует отметить, что если большинство применяемых на практике способов получения пилообразного напряжения близко к описанному выше классическому спо-

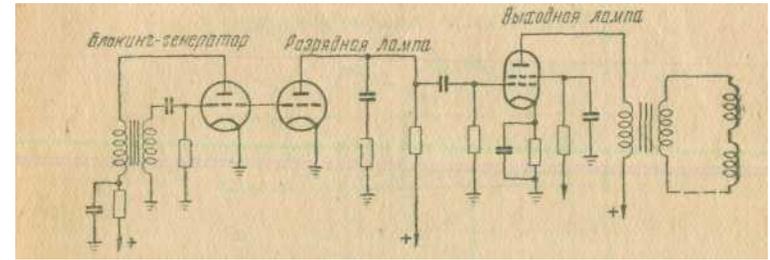


Рис. 34. Принципиальная схема генератора пилообразного тока для строчной развертки

сому, то получение пилообразного тока часто осуществляется по схемам, заметно отличающимся от классической, хотя основной принцип остается при этом неизменным. Так как это' полезно будет при знакомстве в дальнейшем с элементами современных телевизионных приемников, рассмотрим несколько более подробно одну из часто применяемых схем генератора пилообразного тока, показанную на рис. 34.

Генератор выполнен на трех лампах. Первая из этих ламп является лампой так называемого блокинг-генератора, создающего управляющее напряжение, показанное на рис. 31. Как можно видеть из этого рисунка, это напряжение состоит из сравнительно большого отрицательного напряжения, периодически прерываемого короткими положительными импульсами.

Переменное напряжение с блокинг-генератора подается на сетку разрядной лампы, в анодную цепь которой включен зарядный конденсатор. Эта часть схемы повторяет описанный выше классический способ получения пилообразного напряжения и отличается от него лишь тем, что последовательно с зарядной емкостью включено сопротивление.

Под действием отрицательной части "напряжения, по-

ступающего от блокинг-генератора, [разрядная лампа длительное время заперта, и в это время происходит заряд конденсатора, включенного в ее анодную цепь. В тот момент, когда блокинг-генератор вырабатывает короткий положительный импульс, разрядная лампа открывается, происходит быстрый разряд конденсатора и

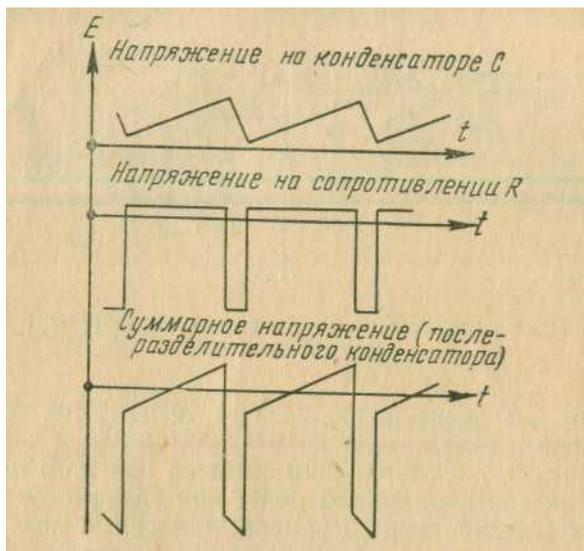


Рис. 35. Форма напряжения, подаваемая на сетку выходной лампы

напряжение на нем резко падает. На самом конденсаторе напряжение имеет такой же пилообразный характер, как и в нормальном генераторе пилообразного напряжения, но ток разряда конденсатора на включенном последовательно с ним сопротивлении образует большой отрицательный импульс, и суммарное напряжение на цепочке, состоящей из емкости и сопротивления, имеет вид, показанный на рис. 35.

Это комбинированное напряжение подается на сетку третьей, выходной лампы.

На сетке выходной лампы действует нормальное постоянное смещение. В анодную цепь лампы, обычно через понижающий трансформатор, включены отклоняющие катушки.

Пока на сетке лампы действует пилообразная часть комбинированного управляющего напряжения, лампа открыта, и через индуктивность, включенную в ее анодную цепь, а следовательно, и через отклоняющие катушки протекает постепенно нарастающий по величине электрический ток. В момент, когда на сетку выходной лампы

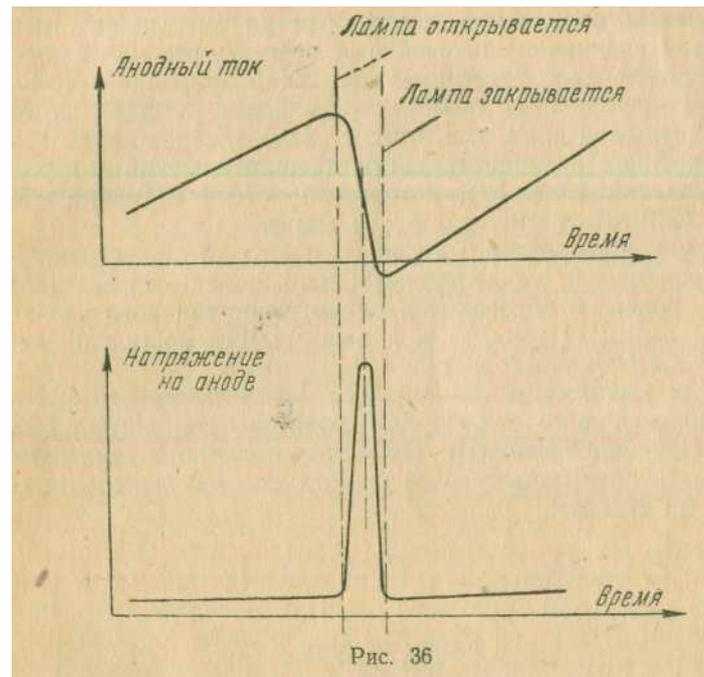


Рис. 36

поступает отрицательный импульс комбинированного управляющего напряжения, лампа толчком закрывается и ее анодная цепь оказывается разорванной. Так как через индуктивность до этого времени протекал электрический ток, то в момент разрыва цепи этого тока в индуктивности остался вполне определенный запас энергии, которая бесследно исчезнуть не может. Этот запас энергии должен быть израсходован на потери в оставшейся части анодной цепи.

Пока лампа была открыта, ее внутреннее сопротивление шунтировало колебательный контур, образованный эквивалентной индуктивностью и ее собственной

распределенной емкостью и емкостью монтажа, и контур имел при этом настолько большое затухание, что превращался в апериодическую цепь, т. е. в такую цепь, в которой не могут возникнуть собственные колебания. Именно это обстоятельство и позволяет получить плавное нарастание тока в отклоняющих катушках. Однако в тот момент, когда закрывается лампа, затухание эквивалентного анодного контура резко уменьшается и в контуре возникают интенсивные собственные колебания. Возникновение собственных колебаний приводит к тому, что ток через индуктивность резко падает и может даже изменить свой знак, т. е. потечет в противоположном направлении, а на индуктивности возникнет резкий импульс напряжения (рис. 36), который по своей величине может достигать несколько тысяч вольт.

Окончание действия отрицательного импульса комбинированного управляющего напряжения прекращает этот процесс и переводит к режиму постепенного увеличения анодного тока, т. е. к режиму получения рабочей части пилообразного тока.

Для увеличения устойчивости и эффективности работы генератора в его схему вводятся дополнительные регулирующие элементы. Генератор подобного типа применяется преимущественно для отклонения электронного луча по строкам.

Глава шестая

СОГЛАСОВАНИЕ РАЗВЕРТОК В ПЕРЕДАЮЩЕЙ И ПРИЕМНОЙ ТРУБКАХ

Раньше чем перейти к рассмотрению следующих элементов телевизионной системы, целесообразно подвести некоторые итоги, которые заключаются в следующем:

1) при телевизионной передаче изображение разбивается на большое число отдельных элементов;

2) преобразование световых потоков, отражаемых отдельными элементами передаваемого изображения, в электрический сигнал производится последовательно в определенном порядке и с определенной скоростью. Это преобразование осуществляется с помощью электронного

луча, перемещающегося в установленном порядке по поверхности преобразующей пластины (мишени) передающей трубки, «а которую спроектировано оптическое изображение передаваемой сцены;

3) воспроизведение телевизионного изображения на экране приемной трубки производится с помощью такого же электронного луча, засвечивающего отдельные точки экрана в той же последовательности, в какой происходит преобразование передаваемого изображения в электрический сигнал;

4) для перемещения электронного луча по поверхности пластины передающей трубки или по поверхности экрана приемной трубки, необходимо управлять этим лучом электрическими отклоняющими силами вполне определенной формы;

5) для получения на экране приемной трубки такого же изображения, какое передается телевизионной радиостанцией, надо чтобы электронный луч в приемной трубке перемещался по ее экрану в точном соответствии с перемещением электронного луча в трубке передатчика. Только в этом случае распределение яркости свечения отдельных точек приемного экрана будет точно воспроизводить распределение оттенков в передаваемом изображении.

Как уже было установлено, движение электронных лучей в передающей и приемной трубках осуществляется с помощью специальных отклоняющих систем, которые питаются пилообразным током или пилообразным напряжением. Так как генераторы пилообразного тока или пилообразного напряжения в телевизоре непосредственно не связаны с соответствующими генераторами в телевизионном передатчике и обеспечить необходимую согласованность регулировкой в самом телевизоре практически невозможно, то управление движением электронного луча по экрану приемной трубки в современных телевизионных системах производится с помощью специальных сигналов, передаваемых вместе с сигналом изображения.

Чтобы ясно представлять, как осуществляется такое управление, обратим внимание на два следующих обстоятельства.

Первое заключается в том, что с точки зрения преобразования элементов передаваемого изображения в

электрический сигнал возвращение электронного луча от конца предыдущей строки к началу последующего кадра последующей строки и от конца предыдущего кадра должно быть мгновенным, так как это нерабочий ход луча и замедление его движения в это время может испортить принимаемое изображение. В телевидении это возвратное движение луча называют обратным ходом строчной или кадровой развертки, в отличие от его прямого хода, во время которого производится создание электрического сигнала в трубке передатчика или воспроизведение телевизионного изображения на экране приемной трубки.

Второе обстоятельство состоит в том, что возвращение луча к началу следующей строки или к началу следующего кадра происходит в действительности не мгновенно, а в течение некоторого, хотя и небольшого, но вполне определенного времени, так как способы получения отклоняющих токов и напряжений не позволяют сделать время обратного хода равным нулю. Следовательно, электронный луч при своем возвратном перемещении от строки к строке и от кадра к кадру, будет оставлять на экране трубки СВОЙ след. Это обстоятельство не играло бы сколько-нибудь серьезной роли, если бы можно было управлять законом движения электронного луча во время обратного хода. Однако оказывается, что если всегда можно добиться перемещения электронного луча по необходимому закону во время его прямого хода вдоль строки или вдоль кадра, то закон его обратного перемещения всегда будет при этом совершенно произвольным. Можно добиться лишь того, чтобы время, занимаемое этим возвратным движением, не превышало некоторой определенной величины.

В связи со всем сказанным выше в современной телевизионной технике делается так, что на то время, пока электронный луч совершает возвратное движение от конца одной строки к началу другой и от конца одного кадра к началу другого, на управляющий электрод трубки подается достаточно большое отрицательное напряжение, под действием которого поток электронов останавливается и электронный луч, как говорят, «гаснет». Свечение экрана в это время отсутствует.

Гашение луча во время обратного хода строчной и кадровой разверток осуществляется следующим способом.

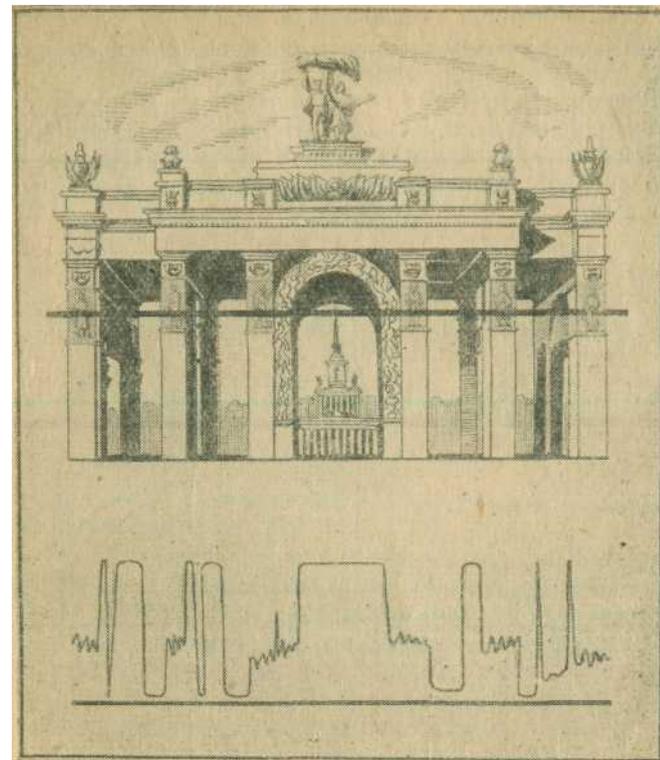


Рис. 37. Изменение сигнала изображен л

Изменение величины сигнала, порченного при развертке какой-либо одной строки передаваемого изображения (рис. 37), происходит так, что самому светлому месту изображения соответствует наименьшее его значение, а сигнал от самого темного места изображения имеет наибольшую величину. Это означает, что самый большой сигнал изображения будет соответствовать черному его месту.

Предположим теперь, что по окончании передачи данной строки, на время, пока электронный луч переходит на противоположную сторону экрана трубки, на управляющий электрод трубки подается сигнал постоянной величины (рис. 38), равный сигналу от черного элемента изображения. Это значит, что экран трубки на это вре-

ля будет погашен, и возвратное движение электронного луча не оставит на экране никакого видимого глазом следа. По окончании возвратного движения электронного луча гасящий сигнал прекращается и начинается передача сигнала, полученного от преобразования элементов изображения его следующей строки. Передача гасящего сигнала производится во всех промежутках между строками.

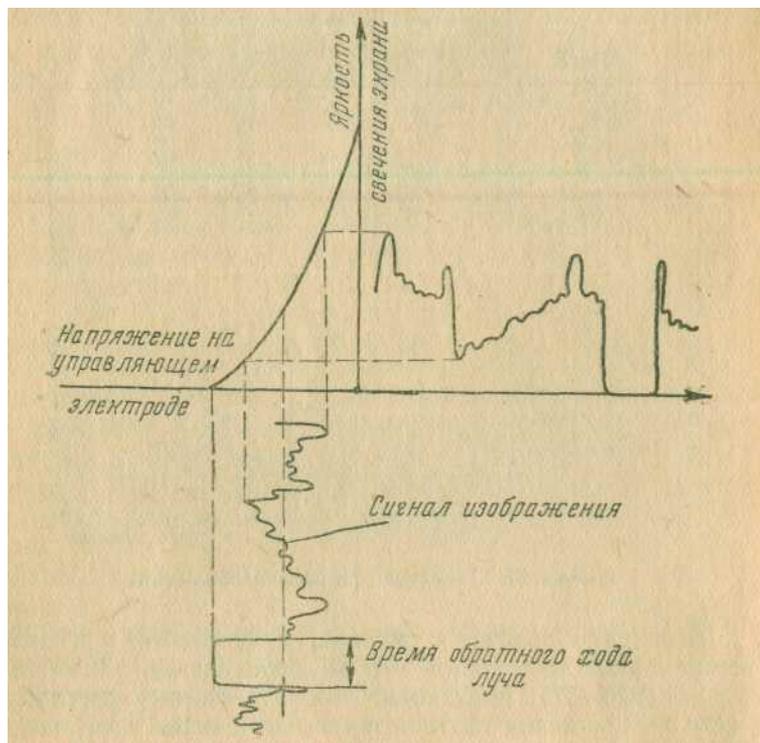


Рис. 38. Зависимость яркости свечения экрана от величины подаваемого сигнала

Такой же гасящий сигнал, но только значительно большей длительности, передается и в каждом перерыве между двумя соседними кадрами. Эти сигналы носят название, соответственно, кадровых и строчных гасящих импульсов. Так как по своей величине они равны электрическим сигналам от черных мест изображения, то говорят, что гасящие импульсы передаются на «уровне черного».

Для того чтобы перемещение электронного луча по экрану приемной трубки было строго согласовано с перемещением электронного луча в трубке передатчика, нужно, чтобы каждая данная строка и каждый данный кадр развертки на экране трубки телевизора начинались

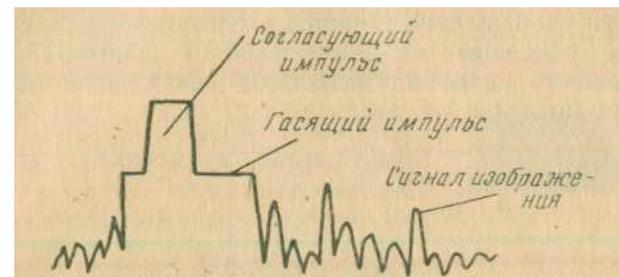


Рис. 39

и кончались в соответствии с их началом и концом в передающей трубке.

Для этой цели в промежутках между каждыми двумя соседними строками и между каждыми двумя соседними кадрами передаются специальные сигналы почти прямоугольной формы, называемые согласующими, или синхронизирующими, импульсами (рис. 39). Для того чтобы эти импульсы не портили принимаемого изображения и чтобы их всегда можно было уверенно отделить от основного сигнала изображения, величина их делается больше, чем величина гасящих импульсов, и синхронизирующие импульсы помещаются на гасящих импульсах как на своеобразных подставках. Поскольку гасящий импульс соответствует самому черному месту пере-

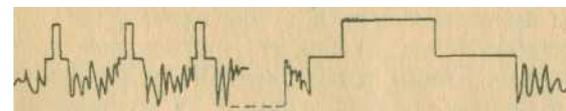


Рис. 40

даваемого изображения, а синхронизирующие импульсы имеют еще большую величину, то принято говорить, что импульсы синхронизации передаются «на уровне чернее черного».

Длительность строчных синхронизирующих импуль-

сов значительно меньше, чем длительность кадровых синхронизирующих импульсов, и это различие позволяет разделить их в схеме телевизора и направить к соответствующим генераторам развертки. Упрощенное изображение телевизионного сигнала вместе с гасящими и синхронизирующими импульсами показано на рис. 40. Для удобства изображения гасящие и синхронизирующие импульсы показаны не в масштабе. В действительности длительность кадровых импульсов значительно больше, чем это показано на рисунке.

Глава седьмая

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ. ЧЕРЕССТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Электрический сигнал изображения, полученный в передающей трубке в результате преобразования элементарных световых потоков от оптического изображения передаваемой сцены, после соответствующего усиления излучается антенной телевизионного передатчика в окружающее пространство в виде энергии высокочастотных колебаний.

Так как изменение величины электрического телевизионного сигнала может носить самый разнообразный характер, то в нем могут содержаться колебания от некоторой самой низкой частоты до некоторой предельно высокой частоты. Определим, какие значения могут иметь эти частоты.

Самая низкая частота электрического сигнала изображения будет получаться в том случае, когда передаваемое изображение содержит наименьшее возможное число деталей. Таким изображением будет сочетание из черного и белого полей, каждое из которых занимает примерно половину экрана (рис. 41). В то время, когда электронный луч находится на светлом поле, величина создаваемого им электрического сигнала будет постоянной и будет соответствовать величине сигнала, получаемого от светлого места изображения. При переходе на темное поле величина электрического сигнала резко уменьшится и до конца развертки всего кадра останется

постоянной и равной сигналу от такого места изображения, которое воспринимается как черное. Так как всю поверхность передаваемого изображения развертывающий электронный луч проходит столько раз в течение одной секунды, сколько кадров передается в секунду, то и частота изменения получаемого электрического сигнала будет иметь такое же значение. В нашем случае эта частота будет составлять 50 периодов в секунду.

Определим теперь, какое значение может иметь самая высокая частота сигнала изображения. Очевидно, такая частота будет получаться при передаче изображения, содержащего самые мелкие детали.

Мы уже знаем, что самая мелкая деталь изображения, передаваемого по телевизионному тракту, по своим линейным размерам не может быть меньше, чем ширина одной строки развертки. Пусть передается, например, такое изображение, которое состоит из черных и белых вертикальных полосок, ширина которых равна ширине одной строки. Когда развертывающий электронный луч будет проходить по такому изображению, то характер изменения получаемого электрического сигнала будет таким, как показано на рис. 42. Полное изменение сигнала будет при этом происходить столько раз в течение каждой строки развертки, сколько вдоль этой строки имеется пар светлых и темных полос.

Если бы ширина поверхности преобразующей пластины в передающей трубке была равна ее высоте, то полное число пар темных и светлых полос равнялось бы половине числа строк, на которое разлагается переда-

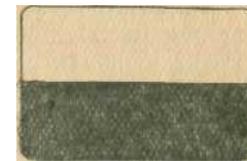


Рис. 41



Изменение сигнала
вдоль строчек



Рис. 42

ваемое изображение. В нашем случае число строк равно 625, и при развертке каждой строки электрический сигнал совершал бы полное изменение 312,5 раза. В действительности, как было сказано раньше, ширина изображения в $\frac{4}{3}$ раза больше его высоты и, следовательно, число полных изменений сигнала за время развертки каждой строки будет составлять $\frac{4}{3} \times 312,5$ раза.

Как известно, частотой электрического сигнала называется число полных его изменений за одну секунду. Так как в нашем случае за каждую секунду должно передаваться 50 кадров, а в каждом кадре содержится 625 строк, то наибольшая частота телевизионного сигнала должна будет составлять

$$\frac{4}{3} \times 312,5 \times 625 \times 50 = 13\,020\,830 \text{ периодов в секунду.}$$

Таким образом, при разложении изображения на 625 строк и при передаче 50 полных кадров в секунду полоча частот, занимаемая телевизионным сигналом, будет лежать в пределах от 50 приблизительно до 13 000 000 *гц*

Известно также, что при радиопередаче с помощью несущей высокой частоты полоса частот, которую должен пропускать телевизионный тракт от генератора телевизионного передатчика до детектора телевизора, должна быть еще в два раза больше, чем наивысшая частота передаваемого сигнала. В нашем случае это составляет около 26 000 000 *гц*, т. е. около 26 *мггц*. Это очень широкая полоса частот, поэтому создание такой телевизионной аппаратуры, особенно приемной, наталкивается на серьезные трудности.

Одним из способов уменьшения полосы частот, занимаемой телевизионным сигналом, является способ передачи на одной боковой полосе частот. Этот способ заключается в общих чертах в следующем.

Если на несущую высокую частоту накладывается для передачи с ее помощью более низкочастотный сигнал, то, кроме самой несущей частоты, появляются еще две полосы частот, одна из которых располагается выше несущей частоты и другая — ниже этой частоты. Именно поэтому ширина полосы частот, которую должна пропускать высокочастотная часть телевизионного тракта, и расширяется в два раза по сравнению с наибольшей частотой передаваемого сигнала изображения. По своему содержанию, т. е. по характеру имеющихся в них частотных составляющих, обе эти боковые полосы частот

высокочастотного телевизионного сигнала совершенно одинаковы, и каждая из них является как бы зеркальным отображением другой. Это обстоятельство и позволяет без ущерба для качества передаваемого телевизионного изображения производить передачу только одной боковой полосы и тем уменьшать ширину полосы телевизион-

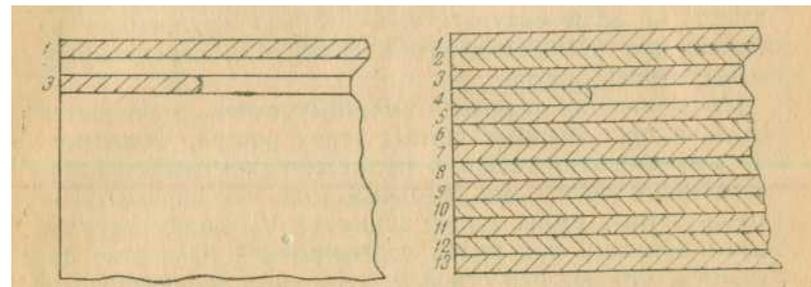


Рис. 43

ного сигнала до 13 *мггц* во всем высокочастотном телевизионном тракте.

Однако даже при "таком уменьшении полосы пропускания телевизионной аппаратуры изготовление ее все же остается чрезвычайно сложным и для упрощения необходимо дальнейшее сужение полосы пропускаемых частот.

Уменьшить высшую частоту электрического сигнала изображения можно только или путем уменьшения числа строк, на которое разлагается это изображение, или путем соответствующего сокращения числа передаваемых в одну секунду кадров. Однако от числа строк зависит четкость изображения на экране телевизора, и уменьшение числа строк понизит качество изображения. При уменьшении же числа передаваемых в одну секунду кадров может появиться мелькание изображения, производящее неприятное впечатление на зрителя.

Для того чтобы все же уменьшить высшую частоту сигнала, сохранив при этом такую же четкость принимаемого изображения, и обеспечить отсутствие его мелькания на экране телевизора, современная телевизионная техника использует так называемый способ чересстрочной развертки. Этот способ заключается в следующем.

После того как произведена развертка первой строки передаваемого изображения, следом за ней развертывается третья строка (рис 43, слева), а вторая строка при этом пропускается. После развертки третьей строки электронный луч прочерчивает пятую строку, затем седьмую и дальше в том же порядке все нечетные строки телевизионного растра. Развертка всех нечетных строк занимает $\frac{1}{50}$ долю секунды, т. е. столько же времени, за сколько при обычном способе развертки передавались бы все строки растра.

По окончании передачи нечетных строк начинается передача пропущенных четных строк растра. Электронный луч проходит теперь в промежутках между прочерченными им нечетными строками (рис. 43, справа). Передача четных строк также занимает $\frac{1}{50}$ долю секунды. Таким образом, при такой чересстрочной развертке получается, что все 625 строк, т. е. полный телевизионный растр, развертываются не 50 раз в секунду, а только 25 раз в секунду, т. е. частота передачи полных кадров уменьшается с 50 до 25 кадров в секунду. Очевидно, что и верхняя частота сигнала изображения соответственно уменьшится с 13 мГц до 6,5 мГц, т. е. в два раза. В то же время число засветок поверхности приемного экрана попрежнему остается равным 50 в секунду, так как электронный луч пробегает по всей поверхности экрана два раза за полный кадр. Благодаря этому впечатление мелькания яркости рассматриваемого изображения отсутствует.

Такой способ развертки принят в настоящее время при всех широкоэмитательных телевизионных передачах.

Практически чересстрочная развертка осуществляется следующим способом.

Так как кадровое отклоняющее напряжение или кадровый отклоняющий ток меняется во время прямого хода развертки не скачками от строки к строке, а плавно, то строки укладываются на изображении не строго горизонтально, а с некоторым наклоном к концу строки (рис. 44). При чересстрочной развертке наклон конца строки равен ширине двух строк.

Развертка первой строки нечетной половины строк начинается с левого верхнего угла изображения. Общее число строк при чересстрочной развертке всегда выбирается нечетным (343, 405, 441, 525, 625) и, следова-

тельно, половина числа строк в растре будет состоять из целого числа строк плюс половина строки. Это значит, что развертка нечетных строк должна кончиться не в конце, а на середине строки (рис. 45). Электронный луч, вернувшись снова к верхней кромке изображения,

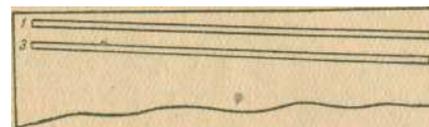


Рис. 44.

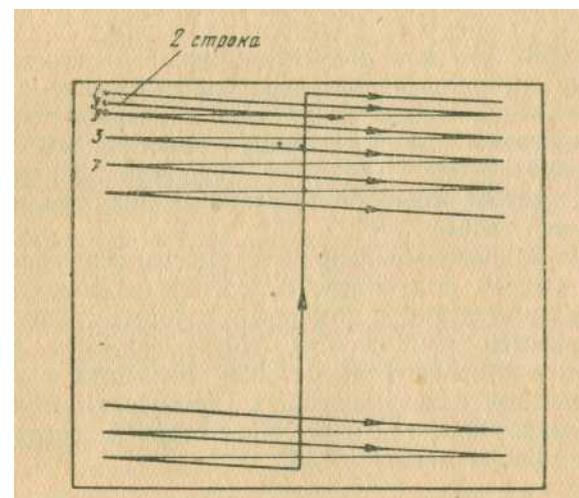
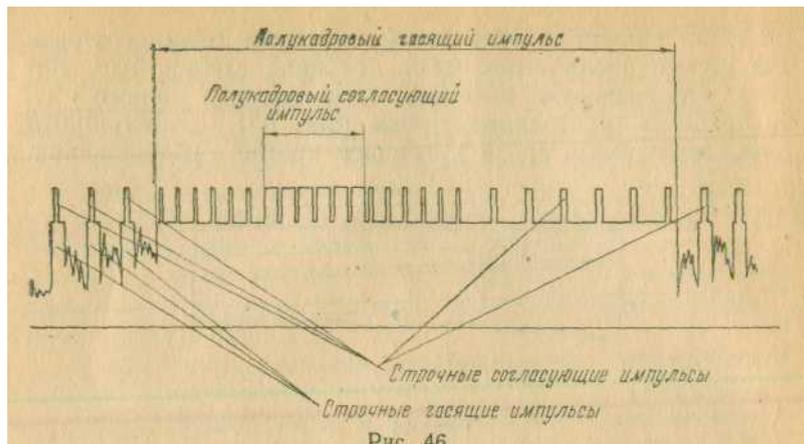


Рис. 45

окажется не в левом верхнем углу, а на середине изображения. После этого он начнет двигаться к правому краю, прочерчивая первую строку четного полукадра. Но так как по вертикали луч снова оказался на том же уровне, что и в начале развертки первого полукадра, а ранее развернутая строка, как и все остальные строки, наклонена, то последующее движение электронного луча будет происходить строги в промежутках между уложенными ранее строками первого полукадра.



Очевидно, что для получения четкой чересстрочной развертки требуется значительно более жесткое согласование движения электронного луча на экране телевизора с движением развертывающего электронного луча в передающей трубке. Для этого кадровый синхронизирующий импульс имеет более сложный вид, чем это было показано выше.

Форма кадрового синхронизирующего импульса показана на рис. 46. Этот импульс состоит из совокупности отдельных импульсов, с помощью которых непрерывно обеспечиваются как строгая согласованность работы строчного и кадрового генераторов развертки в телевизоре с работой развертывающих устройств в телевизионном передатчике, так и не менее строгая согласованность их работы между собой.

Глава восьмая

СКЕЛЕТНАЯ СХЕМА ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

Ознакомившись с основными средствами и способами осуществления телевизионных передач, рассмотрим более детально работу отдельных узлов современного телевизора.

Бб

Несмотря на то, что для приема высокочастотного сигнала изображения могут применяться как супергетеродинный способ приема, так и приемники прямого (уси-

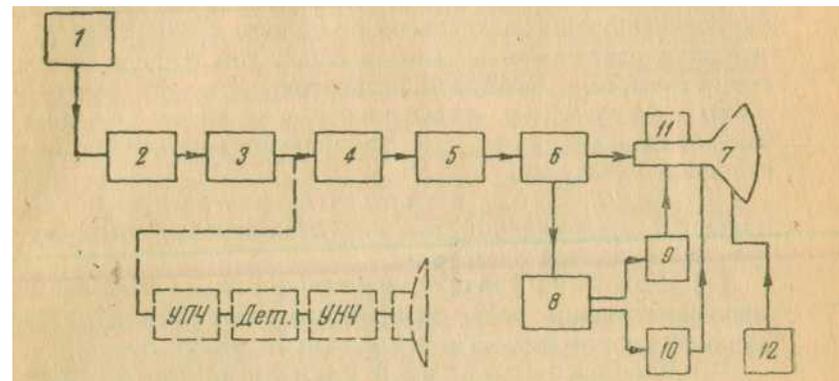


Рис. 47. Скелетная схема телевизора.

ления, прием для рассмотрения супергетеродинный приемник, как встречающийся наиболее часто.

Типовая скелетная схема телевизионного приемника показана на рис. 47. В эту схему входят:

- 1) антенна и антенный кабель;
- 2) усилитель высокой частоты, служащий для предварительного усиления принятого сигнала и для отстройки от приема сигналов соседних телевизионных станций;
- 3) гетеродин и смеситель, служащие, как и в радиовещательных приемниках, для преобразования принятого высокочастотного сигнала в сигнал промежуточной частоты с целью дальнейшего его усиления;
- 4) усилитель промежуточной частоты;
- 5) амплитудный детектор, выделяющий электрический сигнал изображения из сигнала промежуточной частоты;
- 6) усилитель сигналов изображения.

Эта часть схемы телевизора по входящим в нее элементам ничем не отличается от схемы обычного вещательного супергетеродинного приемника; отличие заключается в их характеристиках.

Специфическими телевизионными элементами в рассматриваемой схеме являются:

7) электронно-лучевая приемная трубка (кинескоп);

8) амплитудный и частотный селекторы, служащие для отделения строчных и кадровых синхронизирующих импульсов от общего сигнала изображения и разделения их между собой для подачи на соответствующие генераторы разверток;

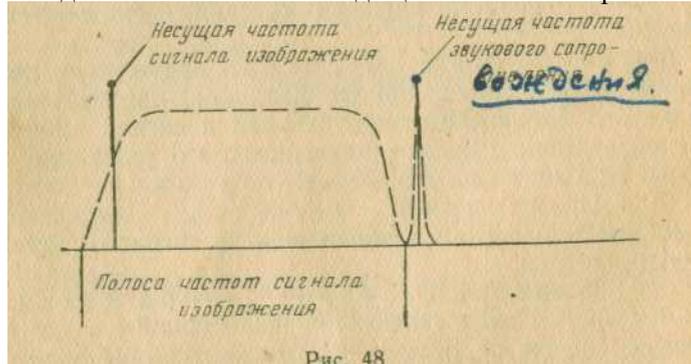
9) генератор строчной развертки, дающий отклоняющий ток или отклоняющее напряжение для строчной развертки;

10) генератор кадровой развертки, создающий отклоняющий ток или отклоняющее напряжение для кадровой развертки;

11) фокусирующее устройство, создающее электромагнитное поле, собирающее электронный поток на поверхности экрана или мишени в тонкий пучок;

12) высоковольтный выпрямитель, высокое постоянное положительное напряжение с которого подается на ускоряющий анод приемной трубки, благодаря чему электроны приобретают необходимую скорость при перемещении от катода трубки к поверхности ее экрана.

Кроме того, в схему телевизора входят элементы, обеспечивающие прием сигналов звукового сопровождения телевизионной программы, а также силовой выпрямитель для питания всех входящих в телевизор ламп.



В современных телевизионных системах передача звукового сопровождения телевизионной программы производится на волнах того же диапазона, что и пере-

дача сигналов изображения. При этом несущая частота сигналов звукового сопровождения располагается на вполне определенном частотном расстоянии от несущей частоты сигналов изображения, в непосредственной близости от границы полосы частот сигналов изображения (рис. 48). Такое близкое и строго фиксированное взаимное расположение несущих частот звука и изображения позволяет производить прием обоих сигналов на одну общую антенну, используя при этом один и тот же усилитель высокой частоты и общие гетеродин и смеситель. Разделение сигналов обычно производится на выходе смесителя, поэтому звуковая часть схемы, показанная на рис. 47 пунктиром, содержит лишь усилитель промежуточной частоты, детектор, усилитель низкой частоты и громкоговоритель. Для улучшения качества звукового сопровождения в звуковом канале телевизионной системы применяется частотная модуляция.

Рассмотрим коротко каждый из элементов телевизора в отдельности.

1. Антенна

Наиболее часто для телевизионной антенны применяется так называемый диполь (рис. 49), представляющий собой два горизонтальных провода, расположен-

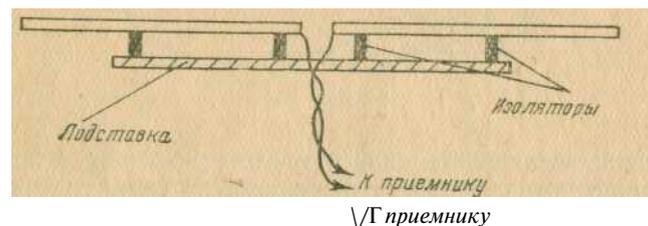


Рис. 49. Телевизионный диполь

ных близко один к другому по одной оси. Длина каждой половины диполя примерно равна четверти длины волны принимаемого сигнала. Если диполь рассчитан на прием нескольких различных волн, то его длина берется равной четверти от среднего геометрического значения этих волн. От тех концов проводов, которые находятся один против другого, отходят провода, с помощью которых принятые диполем сигналы изображения и звукового сопровождения подаются на вход усилителя высокой частоты.

Наиболее эффективный прием сигналов производится диполем с направления, перпендикулярного его оси (рис. 50); по оси диполя прием сигналов практически отсутствует. Поэтому диполь устанавливается так, чтобы его ось была перпендикулярна направлению на телевизионный передатчик.

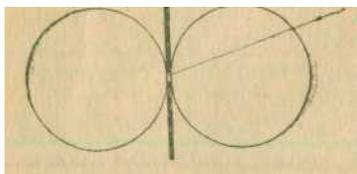


Рис. 50.

В ряде случаев, когда необходимо увеличить силу принимаемого сигнала звука или изображения, например при приеме с далеких расстояний, или избавиться от посторонних мешающих сигналов, приходящих с других направлений, применяют более сложные антенны, состоящие из двух или нескольких диполей.

Один из дополнительных диполей — рефлектор ставят позади основного, другие — директоры помещаются впереди основного диполя. Эти диполи позволяют в значительной

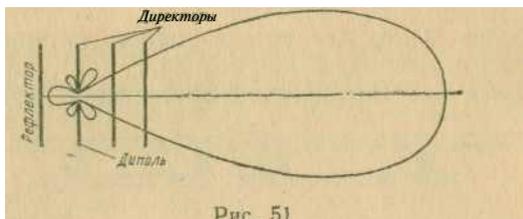


Рис. 51

Рис. 51

степени увеличивать силу принятого сигнала от телевизионного передатчика и уменьшать прием сигналов с других направлений. Зависимость силы приема сигналов от направления их прихода у антенны с рефлектором и двумя директорами показана на рис. 51.

Антенна устанавливается, как правило, на крыше здания, на высоте от нее порядка, 4—6 метров.

2. Усилитель высокой частоты

Усилитель высокой частоты телевизора может состоять из одного или нескольких каскадов резонансных усилителей, построенных или на полосовых фильтрах, или на одиночных контурах. Простая схема однокаскадного

усилителя высокой частоты с полосовым фильтром показана на рис. 52.

В отличие от вещательных приемников, где несущая частота сигнала, на которую настраивается приемник,

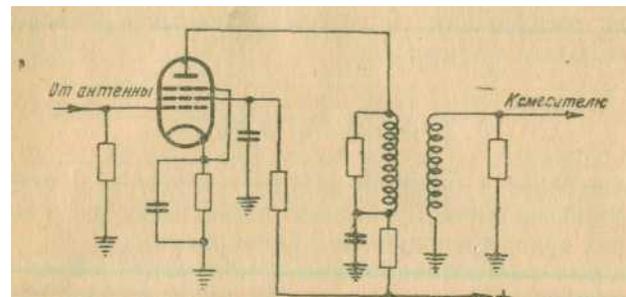


Рис. 52.

располагается посередине его частотной характеристики, усилитель сигналов телевизионного изображения настраивается так, что несущая частота этих сигналов располагается примерно на середине одного из спадов его

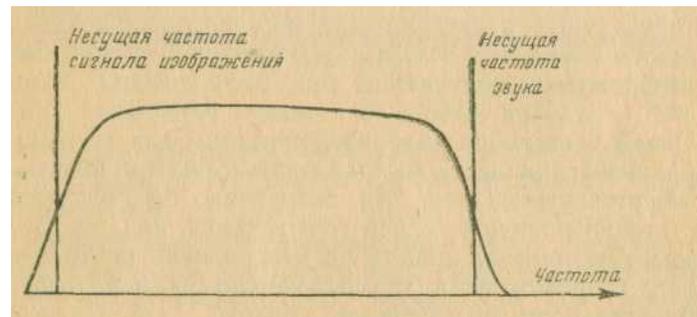


Рис. 53

частотной характеристики. Это вызвано тем, что телевизионные передачи ведутся с использованием только одной боковой полосы, и несущая частота сигнала изображения располагается так, чтобы передаваемая боковая полоса частот телевизионного сигнала попадала в полосу пропускания частотной характеристики усилителя высокой частоты. Так как этот усилитель служит и для приема сигналов звукового сопровождения, то его час-

тотная характеристика берется такой, чтобы несущая частота этих сигналов располагалась на ее противоположном спаде.

Типовая форма частотной характеристики усилителя высокой частоты и расположение на ней несущих частот сигнала изображения и сигнала звукового сопровождения показаны на рис. 53.

3. Гетеродин и смеситель

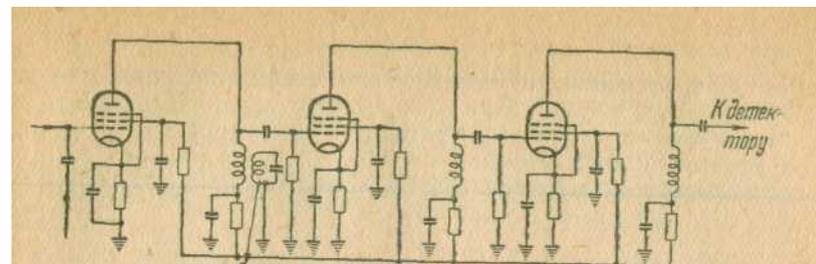
Назначение и принцип работы гетеродина и смесителя в телевизионном приемнике точно такие же, как и в обычных супергетеродинных радиоприемниках.

Частота гетеродина обычно выбирается выше несущей частоты сигнала, так как при таком выборе получают более практически удобные значения для промежуточных частот сигналов звука и изображения.

По стандарту телевизионного вещания Советского Союза разнос между несущими частотами изображения и звукового сопровождения составляет 6,5 мГц и несущая частота звукового сопровождения располагается выше несущей частоты изображения. Обычно промежуточная частота сигнала звукового сопровождения выбирается порядка 8 мГц и промежуточная частота сигнала изображения получается при этом равной примерно 14,5 мГц. При выборе же частоты гетеродина ниже несущей частоты сигнала изображения для сигнала изображения пришлось бы или брать слишком низкую промежуточную частоту, что затруднило бы получение достаточно широкой полосы пропускания, или же слишком высокую частоту канала промежуточной частоты звукового сопровождения, что затрудняло бы достаточную избирательность по звуковому каналу.

4. Усилитель промежуточной частоты сигналов изображения

Усилитель промежуточной частоты сигнала изображения, так же как и усилитель высокой частоты, может быть выполнен или на полосовых фильтрах, или на одиночных контурах, или на той или иной их комбинации. Выбор схемы определяется, главным образом, требова-



Отсасывающий фильтр

Рис. 54. Усилитель промежуточной частоты на одиночных контурах.

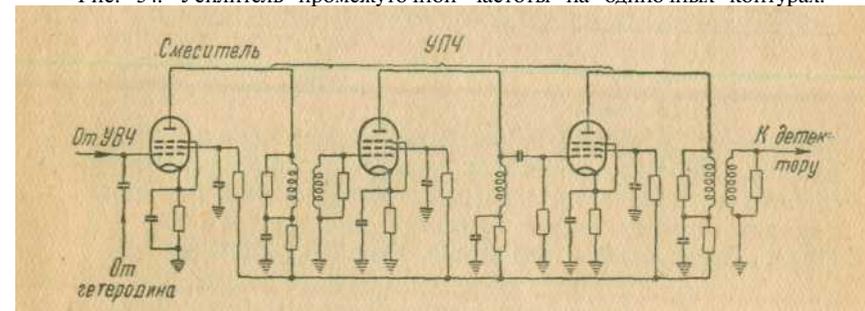


Рис. 55. Усилитель промежуточной частоты с полосовыми фильтрами

нием к качеству работы телевизора и возможностями, которыми располагает радиолюбитель, желающий построить телевизор.

На рис. 54 и 55 показаны две часто применяемые схемы усилителя промежуточной частоты. Одна схема построена на расстроенных резонансных контурах, вторая — на комбинации из двух полосовых фильтров и одного одиночного контура. Детектор сигнала изображения часто выполняется по двухполупериодной схеме.

Способ настройки отдельных каскадов для получения необходимой формы частотной характеристики показан на рис. 56 и 57.

Так как практически не всегда возможно обеспечить достаточно крутой спад частотной характеристики со стороны промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения, то сигнал звукового сопровождения может

пройти в канал сигнала изображения и, попав на управляющий электрод трубки, вызвать искажение принимаемого изображения. Для того чтобы воспрепятствовать прохождению звукового сигнала к приемной трубке, в усилитель промежуточной частоты вводят специальные отсасывающие контуры или фильтры, один из способов

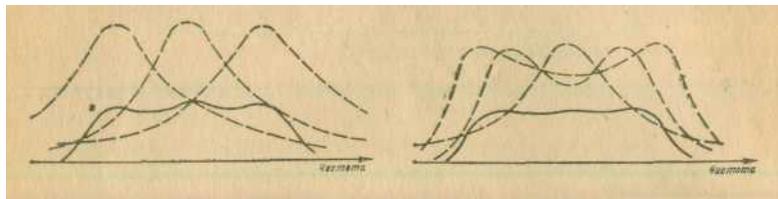


Рис. 56

Рис. 57

включения которых приведен на схеме, показанной на рис. 54. Типичная частотная характеристика усилителя промежуточной частоты сигналов изображения при применении отсасывающего фильтра показана на рис. 58. Полоса пропускания усилителя обычно составляет 5,5—

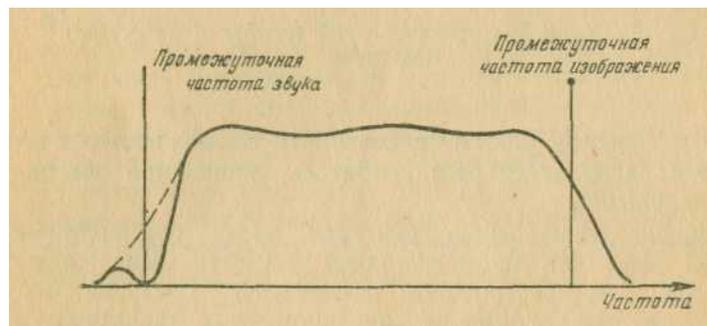


Рис. 58

6,0 мгц для телевизоров высокого класса и может быть несколько меньше в телевизорах более простых конструкций.

Сигнал звукового сопровождения снимается обычно непосредственно с выхода смесителя с помощью резонансного контура, настроенного на промежуточную частоту сигнала звукового сопровождения.

5. Усилитель сигналов изображения

Усилитель сигналов изображения обычно является усилителем постоянного тока и поэтому состоит, как правило, из одного каскада. Необходимость применения усилителя постоянного тока вызвана следующей причиной.

Во время телевизионной передачи меняется не только расположение световых оттенков в передаваемом изображении в результате непрерывного изменения его содержания, но может изменяться также и средняя освещенность, а вследствие этого и средний уровень

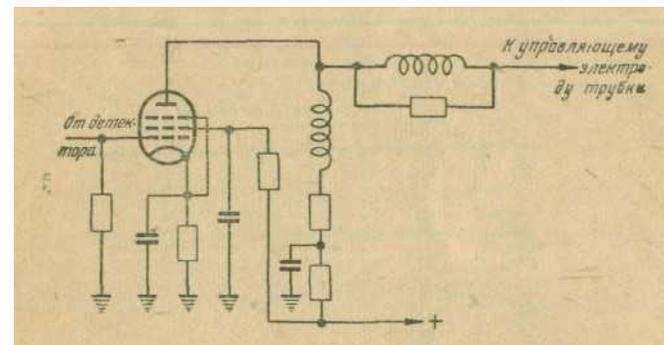


Рис. 59. Принципиальная схема выходного усилителя

электрического сигнала изображения. Частота изменения среднего уровня очень мала и колеблется обычно в пределах от 2—3 гц, и поэтому в телевизионной технике эту составляющую сигнала изображения принято называть постоянной составляющей. Для того чтобы средний уровень освещенности передаваемой сцены также был воспроизведен на экране телевизора, на всем пути сигнала, от выхода детектора до управляющего электрода приемной трубки, не должно быть переходных емкостей, что и достигается применением усилителя постоянного тока.

Одна из наиболее употребительных простых схем усилителя сигналов изображения показана на рис. 59. Катушки индуктивности, включенные в анодную цепь лампы усилителя, служат для выравнивания усиления сигнала в области его верхних частот.

6. Амплитудный и частотный селекторы

Амплитудный и частотный селекторы предназначены для отделения строчных и кадровых синхронизирующих импульсов от общего сигнала изображения и для разделения их между собой.

Как (уже указывалось, синхронизирующие сигналы всегда имеют большую величину, чем самый большой

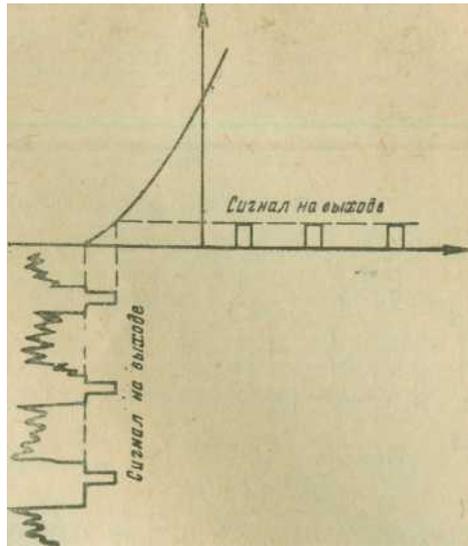


Рис. 60

сигнал изображения. В этом случае, если сигнал изображения на выходе детектора или выходного усилителя имеет постоянную величину, то отделение синхронизирующих импульсов можно осуществить с помощью лампы, открываемой только этими импульсами, как это показано на рис. 60. Если же сигнал по величине меняется, то такое отделение можно осуществить с помощью автоматического смещения, создаваемого самим сигналом изображения. Последний способ применяется значительно чаще.

Разделение строчных и кадровых синхронизирующих импульсов между собой основано на том, что длитель-

ность кадровых синхронизирующих импульсов значительно больше, чем длительность строчных импульсов. Используя это различие, для выделения импульсов кадровой синхронизации можно применить простую накопительную цепочку, показанную на рис. 61. Длительно действующий кадровый импульс создаст на выходе этой цепочки синхронизирующий импульс необходимой величины, тогда как от короткого строчного импульса напряжение на ее выходе не успеет нарасти до сколько-нибудь

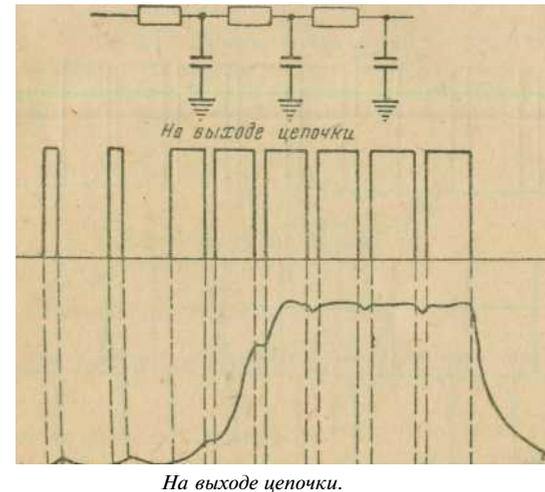


Рис. 61

заметной величины. Таким образом, на выходе накопительной цепочки окажутся только кадровые синхронизирующие импульсы.

Для выделения строчных синхронизирующих импульсов может быть использована простая дифференцирующая цепочка, показанная на рис. 62. При соответствующем выборе параметров этой цепочки от поданного на нее строчного импульса будут получены два острых пика напряжения: положительный — от переднего его фронта и отрицательный — от заднего фронта.

Если бы кадровый синхронизирующий импульс был оплошным, то от него на разделяющей цепочке также получились бы два таких же пика напряжения, отстоя-

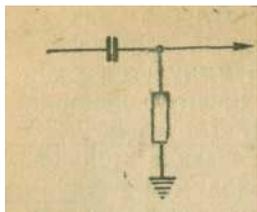


Рис. 62

щих один от другого на величину длительности самого импульса. Но как уже упоминалось, кадровый синхронизирующий импульс прорезан, и расстояние между его прорезами равно длительности половины строки развертки. От каждого такого прореза также получаются такие же острые пики напряжения (рис. 63). Полученные пики напряжения подаются на

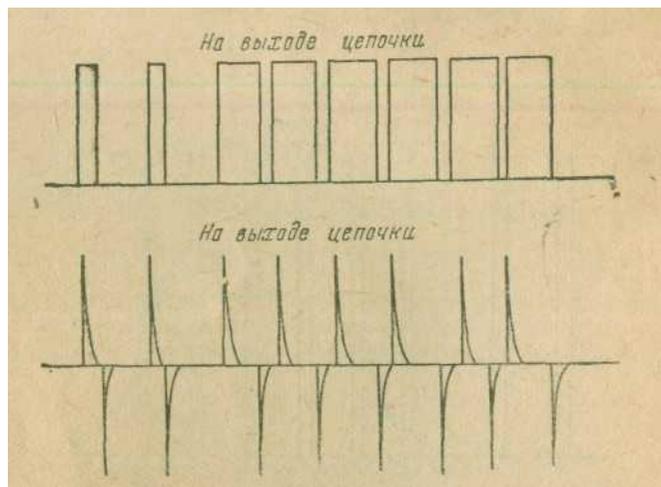


Рис. 63

генератор строчной развертки и служат для непрерывного управления его работой.

7. Генератор кадровой развертки

Одна из типовых и наиболее часто применяемых схем генератора кадровой развертки для электромагнитного способа отклонения электронного луча показана на рис. 64. Он состоит из упоминавшихся ранее блокинг-генератора (левая половина двойного триода) и разрядной лампы (правая половина триода), а также выходного каскада, преобразующего полученное на выходе разрядной лампы комбинированное пилообразное напря-

жение (см. рис. 35, стр. 42) в пилообразный ток в отклоняющих катушках.

Отклоняющие катушки включены в анодную цепь выходной лампы через автотрансформатор. Сопротивление R_1 служит для регулировки частоты получаемого пилообразного напряжения, а следовательно, и частоты пилообразного тока. Амплитуда пилообразного тока через отклоняющие катушки может меняться с помо-

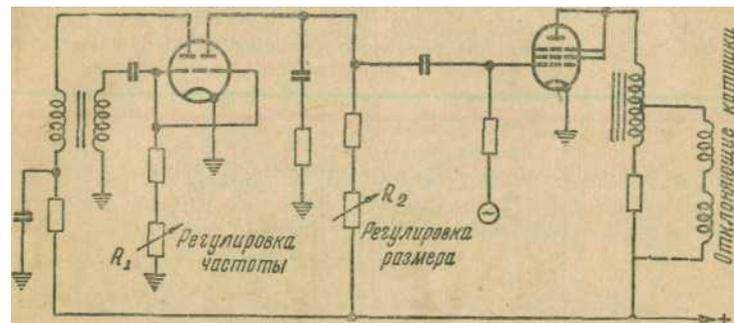


Рис. 64. Генератор пилообразного тока кадровой частоты

щью зарядного сопротивления R_2 , которое регулирует скорость заряда конденсатора и тем меняет величину получаемого на нем пилообразного напряжения. В схему добавляется специальное переменное сопротивление R_3 , которое служит для установки правильного положения раstra на экране приемной трубки в вертикальном направлении и носит название смещения, или центровки, по кадру.

Схема генератора кадровой развертки при электростатическом способе отклонения электронного луча показана на рис. 65. Он состоит из тех же блокинг-генератора и разрядной лампы и двухтактного усилителя.

Согласующий кадровый импульс подается обычно в положительной полярности на сетку лампы блокинг-генератора и в момент своего поступления вызывает появление в колебаниях блокинг-генератора положительного импульса раньше, чем это было бы при свободных колебаниях (рис. 66). Этот импульс открывает разрядную лампу и тем обрывает развертку данного полукадра.

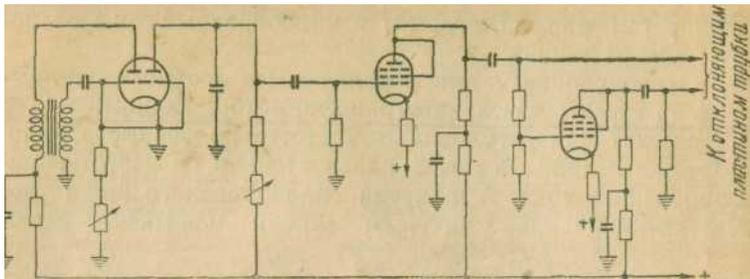


Рис. 65. Генератор пилообразного напряжения кадровой частоты

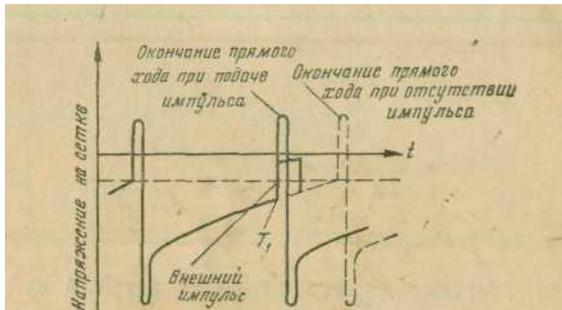


Рис. 66

После этого начинается развертка следующего полукадра, которая таким же способом обрывается следующим синхронизирующим импульсом. Соответствующие строчные синхронизирующие импульсы обеспечивают в это время необходимое расположение строк в каждом полукадре,

8. Генератор строчной развертки

Одна из часто применяемых схем генератора пилообразного тока строчной развертки показана на рис. 67. Эта схема содержит блокинг-генератор, разрядную лампу и выходной каскад, преобразующий подаваемое на него комбинированное пилообразное напряжение в пилообразный ток в отклоняющих катушках. В общих чертах принцип работы такого генератора был описан на стр. 43. К этому описанию необходимо лишь добавить.

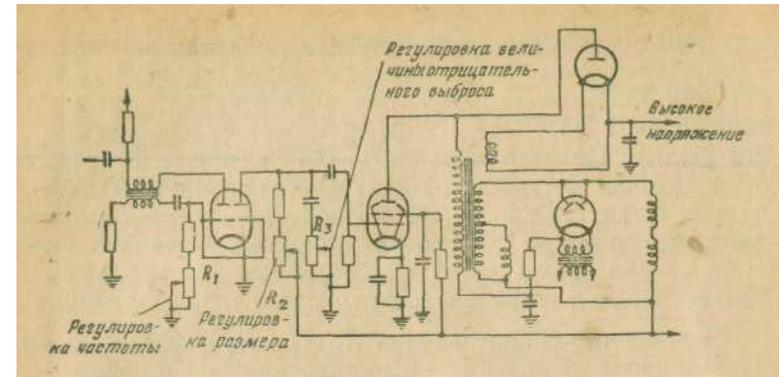


Рис. 67. Генератор пилообразного тока строчной частоты

что диод с малым сопротивлением, включенный в анодную цепь лампы, позволяет увеличить, амплитуду получаемого пилообразного тока и улучшить линейность его нарастания во время прямого хода.

В отличие от генератора кадровой развертки, отклоняющие катушки в схеме генератора строчной развертки включены через понижающий трансформатор. Различие способов включения отклоняющих катушек обусловлено следующими причинами.

Как было установлено выше, величина отклонения электронного луча на пластине передающей трубки или на поверхности экрана трубки телевизора будет тем больше, чем больше электромагнитное поле, создаваемое отклоняющими катушками внутри горла экрана трубки. Величина этого поля, в свою очередь, прямо пропорциональна произведению числа витков в отклоняющих катушках на величину протекающего через них тока. Естественно, что при этом выгоднее брать катушки с как можно большим числом витков, чтобы получить необходимое отклонение электронного луча с помощью малой величины пилообразного тока. Этот прием и используется в генераторах пилообразного тока кадровой частоты, где число витков в отклоняющих кадровых катушках обычно равно 10 000—15 000, а амплитуда пилообразного тока составляет в зависимости от типа трубки 8—20 миллиампер.

Что же касается генератора пилообразного тока

строчной частоты, то здесь предел увеличению числа витков кладет величина распределенной емкости отклоняющих катушек, которая при частоте пилообразного тока, равной $25 \times 625 = 15625$ *гц*, может сильно исказить его форму. По этой причине число витков в строчных отклоняющих катушках обычно берется порядка 500—800, и амплитуда отклоняющего пилообразного тока может доходить до 0,5—1,0 ампера и больше. Очевидно, что от ламповой схемы такой пилообразный ток можно получить только с помощью понижающего трансформатора.

Переменные сопротивления R , R_2 , R_Z имеют такое же назначение, как подобные им сопротивления в схеме генератора кадровой развертки, т. е. сопротивление R регулирует частоту получаемого пилообразного тока, а сопротивление R_2 —его величину и, тем самым, размер горизонтального отклонения или длину строки. Что же касается переменного сопротивления R_Z , то оно предназначается для подбора правильного режима работы выходного каскада.

Строчные синхронизирующие импульсы также подаются на сетку лампы блокинг-генератора, и их действие одинаково с действием кадровых согласующих импульсов на кадровый блокинг-генератор.

При электростатическом отклонении электронного луча может быть использована такая же схема, как и в генераторе кадровой развертки, с соответственно измененными параметрами.

В приведенном на стр. 44 кратком описании генератора строчной развертки было обращено внимание на то, что в анодной цепи выходной лампы во время обратного хода появляются большие выбросы положительного напряжения. Величина этих импульсов составляет 4—5 *кет* и с помощью специальной повышающей обмотки может быть увеличена до 10—12 *кет*. В современных телевизорах эти импульсы подаются на маломощный высоковольтный кенотрон, и получаемое в его катодной цепи выпрямленное высокое напряжение поступает на анод приемной трубки. Таким образом, генератор строчной развертки является одновременно и источником высокого напряжения. Цепь накала выпрямляющего кенотрона обычно питается также от анодного трансформатора ехемы.

9. Фокусирующее устройство

При электромагнитном способе фокусировка электронного луча фокусирующее электромагнитное поле создается с помощью специальной катушки, надеваемой на горло трубки позади отклоняющих катушек (рис. 68). Че-

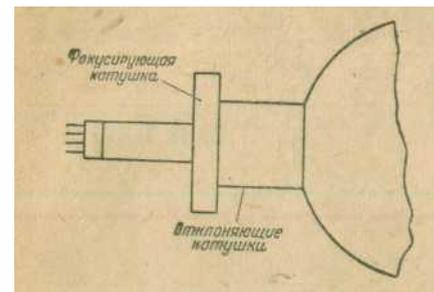


Рис. 68

рез катушку пропускается постоянный ток, величина которого регулируется при работе телевизора так, чтобы точка, в которой собирается (фокусируется) электронный луч, совмещалась с поверхностью экрана трубки. Обычно для этого катушка фокусировки подключается к силовому выпрямителю через переменное сопротивление, например так, как показано на рис. 69. При электростатической фокусировке электронного луча необходимое напряжение снимается на фокусирующий анод специального делителя, включаемого на выход высоковольтного выпрямителя.

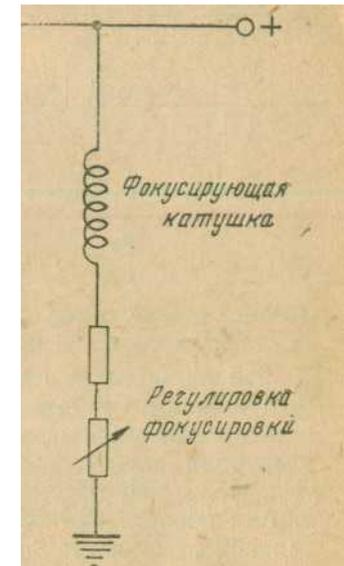


Рис. 69

10. Приемная трубка

Как уже было сказано, принимаемый электрический сигнал изображения преобразуется в телевизионное изображение на экране приемной трубки. Это преобразование осуществляется тем, что число электронов в электрическом луче этой трубки меняется пропорционально величине электрического сигнала, подаваемого на ее управляющий электрод.

В нашей телевизионной системе электрический сигнал изображения меняется так, что самое наибольшее его значение соответствует черному месту передаваемого изображения; сигналы синхронизации передаются при этом на уровне «чернее черного», т. е. имеют такую ве-

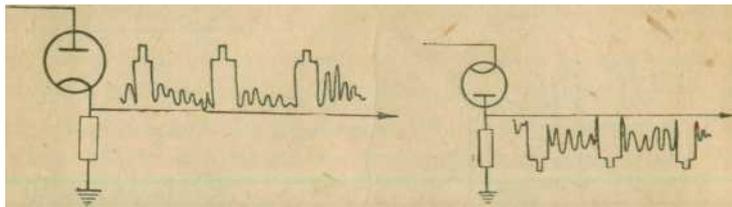


Рис. 70

Рис. 71

личину, какую имел бы электрический сигнал от такого места изображения, которое чернее, чем самое черное.

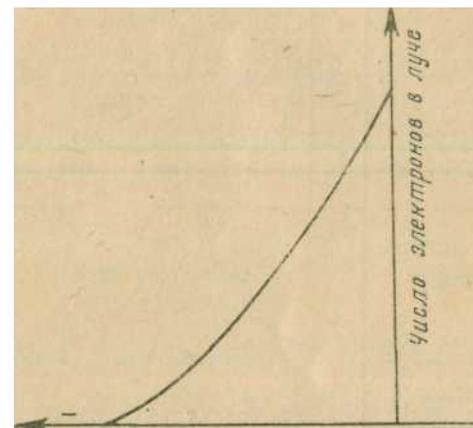
Это наибольшее значение сигнала может быть подано на приемную трубку как в положительной, так и отрицательной полярности, в зависимости от того, с какого электрода лампы детектора снимается получаемый сигнал. Если сопротивление нагрузки включено в катод, то сигнал изображения будет получен на нем в положительной полярности (рис. 70) и после усиления и перевертывания по фазе услителем сигналов изображения будет поступать на приемную трубку изменяющимся в сторону отрицательных значений. При включении нагрузки детектора в анодную цепь его лампы картина изменения принятого сигнала изображения будет обратной.

Пусть изменение электрического сигнала происходит в сторону отрицательных значений, т. е. так, как показано на рис. 71.

Зависимость числа электронов в электронном луче приемной трубки от напряжения на ее управляющем электроде может быть выражена практически таким же графиком, как и зависимость анодного тока от сеточного напряжения в обычной электронной лампе (рис. 72). Это не что иное, как всем хорошо известная сеточная характеристика электронной лампы, показывающая, как меняется анодный ток лампы при изменении напряжения на ее управляющей сетке. В применении к приемной

телевизионной трубки эта зависимость будет представлять собой закон изменения яркости свечения ее экрана в зависимости от величины напряжения, приложенного к управляющему электроду.

Как было видно из предыдущего, каждый синхронизирующий импульс, и строчный и кадровый, помещаются каждый как бы на специальной подставке, величина



Напряжение на управляющем электроде

Рис. 72

которой соответствует самому черному месту передаваемого изображения. Так как при приеме черного сигнала поток электронов, составляющих электронный луч, должен отсутствовать, то, следовательно, на управляющий электрод должно быть подано такое предварительное отрицательное напряжение смещения, которое при подаче сигнала от черного места изображения полностью закрывало бы трубку, т. е. останавливало бы весь электронный поток на участке между катодом и управляющим электродом. Такой режим работы трубки показан на рис. 73. В этом случае в начале каждой строки и в начале каждого кадра электронный луч отсутствует, экран приемной трубки перестает светиться и свечение экрана возобновляется лишь после того, как началась данная строка или данный полукадр.

Таким образом, весь путь, совершаемый электрон-

мым лучом при его возвратном движении от развертки одной строки к развертке другой строки, от развертки одного - полукадра к развертке другого полукадра, остается невидимым для зрителя, и создается впечатление,

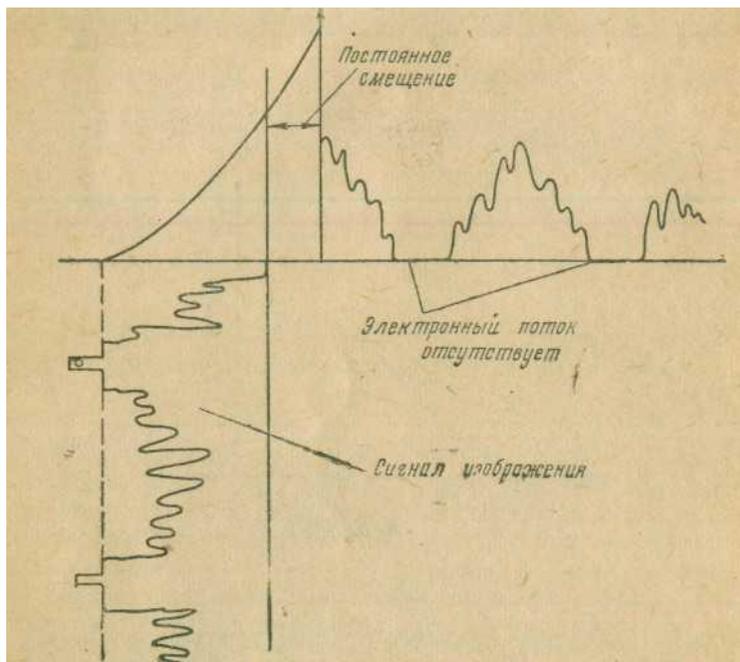


Рис. 73

что электронный луч совершает все время только прямое движение по строке и по кадру.

Если же по каким-либо причинам удобнее получать электрический сигнал принятого изображения не в отрицательной, а в положительной полярности, то в этом случае сигнал подается не на управляющий электрод трубки, а на ее катод. Относительное изменение напряжения между катодом трубки и ее управляющим электродом будет точно таким же, как и при подаче отрицательного сигнала на управляющий электрод, и работа трубки будет происходить точно таким же образом.

Величина постоянного отрицательного смещения может регулироваться с помощью специального переменного сопротивления. Это смещение должно быть подобрано так, чтобы подставка под согласующим импульсом полностью запирала электронный луч. При невыполнении этого условия на экране может стать видимым след луча при его возвратном движении во время обратного хода по строке или по кадру. Обычно эта регулировка осуществляется в цепи катода трубки путем изменения его постоянного положительного потенциала. Этот орган регулировки в цепи телевизора называется регулировкой яркости изображения, так как при этом регулируется среднее число электронов в электронном луче, определяющее среднюю степень свечения экрана приемной трубки.

Глава девятая

ИСКАЖЕНИЯ ПРИНИМАЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Ознакомившись с основами техники радиопередачи и радиоприема изображений, а также с основными требованиями к отдельным элементам телевизора, перейдем к выяснению причин наиболее часто встречающихся искажений принятого изображения.

На рис. 74 и 75 показаны два вида неправильного положения изображения на экране телевизора. В первом случае принятое изображение опущено вниз и развертка принимаемого изображения начинается не с верхней кромки экрана, а ниже ее. Для того чтобы устранить эту ненормальность, нужно воспользоваться ручкой центровки раstra по вертикали, имеющейся в генераторе кадровой развертки, и совместить место развертки первой строки раstra с верхней кромкой экрана. Во втором случае изображение сдвинуто в сторону, и для возвращения его в нормальное положение служит ручка центровки раstra по горизонтали, имеющаяся в генераторе строчной развертки. Эта ручка, меняющая постоянную составляющую отклоняющего тока или напряжения, позволяет • совместить начало развертки строк с левой кромкой рамки экрана.

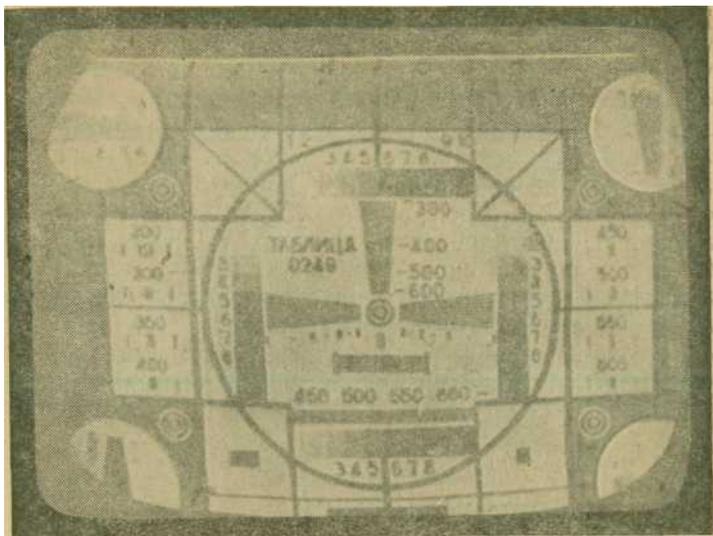


Рис. 74. Изображение опущено вниз

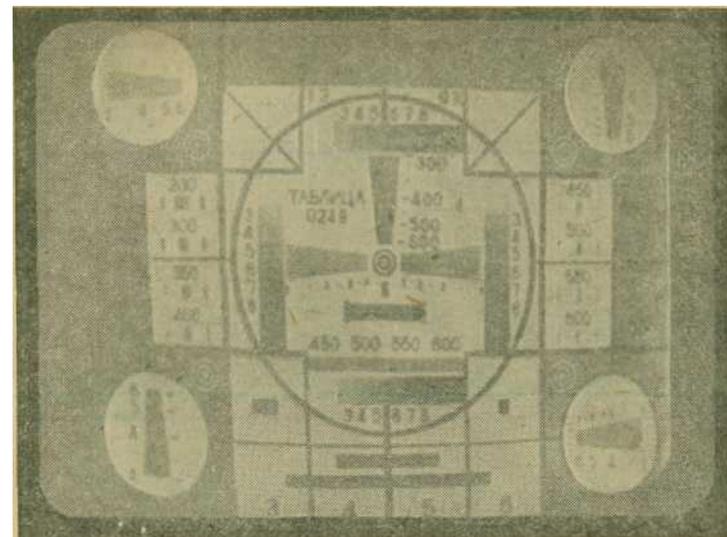


Рис. 76. Изображение сжато по строке

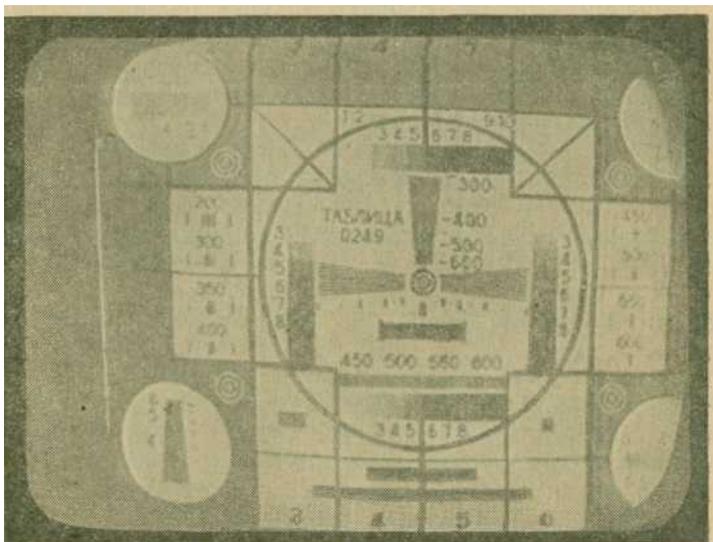


Рис. 76. Изображение сдвинуто в сторону

Два других искаженных вида изображения, которые могут иметь место на экране телевизора, показаны на рис. 76 и рис. 77. Очевидно, что в первом случае мала величина отклонения электронного луча по строке, а во втором случае мала величина отклонения электронного луча по кадру. В обоих случаях вид неискаженного изображения может быть получен с помощью регулировок, меняющих величину пилообразного тока или пилообразного напряжения в соответствующих генераторах развертки. Эти ручки в описаниях телевизоров или в надписях на них носят название: «размер по строке» и № «размер по кадру». При правильной регулировке размеров отношение ширины раstra к его высоте должно быть равно 4:3; кромки раstra должны при этом совпадать с имеющейся на экране телевизора рамкой.

Простой случай искажения принимаемого изображения показан на рис. 78. Здесь изображение получается размытым, детали изображения не имеют четкого очертания. Такое искажение получается в том случае, когда точка концентрации электронного луча не совпадает с поверхностью экрана трубки. Устранение подобного ис-

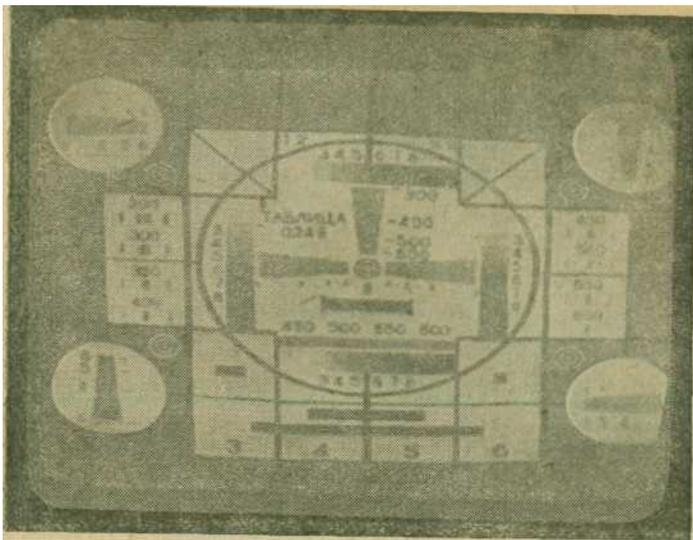


Рис 77. Изображение сжато по кадру

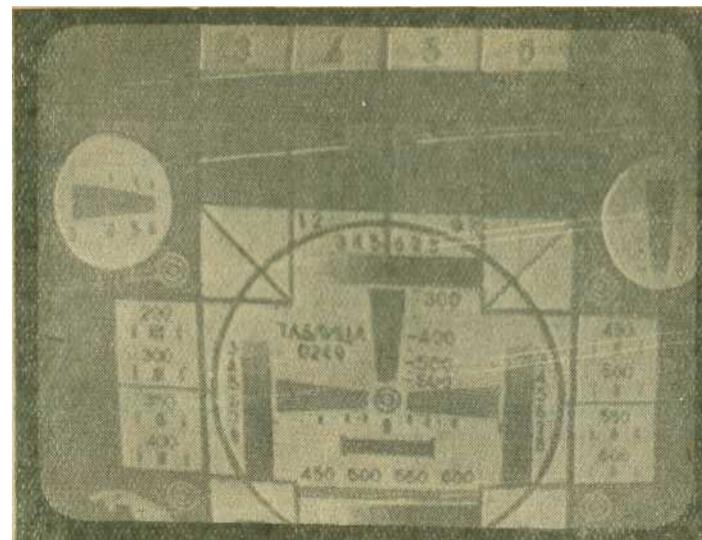


Рис. 79

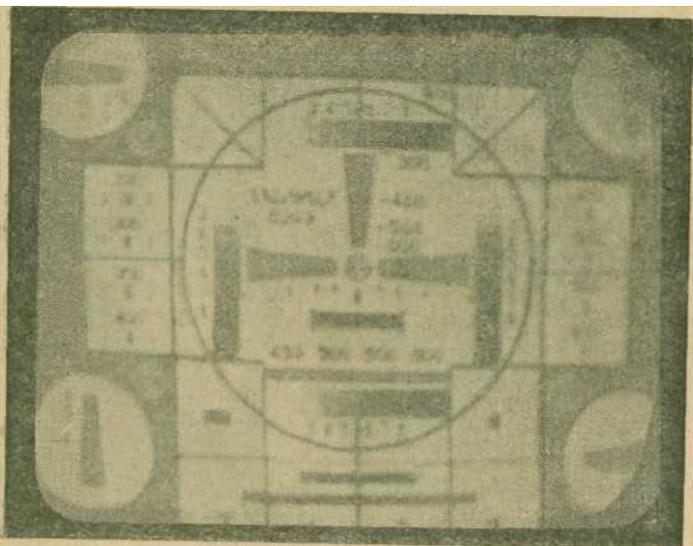


Рис. 78. Изображение несфокусировано

кажения принятого изображения производится ручкой фокусировки электронного луча, с помощью которой подбирается необходимая величина электрического тока через фокусирующую катушку или необходимая величина электрического напряжения, подаваемого на фокусирующий анод.

Часто бывает так, что все изображение на экране телевизора вдруг начинает перемещаться вверх или вниз, иногда медленно, иногда быстро, иногда скачками, с большими или меньшими перерывами. Между отдельными кадрами изображения при этом появляется черная горизонтальная полоса (рис. 79), а на изображении можно заметить белые наклонные полосы. Это значит, что частота свободных колебаний блокинг-генератора (или другого задающего генератора) кадровой развертки слишком сильно отличается от частоты смены полукадров в телевизионном передатчике, и согласующий импульс оказывается не в состоянии поддержать необходимую согласованность кадровой развертки в телевизоре с кадровой разверткой в телевизионном передатчике. Это явление может быть устранено регулировкой частоты генератора кадровой развертки: соответствующая ручка

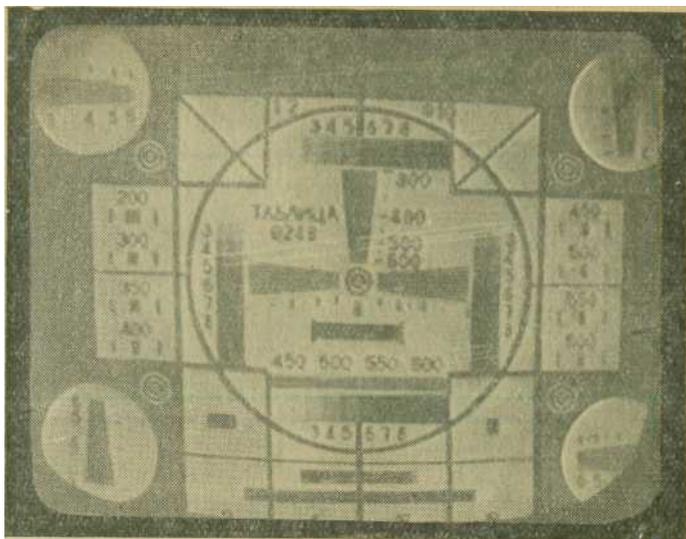


Рис. 80

регулировки носит название «частота кадров». Вращать ее нужно в ту сторону, где скорость перемещения изображения по экрану уменьшается.

Может быть так, что изображение неподвижно, но на нем ясно просвечиваются наклонные светлые линии (рис. 80). Такое явление будет, когда кадровый синхронизирующий импульс хотя и управляет работой генератора кадровой развертки телевизора, но делает это или с некоторым опережением, или с некоторым запозданием. Это может быть устранено с помощью ручки регулировки частоты кадров. Наклонные светлые линии представляют собой след движения электронного луча по строке во время обратного хода по кадру. При нормальной работе телевизора этот след погашен подставкой, на которой помещается кадровый согласующий импульс.

Возможен случай, когда изображение по вертикали неподвижно, но состоит из наклонных зубчатых полос, непрерывно ^меняющих свое очертание (рис. 81). Такой вид принимаемого изображения показывает ва отсутствие управления генератором строчной развертки со стороны строчных согласующих импульсов. Устранить такое явление можно с помощью регулировки ча-



Рис. 81

сты строк, вращая ручку регулировки частоты в ту сторону, где наклон полос увеличивается.

Еще один вид искажения принятого изображения может быть вызван неправильным положением ручек регулировки телевизора. При таком искажении принимаемого изображения слева на нем появляется черная вертикальная полоса, а правая часть экрана как бы затянута постепенно пропадающей пленкой переменной яркости. Такое явление имеет место в том случае, когда строчной синхронизирующий импульс хотя и управляет работой генератора строчной развертки, но делает это несвоевременно. Устранение такого вида искажения принимаемого изображения производится путем осторожной регулировки частоты строк.

Все перечисленные искажения принимаемого изображения легко устраняются с помощью ручек регулировки, выводимых или на переднюю панель телевизора, или на заднюю стенку его шасси. Однако существует еще целый ряд причин, способных исказить телевизионное изображение. Эти искажения вызываются неправильной или недостаточно качественной регулировкой телевизора при его изготовлении или различными внешними причинами.

К первой группе причин, приводящих к искажению изображения, относятся так называемые нелинейные искажения. Появление этих искажений вызвано следующими причинами.

В телевизионном передатчике, где нет особой необходимости заботиться об уменьшении числа ламп n^* и об экономии потребляемой мощности питания, все элементы отрегулированы так, что движение развертывающего электронного луча как по строке, так и по кадру происходит со строго постоянной скоростью и закон перемещения электронного луча по поверхности мишени передающей трубки всегда строго линеен.

Другое дело в телевизоре, где с целью его упрощения, уменьшения его размеров или удешевления его стоимости и стоимости его эксплуатации нужно соблюдать предельную экономию во всех его элементах. Здесь закон строгого постоянства скорости передвижения электронного луча по поверхности экрана трубки может быть нарушен, и это нарушение в ряде случаев может явиться причиной заметных искажений.

Обычно нарушение строгой линейности движения электронного луча по поверхности экрана приемной трубки выражается в том, что электронный луч в начале строки или в начале полукадра движется быстрее, чем развертывающий электронный луч в трубке передатчика. Затем эта скорость постепенно уменьшается и в конце развертки данной строки или данного полукадра становится меньше соответствующих скоростей перемещения луча в передающей трубке. Общее время прохождения электронного луча, по каждой строке и каждому полукадру при этом сохраняется таким же, как и в передатчике, и на экране приемной трубки телевизора получится неподвижное изображение.

Если электронный луч в приемной трубке в начале строки перемещается быстрее, чем в передающей трубке, то и все детали изображения, расположенные в начале строки, в воспроизводимом изображении займут больше места, чем в действительности они занимают в передаваемом изображении. Это значит, что в левой части принятого изображения, где находится начало строк, детали изображения будут шире по своим горизонтальным размерам, чем в действительном изображении. Точно так же, если в конце развертки строк

электронный луч будет двигаться медленнее, чем в передающей трубке, то детали передаваемого изображения окажутся в горизонтальном направлении сжатыми по сравнению с оригиналом. При таком характере движения электронного луча в приемной трубке изображение на экране телевизора будет менять свои горизонталь-

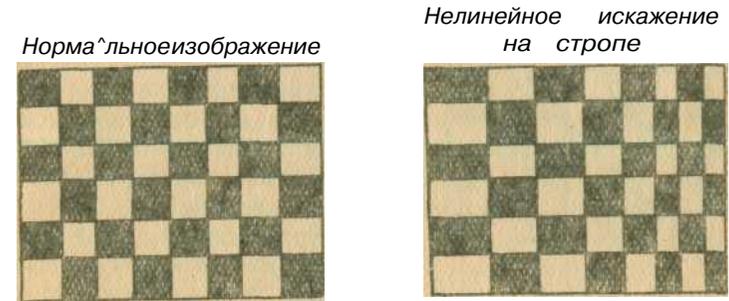


Рис. 82. Нелинейное искажение по строке

ные размеры в зависимости от того, находится ли данный предмет этого изображения в правой или левой части передаваемой сцены (рис. 82).

Такое искажение принятого телевизионного изображения называется нелинейным искажением по строкам.

Непостоянство скорости движения электронного луча по экрану приемной трубки в вертикальном направлении проявляется обычно в том, что в верхней части экрана электронный луч перемещается с повышенной скоростью, а в нижней части экрана скорость движения электронного луча становится ниже нормальной. Это приводит к ненормальному расширению верхней части изображения и к такому же ненормальному сжатию его нижней части (рис. 83). В кадровой развертке возможны и другие виды нарушения линейности движения электронного луча по поверхности развертки.

Такой вид искажения принимаемого изображения принято называть нелинейным искажением по кадрам, или кадровым нелинейным искажением.

Оба эти случая нарушения нормального вида принятого изображения практически почти не поддаются

устранению в готовом телевизоре и, при данной его схеме и конструкции, могут быть сведены к допустимому минимуму только при заводской регулировке.

К числу случаев, когда изображение портится из-за каких-то внешних влияний, не связанных непосредственно с самим телевизором, можно отнести появление вертикальных волнистых полос, непрерывно меняющих свое очертание и переходящих от отдельных широких черных волн к мерцающей мелкой сетке.

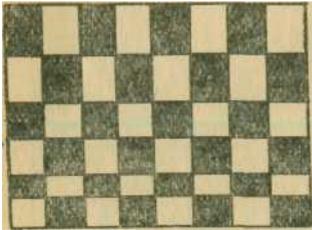


Рис. 83. Нелинейное искажение по кадру

Причины, вызывающие такие и им подобные искажения принимаемого изображения, принято называть помехами.

Источников появления такой помехи нормальному приему телевизионного изображения может быть несколько. Иногда это распо-

ложенный по соседству такой же телевизор (если у него нет усилителя высокой частоты), иногда это обычный супергетеродинный радиоприемник, также находящийся вблизи и работающий в это время в коротковолновом диапазоне. Чаще всего такую волнистую сетку могут вызвать излучения расположенных неподалеку связанных радиостанций или радиостанций иного назначения. В последнем случае может помочь антенна с применением рефлектора и одного или нескольких директоров.

В ряде случаев может наблюдаться появление на принимаемом изображении одной или двух пар светлых и темных горизонтальных полос (рис. 84), с плавным переходом от одной к другой. Эти полосы обычно бывают при плохой фильтрации постоянных питающих напряжений.

Иногда при приеме изображения верхняя или нижняя часть экрана получается настолько сильно засвеченной, так что изображение в этой части экрана пропадает. Может быть, эта полоса окажется и в середине экрана. Такую помеху обычно создают работающие вблизи какие-либо, в частности, больничные электроустановки.

Таким образом, качество принимаемого телевизионного изображения, кроме общих параметров телевизионной передачи, в каждом отдельном случае определяется как правильностью настройки и регулировки телевизора, так и условиями приема сигнала и уровнем и видом имеющихся сигналов помех. В общем случае качество изображения, воспроизводимого на экране телевизора, может быть обрисовано тремя характеристиками:

1) линейность, т. е. правильность соотношений линейных размеров отдельных частей принимаемого изображения;

2) четкость, т. е. степень различимости отдельных мелких деталей, имеющихся в передаваемом изображении;

3) контрастность, т. е. степень различимости в принятом изображении яркости свечения его темных и светлых мест.

Для количественной оценки величин этих характеристик и правильности регулировок, производимых с помощью имеющихся в каждом телевизоре ручек управления, служит так называемая испытательная таблица, приведенная на рис. 74—82, передаваемая телевизионной станцией специально для проверки и регулировки телевизоров. С помощью этой таблицы можно провести полную регулировку телевизора и дать оценку качеству его работы.

Первая операция, которую следует провести при регулировке телевизора, заключается в том, чтобы с помощью ручки фокусировки добиться четкой видимости отдельных строк раstra, установив при этом нормальную яркость свечения экрана с помощью ручки регулировки яркости. Отчетливая видимость отдельных строк раstra будет означать, что точка фокусировки электронного луча совпадает с внутренней поверхностью экрана трубки.

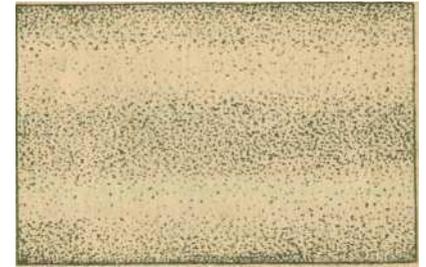


Рис. 84

После этого с помощью ручек регулировок: «размер по кадру», «размер по строке», «центровка по кадру» и «центровка по строке» размер и положение раstra должны быть установлены так, чтобы края испытательной таблицы точно совпали с рамкой экрана. Если телевизор при изготовлении был отрегулирован правильно, то все клетки испытательной таблицы будут при этом иметь форму правильных квадратов, точно так же, как и круги в центре и по углам таблицы будут иметь форму правильных окружностей. Замечаемое глазом отклонение от этих правильных форм будет показывать степень нелинейности строчной и кадровой развертки в данном телевизоре. Для качественной оценки принимаемого изображения можно сказать, что если круг в центре испытательной таблицы не очень заметно отличается от правильной окружности, а квадраты внизу слева не очень заметно отличаются от подобных им квадратов сверху справа, то степень нелинейности развертки можно считать допустимой. Следует еще раз заметить, что в готовом телевизоре можно только оценить степень нелинейности строчной или кадровой развертки, но изменить ее без изменения ряда элементов в большинстве телевизоров практически невозможно. Допустимость же имеющейся в данном телевизоре нелинейности разверток можно определить единственно тем, заметна ли эта нелинейность при просмотре телевизионной передачи или нет.

Второй характеристикой изображения, воспроизводимого на экране телевизора, является его четкость, т. е. степень воспроизведения в этом изображении мелких его деталей.

В телевизионной технике принято различать отдельно четкость воспроизводимого изображения по вертикали и по горизонтали, т. е. по строке и по кадру. Количество четкости принимаемого изображения выражают числом строк. Так, например, обычно говорят, что четкость принимаемого изображения по кадру около 500 строк и по строке около 450 строк, причем численное значение четкости принятого изображения, выраженное числом строк, всегда заметно меньше, чем 625.

Причин для этого существует несколько, и одна из них, из-за которой количественная оценка четкости изображения, воспроизводимого на экране телевизора, ни-

когда не может быть выражена числом 625, заключается в следующем.

За время передачи одного полного телевизионного кадра электронный луч в передающей, а следовательно, и в приемной трубке действительно проходит весь экран в горизонтальном направлении (прямой ход) и значительно более быстро обратно (обратный ход) 625 раз, покрывая его сплошной сеткой строк. Однако на возвращение электронного луча от конца предыдущего полукадра к началу следующего требуется вполне определенное время, и часть из полного числа строк развертки приходится именно на это возвратное движение электронного луча при смене полукадров. Время возвратного движения луча составляет примерно 8% от всего времени развертки одного полного кадра. Следовательно, 8% от всего общего числа строк не используется для передачи телевизионного сигнала, и рабочее число, строк, на которое действительно разлагается изображение, не может быть больше, чем

$$625 \frac{100-8}{100} = 575 \text{ строк.}$$

Дальнейшее уменьшение четкости принимаемого изображения определяется тем, насколько хорошо отрегулирован и настроен данный телевизор.

Из того, что было сказано раньше о чересстрочной развертке, можно заключить, что строки второго полукадра должны ложиться точно в промежутках между строками, прочерченными электронным лучам при развертке первого полукадра. Если строки второго полукадра окажутся сдвинутыми почему-либо вверх или вниз, то соответственно снизится и качество принятого изображения. Убедиться в этом можно на простом примере: если строки второго полукадра совпали со строками первого полукадра, то качество изображения окажется таким же, как при разложении его на вдвое меньшее число строк.

Сдвиг местоположения строк второго полукадра относительно середины между строками первого полукадра носит название спаривания строк: чем больше спаривание строк, тем меньше четкость принимаемого изображения.

Явление спаривания строк влияет главным образом на четкость воспроизведения деталей в вертикальном направлении, и это при хорошей фокусировке электронного луча является практически почти единственной причиной, из-за которой уменьшается четкость принятого изображения по кадру.

Явление спаривания строк может быть в значительной степени уменьшено путем тщательной регулировки частоты кадров около того положения ручки ее регулировки, при котором получается устойчивое изображение.

Несмотря на то, что явление спаривания строк в какой-то степени сказывается на четкости изображения по строкам, основным элементом, определяющим эту четкость, является характеристика приемно-усилительного тракта, т. е. характеристика усилителей высокой и промежуточной частоты и усилителя сигналов изображения.

Серьезное влияние на качество принимаемого изображения может оказать также и применяемая антенна, если она будет иметь недостаточно высокую полосу пропускания.

Чем меньше линейные размеры деталей передаваемого изображения, проходимые электронным лучом при развертке каждой данной строки, тем быстрее меняется получаемый при этом электрический сигнал изображения. С другой стороны, восприимчивость приемно-усилительной схемы телевизора к воспроизведению быстрых изменений сигнала тем больше, чем шире полоса ее пропускания. Следовательно, степень воспроизводимости деталей с малыми линейными размерами будет определяться общей шириной полосы пропускания всего приемно-усилительного тракта телевизора: от антенны до управляющего электрода трубки.

Таким образом, можно вывести заключение, что в готовом телевизоре повысить четкость изображения по строке практически очень трудно. Однако при этом предполагается абсолютно правильное положение несущей частоты принимаемого сигнала по отношению к частотным характеристикам усилителей высокой и промежуточной частоты. Так как обеспечить необходимую степень сохранения правильности настройки и ее неизменность в процессе длительной работы телевизора практически невозможно, то во всех телевизорах, как правило, имеется ручка регулировки частоты гетеродина, с помо-

щью которой можно произвести подстройку телевизора так, чтобы получить возможно более высокую четкость принятого изображения.

Для количественного определения четкости по испытательной таблице служат вертикальные и горизонтальные веерообразные пучки черных и белых линий. Вдоль пучков, от широкой их части к узкой, поставлены цифры: 3, 4, 5 и 6 или 300, 400, 500 и 600. Горизонтальные веера служат для определения четкости принимаемого сигнала по кадру, вертикальные веера — для определения четкости по строкам. При определении количественного значения четкости в том или ином направлении замечается место на соответствующем веере, где отдельные линии начинают сливаться, и определяется цифра, соответствующая этому месту. Например, различимость отдельных линий начинает пропадать на горизонтальных веерах между цифрами 4 и 5 или 400 и 500. Это значит, что четкость принимаемого изображения по кадру составляет примерно 450 строк.

Контрастность принимаемого изображения определяется так называемым числом градаций его яркости. Для количественного определения этой характеристики служат вертикальные и горизонтальные полосы внутри центрального круга испытательной таблицы, разделенные на 10 одинаковых прямоугольников. Эти полосы разделены по яркости так, что один из крайних прямоугольников белый и другой из крайних прямоугольников — черный. Остальные прямоугольники имеют промежуточные оттенки.

Оттенок каждого прямоугольника постоянен и отличается от оттенков соседних с ним прямоугольников. У правильно настроенного и правильно отрегулированного телевизора оттенок каждого прямоугольника должен отличаться от оттенков соседних с ним участков. В готовом телевизоре изменение контрастности производится с помощью ручки регулировки средней яркости свечения экрана и ручки регулировки величины подаваемого на трубку сигнала изображения.

ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Выше были рассмотрены способы осуществления телевизионных передач в черно-белых тонах, когда передается только различие интенсивностей освещенности отдельных мест передаваемой сцены и никак не отражается их цветовой состав. Рассмотрим теперь коротко основные принципы передачи цветных телевизионных изображений.

Телевизионная передача цветных изображений, так же как и цветная кинематография, основана на том, что любой цветовой оттенок может быть составлен из трех основных цветов: синего, красного и зеленого, взятых в определенном соотношении. Изменение количественного содержания любой из этих составляющих приводит к новому цветовому оттенку.

Это значит, что любое цветное изображение может быть представлено как некоторое сочетание трех цветовых составляющих: синей, красной и зеленой, взятых в определенном соотношении.

Предположим, что между объективом, проектирующим оптическое изображение передаваемой сцены на мишень передающей трубки, и мишенью расположен цветовой фильтр, пропускающий только синий световой поток. В этом случае полученный телевизионный сигнал будет передавать только синюю составляющую данного изображения.

Заменим теперь синий фильтр на красный. Полученный электрический сигнал изображения будет передавать только краевую его составляющую. Прделав такую же операцию с зеленым фильтром, получим электрический сигнал изображения, созданный его зеленой составляющей.

Предположим теперь, что на то время, пока идет прием сигнала от синей составляющей передаваемого изображения, перед экраном телевизора помещается фильтр, пропускающий только синий свет. В этом случае изображение будет принято в синих тонах. В момент, когда кончилась передача сигнала от синей составляющей передаваемого изображения и началась передача сигнала от его красной составляющей, перед экраном телевизора пусть будет установлен фильтр, пропускающий только

красный свет: изображение на экране телевизора будет воспроизведено только в красных тонах. По окончании передачи сигнала от красной составляющей на все время передачи сигналов от зеленой составляющей перед экраном телевизора устанавливается зеленый фильтр: принятое изображение будет содержать, только зеленые тона.

Предположим теперь, что смена цветных фильтров в передатчике и соответственно в телевизоре будет происходить настолько быстро, что к моменту следующего появления изображе-

ния, передаваемого в оттенках данного цвета, глаз еще сохраняет его предыдущее свечение. Тогда общее зрительное впечатление от синей, красной и зеленой составляющих будет таким, как будто все цветовые оттенки передаваемой по телевизионному тракту сцены воспроизводятся на экране телевизора одновременно: изображение на экране телевизора будет восприниматься в его натуральных цветах.

Выясним основные требования к такой передаче и возможные способы ее осуществления.

Предположим, что перед объективом оптической системы, создающей оптическое изображение передаваемой сцены на мишени передающей трубки, помещается вращающийся диск (рис. 85), составленный из трех цветных фильтров: синего, красного и зеленого. Диск расположен так, что перед объективом может находиться любой из составляющих его фильтров.

Пусть точно такой же диск располагается и перед экраном телевизора, а сам экран трубки способен светиться чисто белым светом, без каких-либо заметных для глаза цветовых оттенков. Цветной диск в передатчике вращается с вполне определенной скоростью, и на мишень передающей трубки попеременно поступают отдельные цветовые составляющие передаваемого изобра-

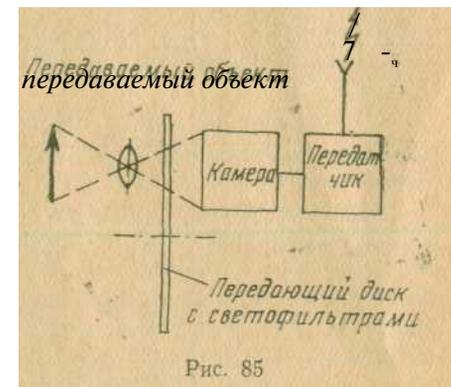


Рис. 85

жения, сменяясь в определенном порядке и с определенной скоростью.

Если такой же цветной диск в телевизоре вращается в точном соответствии с вращением диска в передатчике, т. е., как говорят, синхронно и синфазно с «ним, то перед глазом зрителя будет происходить быстрая смена цветных составляющих передаваемого изображения, сливающихся в одну общую цветную картину.

Как быстро должна происходить смена отдельных; цветных изображений и какие изменения произойдут в телевизионном сигнале?

Прежде всего, частота повторения каждого из цветных изображений должна быть такой, чтобы промежуток времени между этими повторениями был меньше времени зрительной памяти человеческого глаза, т. е. не менее 10 раз в секунду. В противном случае не будет обеспечено впечатление слитности принятого изображения и фон этого изображения будет казаться то синим, то красным, то зеленым.

Однако выполнения этого требования еще недостаточно для получения на экране телевизора хорошего цветного изображения. Если повторение каждого из трех одноцветных составляющих полного изображения (частота повторения цветных полей) будет происходить, всего лишь 10 раз в секунду, то ярко выраженная изменчивость цветной окраски фона изображения действительно исчезнет, но останется впечатление цветного мелькания: фон изображения будет восприниматься таким, как будто он имеет переменную цветную окраску. Хотя изменение этих окрасок глазом непосредственно восприниматься не будет, но само ощущение быстрой ее смены сохранится и будет производить неприятное впечатление. По этой причине число смен цветных полей должно быть выбрано более высоким.

Когда речь шла о телевизионной передаче того или иного изображения в черно-белых тонах, т. е. о соответствующем воспроизведении на экране телевизора интенсивностей освещенности или светимости отдельных точек передаваемого изображения, то за один полный¹ кадр, т. е. за время развертки всех строк телевизионного раstra, передавались все световые оттенки этого изображения. В этом случае передача 25 кадров в секунду обеспечивала полное отсутствие светового мелькания фо-

на изображения, и средняя яркость изображения на экране телевизора изменялась лишь по мере изменения общей освещенности передаваемой сцены.

Когда же речь идет о передаче по телевизионному тракту цветного изображения, т. е. о воспроизведении на экране телевизора не только интенсивностей свечения тех или иных его мест, но и о воспроизведении их цветового состава, то каждое место изображения воспроизводится за три прохождения электронного луча, и поэтому условия, (установленные для передачи одноцветного черно-белого изображения должны теперь выполняться для каждой цветовой составляющей.

В одной из практически осуществленных систем цветного телевидения смена цветных полей происходит через каждый полукадр. В этой системе, например, первый, нечетный полукадр первого кадра передает синюю составляющую передаваемого цветного изображения, второй, четный полукадр, передает красную его составляющую. Нечетный полукадр второго кадра будет передавать зеленую составляющую, а четный полукадр — снова синюю составляющую и т. д.

В телевизионный сигнал при этом вводятся специальные синхронизирующие импульсы, отмечающие время перехода от одного цветного поля к другому, точно так же, как подобные же импульсы регулируют движение электронного луча по строке и по кадру в строгом соответствии с движением электронного луча в передающей трубке.

В описанном выше способе передачи цветных изображений цветные составляющие этого изображения сменяются через каждый полукадр развертки. Такие системы называются системами цветного телевидения с полукадровой сменой цветов. Кроме таких систем цветного телевидения, где цветные составляющие меняются от полукадра к полукадру, возможны также и другие системы, где смена цветных составляющих происходит от строки к строке и даже от элемента к элементу. В настоящее время цветное телевидение переходит от исследовательской лаборатории к квартире телезрителя. Внимание, уделяемое развитию телевизионной техники со стороны нашей партии и правительства, является надежным залогом того, что цветное телевидение станет скоро столь же привычным, как и цветной кинофильм.

у

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава первая. Принцип осуществления передачи и приема изображения	6
Глава вторая. Разделение изображения на элементы и преобразование их в электрический сигнал	16
Глава третья. Преобразование электрического сигнала в изображение	22
Глава четвертая. Способы получения, фокусировки и отклонения электронного луча	25
Глава пятая. Способы получения пилообразных напряжений и пилообразных токов	37
Глава шестая. Согласование разверток в передающей и приемной трубках	44
Глава седьмая. Передача сигнала изображения. Чересстрочная развертка	50
Глава восьмая. Скелетная схема телевизионного приемника	56
1. Антенна	59
2. Усилитель высокой частоты	60
3. Гетеродин и смеситель	62
4. Усилитель промежуточной частоты сигналов изображения	62
5. Усилитель сигналов изображения	65
6. Амплитудный и частотный селекторы	66
7. Генератор кадровой развертки	68
8. Генератор строчной развертки	70
9. Фокусирующее устройство	73
10. Приемная трубка	73
Глава девятая. Искажения принимаемого изображения	77
Глава десятая. Цветное телевидение	92

Александр Яковлевич Клопов

ЧТО ТАКОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Редактор А. И. Григорьева Техн. ред. М. С. Карякин
Худ. ред. Б. А. Васильев Корректор М- В. Радзинская

Г-15 000 Сдано в набор 4/VI-55 г. Подп. к печ. 15/ IX 1955 г.
Бумага МХЮв/за; 3,0 физ. п. л.=4,92 усл. п. л. Уч.-изд. л.=4,585
Изд. № 2/539 Тираж 75 000 экз. Цена 1 руб. 40 кол.

Издательство ДОСААФ, Москва, Б-66, Ново-Рязанская ул., д. 26

Типография Изд-ва ДОСААФ, г. Тушино. Зак. 529