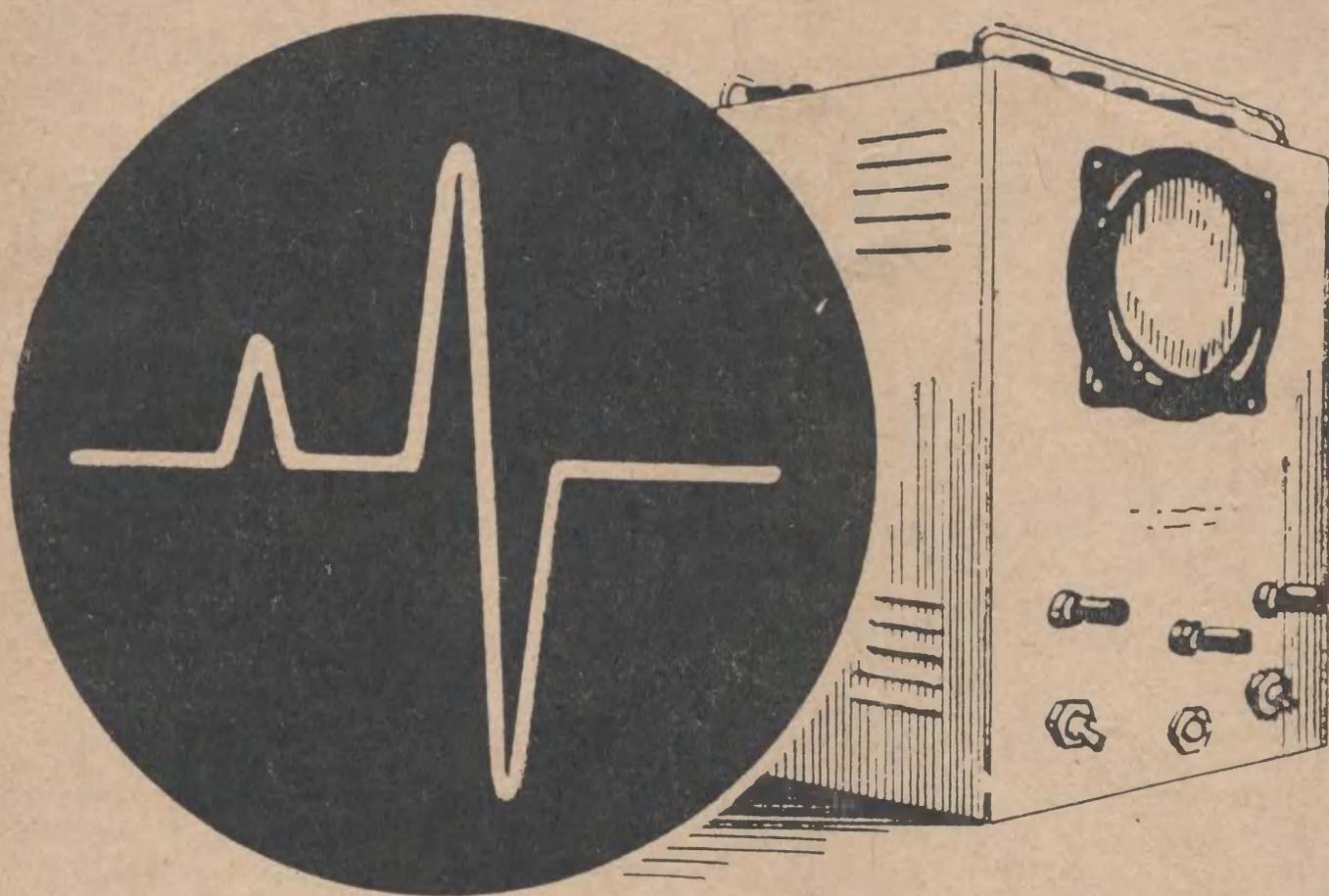


ЦЕНТРАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ЮНЫХ ТЕХНИКОВ РСФСР

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ «ЮНЫЙ ТЕХНИК»



Э. БОРНОВОЛОКОВ

ОСЦИЛЛОГРАФ- МОЙ ПОМОЩНИК

18(324)

1970

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАЛЫШ»

Существует очень много различных электро- и радиоизмерительных приборов. Но ни один из них, кроме осциллографа, не дает наглядного представления об измеряемой величине. Название этого прибора состоит из латинского слова *oscillum* — колебания и греческого слова *grapho* — пишу. Однако иногда этот прибор называют осцилоскопом (лат. *oscillum* — колебания + гр. *skopeō* — смотрю). Это название более точное, хотя чаще употребляется «осциллограф». Есть электромеханические осциллографы и электронные. Для наблюдения форм электрических процессов и характера их протекания во времени наибольшее распространение получили электронные осциллографы.

Осциллограф — прибор универсальный, и если в проводимых исследованиях не требуется очень большой точности, он может заменить ряд радиоизмерительных приборов. Результаты измерений, полученных с помощью осциллографа, более наглядны и создают более ясную картину исследуемого процесса, чем все остальные приборы. С помощью осциллографа можно получить без предварительных построений графики зависимости напряжений и токов во времени, зависимости токов и напряжений друг от друга и др.

Используя несложные приставки, осциллографом можно измерять частоту электрических колебаний, сопротивление электрической цепи, глубину и качество модуляции, оценивать нелинейные и частотные искажения, измерять индуктивность и добротность катушек и емкости конденсаторов, электрическую мощность, определять параметры радиоламп и транзисторов, снимать характеристики колебательных контуров и даже измерять неэлектрические величины (давления, короткие отрезки времени, форму предметов и пр.).

ЧУДЕСНЫЙ ЭКРАН

Создание электронного осциллографа стало возможным только после того, как была изобретена электронно-лучевая трубка. Такая трубка установлена в каждом телевизоре, который очень похож на осциллограф, только более сложен по устройству.

Как же работает электронно-лучевая трубка? Вспомним, что вокруг нагретого проводника с током образуется электронное облако. Если к такому проводнику-катоде присоединить отрицательный полюс батареи, а к металлической пластине-аноду, находящейся на небольшом расстоянии от проводника, — положительный полюс, то мы получим простейший диод (рис. 1). Если теперь катод такого диода выполнить цилиндрическим, а в середине анода сделать отверстие, то часть электронов, летящих от катода к аноду, проскочит по инерции в отверстие анода и полетит в пространство за анодом. Поместим теперь сзади анода, напротив отверстия в нем, экран, покрытый особым веществом — люминофором. Люминофор обладает замечательной способностью светиться, если на него направить поток электронов. Все электроны в нашем диоде, проскочившие в отверстие анода, достигнут экрана и ударятся о слой люминофора. При ударе возникает свечение. Оно тем интенсивнее, чем больше скорость ударяющихся электронов (рис. 2).

Светящееся пятно на экране, находящемся за анодом, не имеет четких границ, и диаметр его будет значительно больше диаметра отверстия в аноде. Нам нужно сфокусировать электронный поток в тонкий луч, чтобы на экране получить яркую светящуюся точку. Всем известно, что одноименные электрические заряды взаимно отталкиваются, а разноименные притягиваются. Сфокусировать, сжать электронный поток в узкий луч можно с помощью небольшого цилиндра из проводящего материала, расположенного на пути электронов и находящегося под отрицательным потенциалом (рис. 3). Электроны, вылетающие из торцевой поверхности катода, попадают внутрь цилиндрического фокусирующего электрода. Они имеют отрицательный заряд и стремятся к положительно заряженному аноду. Но на пути электронов встречается поле отрицательно заряженного фокусирующего электрода. Электрическое поле отталкивает электроны от стенок цилиндра и «сжимает» их в тонкий пучок — электронный луч. Теперь на экране будет светиться яркая небольшая точка. Яркость свечения этой точки можно регулировать, если на пути электронов установить еще один электрод, тоже обычно цилиндрической формы, и подключать его к отрицательному полюсу источника напряжения. Этот цилиндр очень напоминает фокусирующий электрод. Разница состоит в том, что мы можем менять напряжение на этом электроде резистором переменного сопротивления (рис. 4). И напряжение на этом электроде, обычно расположенном ближе к катоду, сильнее влияет на интенсивность тока луча, на плотность электронного потока. Ручкой регулировки яркости можно настолько ослабить электронный поток, что он прекратится вовсе.

Все перечисленные электроды, формирующие электронный луч, называют «электронной пушкой». Электронные пушки есть во всех электронно-лучевых трубках. В некоторых трубках бывает несколько электронных пушек. Например, в цветном кинескопе — три.

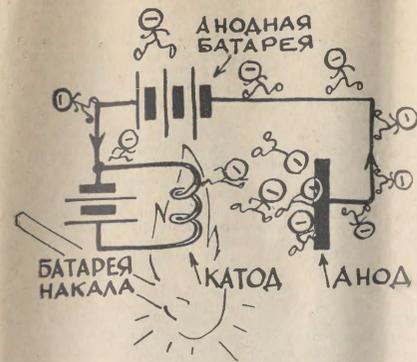


Рис. 1

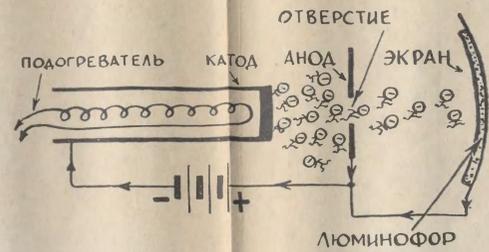


Рис. 2

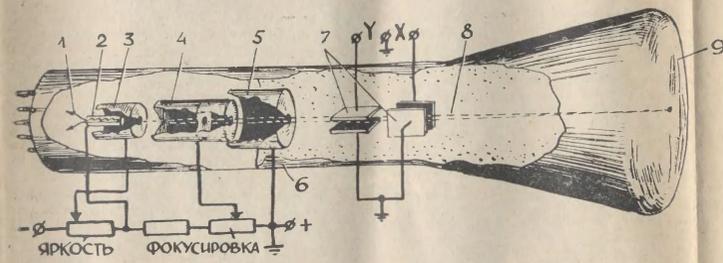


Рис. 5

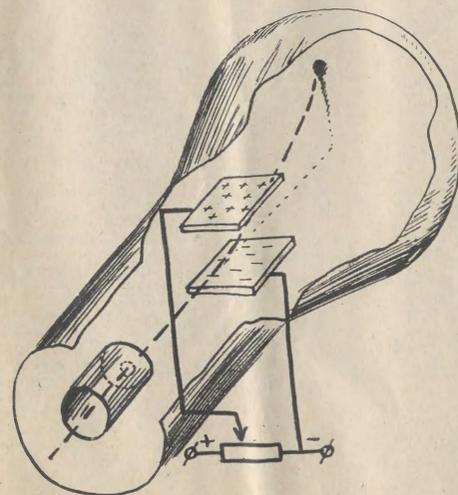


Рис. 7

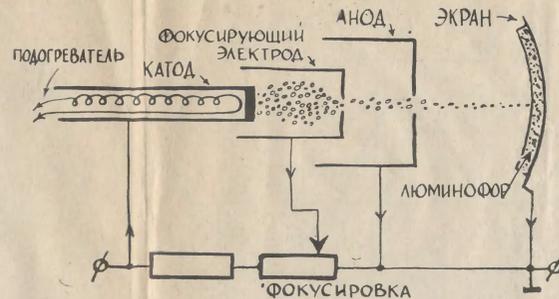


Рис. 3

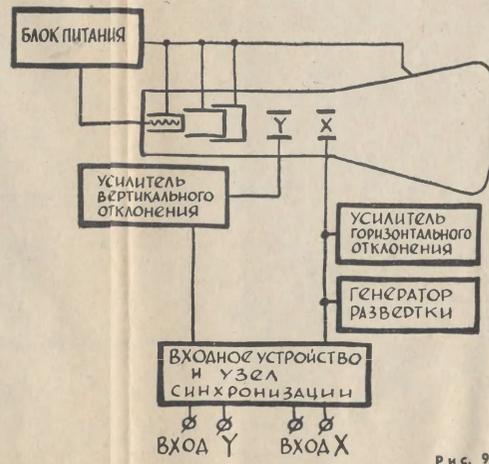


Рис. 9

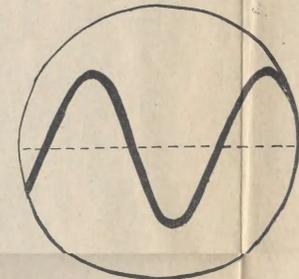


Рис. 11

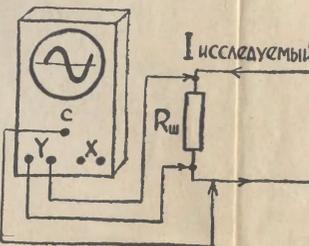


Рис. 12

ВОТ ОН КАКОЙ, ОСЦИЛЛОГРАФ

Блок-схема, показывающая из каких узлов состоит простой осциллограф, дана на рис. 9. В каждом осциллографе есть электронно-лучевая трубка. Для получения сфокусированного луча на электроды трубки необходимо подать питание. Подается напряжение накала трубки для разогрева катода, затем фокусирующее и ускоряющее напряжения — на аноды и управляющее напряжение для изменения яркости свечения экрана. Следовательно, нужен блок питания. От этого же блока обычно получают питание и усилители каналов горизонтального и вертикального отклонения. Усилители необходимы для того, чтобы можно было исследовать небольшие токи и напряжения, которые не смогут заметно отклонить электронный луч, если исследуемое напряжение подать непосредственно на отклоняющие пластины. Отклонение луча по горизонтали осуществляется генератором развертки. Если исследуемое напряжение подается только на вход вертикального отклонения, то работает генератор внутренней развертки. В некоторых случаях бывает необходимо на вход X подать другие напряжения, чтобы развертка была иной, чем от внутреннего генератора.

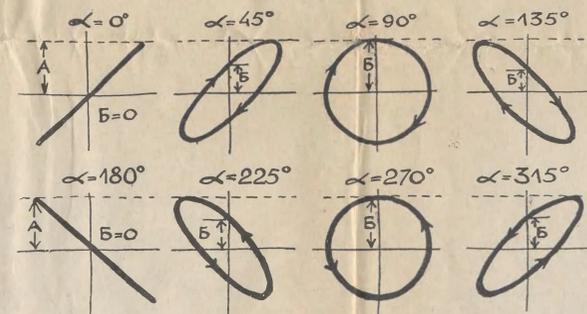


Рис. 13

Электроны, попадая на люминофор экрана, вызывают его свечение. Образующиеся при этом вторичные электроны стекают по графитовому или металлизированному покрытию внутри колбы трубки на общий положительный полюс источника питания. Итак, мы можем сфокусировать тонкий пучок электронов, движущихся от катода к аноду, вернее к экрану. То есть можно получить электронный луч. Поэтому прибор, с помощью которого можно получить такой луч, и получили название — электронно-лучевые трубки. Надо поместить на пути электронов еще несколько устройств, чтобы сфокусированный луч отклонить от центрального положения и заставить «рисовать» определенную картинку на экране трубки. Для этого нам нужно двигать луч по экрану. Это помогут сделать отклоняющие

пластины. Их обычно две пары — пластины горизонтального и вертикального отклонения. Экран плоский и, перемещая луч одновременно в горизонтальном и вертикальном направлениях, мы сможем воспроизвести на нем любую плоскую фигуру, подобно тому, как мы можем мелом на доске или карандашом на бумаге нарисовать желаемый рисунок. **УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ** На рисунке 5 показано внутреннее устройство обычной электронно-лучевой трубки, применяемой в осциллографах. Вы видите уже знакомый подогреватель-спираль 1 для нагрева катода; сам катод 2, торцевая часть которого покрыта специальным составом, облегчающим выход электронов с поверхности катода; управляющий электрод 3,

меняя напряжение на котором, мы можем менять яркость свечения; фокусирующий электрод 4, который часто называют первым анодом, и, наконец, тоже уже знакомый вам второй (основной) анод 5. Как было сказано, экран 9 покрыт люминофором, а люминофор соединен с графитовым покрытием 6 (аквадагом), имеющим внешний контакт с положительным полюсом источника питания. На рисунке показаны еще и отклоняющие пластины 7 — X и Y. Вы знаете из математики, что ось X — горизонтальная ось, а ось Y — вертикальная. Пластины и вход осциллографа X — это пластины и вход горизонтального отклонения луча, пластины и вход Y — вертикального отклонения луча. Вся система электродов помещена внутри стеклянной колбы, из которой откачан воздух. Люминофор нанесен на внутреннюю поверхность экрана. Если на

пластины горизонтального отклонения подать соответствующее постоянное напряжение, поток электронов 8, проходя между этими пластинами, отклонится в сторону положительно заряженной пластины. Если напряжение будет очень большим, электронный луч попадет на пластины. Но обычно отклоняющие напряжения выбирают такими, чтобы луч только сместился от середины до края экрана (рис. 6). В соответствии с этим и светящаяся точка переместится к краю экрана. Если менять величину и знак отклоняющего напряжения, светящаяся точка будет двигаться по горизонтальной линии (диаметру экрана) от одного края экрана к другому. На экране будет видна горизонтальная линия. Эта линия будет видна, даже если мы будем очень медленно менять отклоняющее напряжение. Происходит это потому, что почти все

осциллографические трубки обладают послесвечением. Люминофор некоторое время продолжает светиться после того, как электронный луч будет выключен или перейдет на соседние участки экрана. Такое свойство люминофора позволяет нам увидеть не отдельные точки изображения, а картину в целом. Например, кривую изменения тока или напряжения. При подаче постоянного напряжения на пластины вертикального отклонения произойдет то же самое, только луч отклонится по вертикали от центрального положения (рис. 7). Меняя напряжение на пластинах вертикального отклонения, мы можем двигать светящуюся точку по вертикали, рисуя прямую вертикальную линию. Если теперь одновременно подать напряжение на пластины горизонтального и вертикального отклонения,

ственную чувствительность, то есть такую, какая получается, если сигнал подать непосредственно на отклоняющие пластины. Полоса пропускания показывает, какие частоты мы можем исследовать с помощью данного осциллографа. Этот параметр определяется частотной характеристикой усилителя канала Y, т. е. тем, какие частоты усилитель может пропускать без заметного ослабления, искажающего осциллограмму. Важным параметром является схема входа — закрытая или открытая. Закрытая схема входа имеет в цепи последовательно включенный конденсатор, что исключает возможность исследования сигналов, содержащих постоянную составляющую. В паспорте осциллографа, кроме этого, указывают величины входного сопротивления и входной емкости, влияние которых надо учитывать при подключении осциллографа к исследуемой цепи. Большое значение имеет диапазон частот развертки, показывающий, с какой частотой можно подавать исследуемый сигнал для получения неподвижного изображения на экране. Так, например, если диапазон частот генератора развертки находится в пределах от 2 гц до 50 кгц, это означает, что такой осциллограф позволяет исследовать один период колебаний, имеющих такую же частоту или длительностью от 20 микросекунд до 0,5 секунды. Если в осциллографе есть калибратор меток длительности и амплитуды, важно знать цену этих меток. **ПРОСТЕЙШИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФОМ** Рассказ о возможностях осциллографа начнем с самых простейших измерений, которые наиболее часто встречаются в практике. **Определение значения приложенного напряжения.** Как было уже сказано, если на пластины вертикального отклонения подать постоянное напряжение, то положение светящегося пятна на экране трубки определится величиной и знаком напряжения, приложенного к отклоняющим пластинам. Величина отклонения пятна от первоначального положения будет пропорциональна приложенному напряжению. Измерив в миллиметрах величину отклонения (рис. 10, а) и зная чувствительность осциллографа, нетрудно определить значение приложенного напряжения:
$$U = \frac{l}{h} \text{ (чувствительность в мм/в)}$$
 Не следует забывать при этом о положении ручки регулятора усиления. Если усилитель выключен, то расчет ведут по этой формуле. Если напряжение на пластины подается через усилитель, истинная величина измеряемого напряжения будет во столько раз больше, во сколько раз усиливает усилитель. Определить это можно по положению ручки усилителя. Если на пластины вертикального отклонения подать переменное напряжение, у которого отрицательная половина одинакова с положительной, то на экране получим линию, размер которой будет соответствовать двойной амплитуде (рис. 10, б).

Получив вертикальную линию, равную двойной амплитуде переменного напряжения, включим генератор внутренней развертки. На экране осциллографа получится кривая, которая будет неустойчива. Она может двигаться вправо или влево по экрану, дрожать или мелькать. Нужно уравнять частоту генератора развертки с частотой исследуемого сигнала. Как только это будет сделано, кривая «остановится» и мы сможем наблюдать сколь угодно долго кривую исследуемого напряжения. При синусоидальном напряжении, подаваемом на вертикальный вход осциллографа, мы получим кривую, изображенную на рис. 11. Может случиться так, что размах синусоиды будет очень велик и она «выйдет» за пределы экрана, или наоборот, очень мал, и график будет неудобен для наблюдения. Это легко устраняется регулировкой усиления по каналу вертикального отклонения. **Измерение тока и электрической мощности.** Ток измеряют косвенным образом. Дело в том, что осциллографическая трубка реагирует на напряжение, подаваемое на отклоняющие пластины. Нам необходимо измерять ток в единицах напряжения, пропорционального этому току, и уже это напряжение подавать на трубку. Для этого надо в цепь измеряемого тока последовательно включить резистор, на котором создается падение напряжения, пропорциональное току, проходящему по этому резистору. Если параллельно резистору включить осциллограф, то осциллограмма падения напряжения на последовательно включенном резисторе с достаточной точностью отразит величину и изменения исследуемого тока. Блок-схема измерения и величины напряжения, можно определить значение тока по закону ОМА:
$$I = \frac{U}{R_{ш}}$$
 Эта формула верна только для постоянного тока и низких частот, где не сказываются емкости и индуктивности подводящих проводов, резистора и элементов подсоединения. С повышением частоты погрешность растет, и тре-

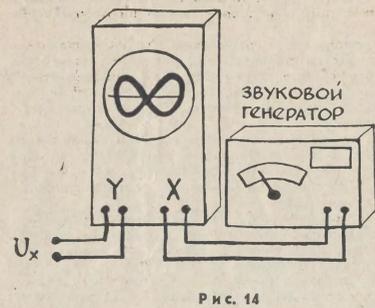


Рис. 14

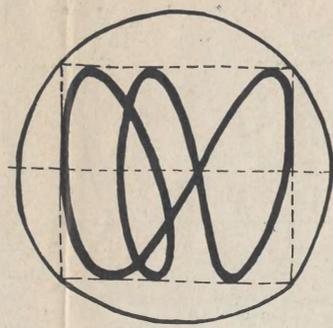


Рис. 16

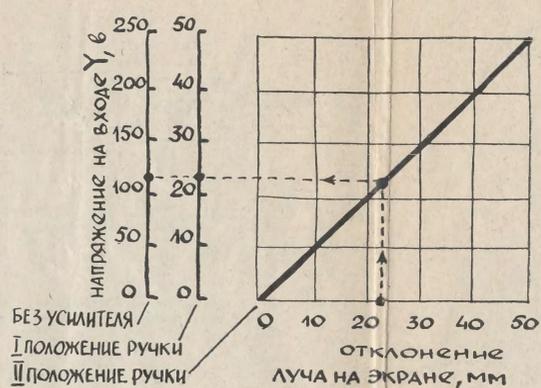


Рис. 17
БЕЗ УСИЛИТЕЛЯ
I ПОЛОЖЕНИЕ РУЧКИ
II ПОЛОЖЕНИЕ РУЧКИ

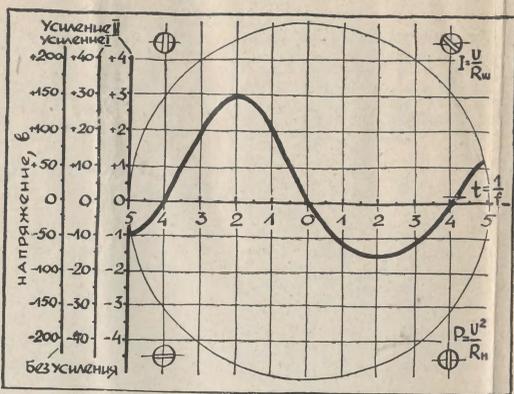


Рис. 18

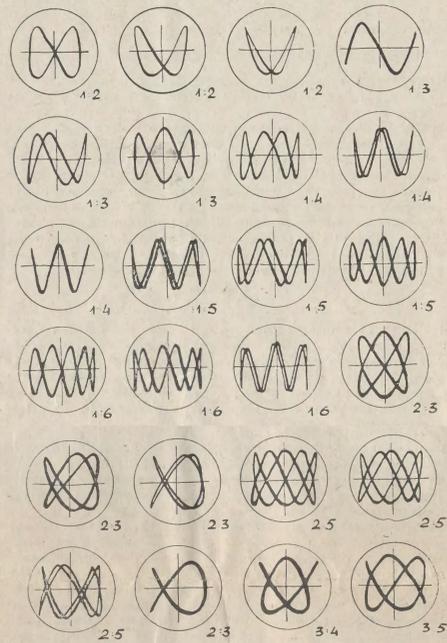


Рис. 15

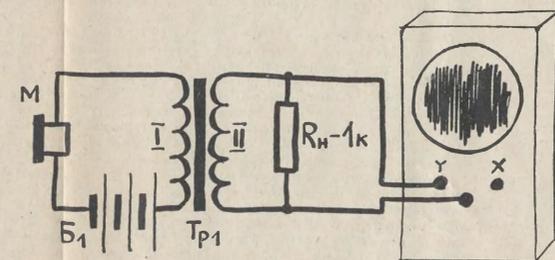


Рис. 21

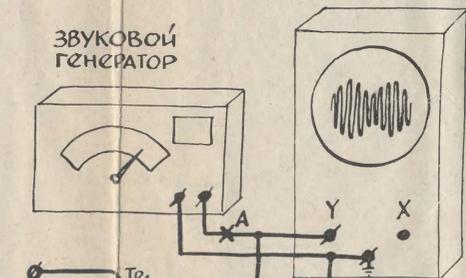


Рис. 22

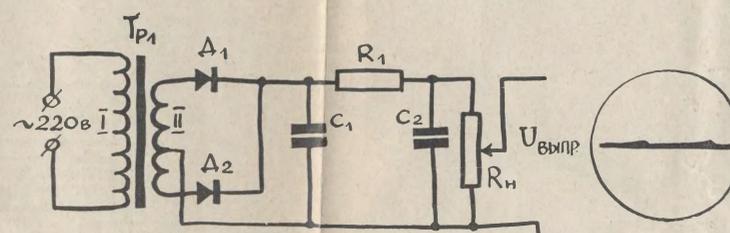


Рис. 23

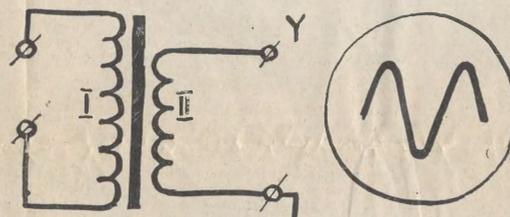


Рис. 24

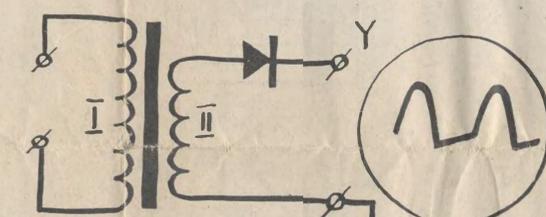


Рис. 25

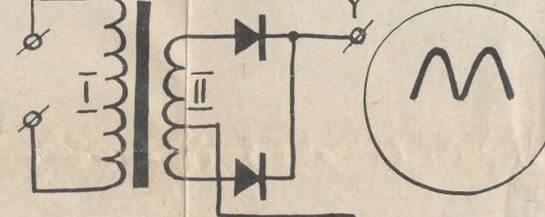


Рис. 26

буется нейтрализовать собственную емкость и индуктивность элементов схемы.
При измерениях переменного тока удобно воспользоваться внешней синхронизацией, взятой от исследуемого тока и подаваемой на клемму С.

Величину сопротивления $R_{ш}$ выбирают в зависимости от значений измеряемых токов. Чем меньше ток, тем больше $R_{ш}$. Измерение мощности производится по такой же схеме, что и измерение токов. Разница заключается в том, что осциллограф подключают параллельно нагрузке, сопротивление которой должно быть известно ($R_{ш}$). Определив на экране трубки значение напряжения, находят рассеиваемую мощность по формуле:

$$P = \frac{U^2}{R_{ш}}$$

Измерения фазы и частоты электрических токов и напряжений обычно производятся с помощью специальных приборов — фазометров и частотомеров. Эти приборы сложны по устройству и не дают наглядного представления об измеряемых величинах. Очень наглядно картину

фазы и частоты можно увидеть на экране осциллографа.

Сдвиг фаз между двумя синусоидальными напряжениями можно увидеть на экране осциллографа, если два одинаковых по амплитуде, но разных по фазе напряжения подать на вертикальный и горизонтальный вход осциллографа.

Допустим, что нам нужно определить сдвиг фаз между напряжениями на входе и выходе усилителя. При подаче на осциллограф этих напряжений на экране будет либо прямая линия, либо окружность или эллипс. Характер фигуры зависит от сдвига фазы между исследуемыми напряжениями. На рис. 13 показаны характерные фигуры (фигуры Лиссажу) на экране, взятые через 45°. Все промежуточные значения сдвига фазы определяют по формуле:

$$\sin \alpha = \pm \frac{B}{A}$$

Расстояния А и В указаны на рис. 13.

Если на отклоняющие пластины подать синусоидальные колебания неодинаковой частоты, то на экране появится фигура Лиссажу, по виду которой можно определить соотношение частот напряжений, поданных на отклоняющие пластины. Мы можем узнать, во сколько раз частота одного напряжения больше или меньше частоты другого напряжения. Для измерения неизвестной частоты исследуемое напряжение подводят к пластинам вертикального отклонения. На пластины горизонтального отклонения подают напряжение от градуированного генератора, т. е. известной частоты.

Блок-схема измерений показана на рис. 14. При измерении стремятся получить как можно более простую фигуру, так как это упрощает расшифровку осциллограммы и позволяет избежать ошибок. Расшифровка ведется следующим образом. Подсчитывают число точек касания фигуры с вертикальной линией и число точек касания фигуры с горизонтальной линией. Отношение этих чисел даст отношение частот.

Наиболее характерные фигуры Лиссажу для различных соотношений частот показаны на рис. 15. Возьмем, к при-

меру, фигуру Лиссажу, изображенную на рис. 16. Выпуклые части фигуры в одном месте касаются вертикальной линии и в трех местах — горизонтальной. Следовательно, соотношение частот, поданных на отклоняющие пластины, составит 1:3. Если частота напряжения, поданного на горизонтально-отклоняющие пластины, равна 600 гц, то исследуемое напряжение будет составлять:

$$\frac{f_r}{f_b} = \frac{1}{3}; f_b = \frac{3}{1} f_r = 600 \cdot 3 = 1800 \text{ гц,}$$

где f_r — частота напряжения, поданного на горизонтально-отклоняющие пластины; f_b — частота напряжения, поданного на вертикальные пластины.

При измерениях на низких частотах в качестве эталонного можно взять напряжение осветительной сети, частота которого с достаточной точностью равна 50 гц. Величина отклонения пята на экране трубки зависит от напряжения, приложенного к отклоняющим пластинам или ко входу усилителя. Чтобы измерить приложенное напряжение в вольтах, нужно каждый раз вычислять это значение или составить градуировочную кривую. Эта кривая

определяет зависимость величины отклонения пята на экране трубки от величины напряжения, поданного на вход осциллографа. На рис. 17 изображена такая зависимость, где в качестве примера указано, что отклонению луча в 22 мм соответствует 115 в напряжения, поданного непосредственно на вертикальные пластины, либо 23 в, поданного на вход вертикального усилителя при первом положении ручки регулятора усиления, либо 2,3 в при втором положении ручки, когда усиление в 10 раз больше. Чтобы не пользоваться каждый раз отдельным графиком, градуировочную сетку наносят на прозрачную пластмассовую пластину и помещают ее непосредственно перед экраном осциллографа. На рис. 18 изображена такая сетка.

Градуировка сетки или составление градуировочного графика производится следующим образом. На входные зажимы осциллографа (пластины Y) подают напряжение известной величины и измеряют величину отклонения пята на экране. Записав эти величины, меняют напряжение на входе и снова измеряют величину отклонения луча. Получают вторую точку градуировочной кривой

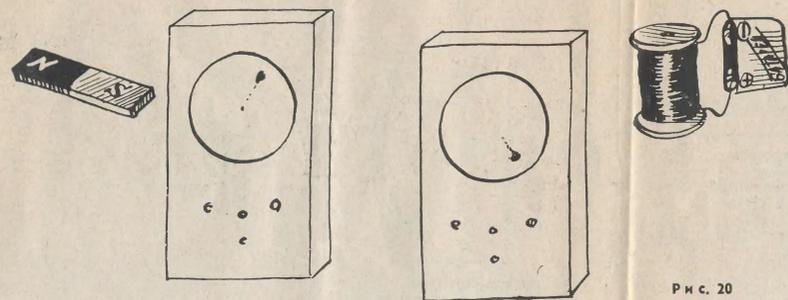


Рис. 19

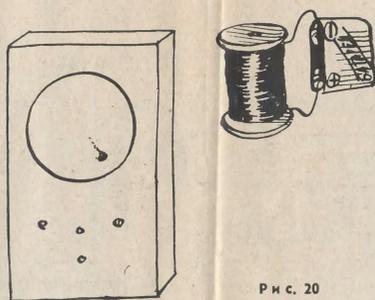


Рис. 20

и так далее. Определив 6—8 точек, соединяют их линией. Обычно это прямая линия, проходящая через начало координат под углом 45° к вертикальной и горизонтальной осям. Затем эталонное напряжение подают на вход усилителя и проделывают эти же манипуляции при одном и том же положении ручки регулятора усиления.

На основе этих измерений на прозрачном пластмассовом листе вычерчивают градуировочную масштабную сетку, которую устанавливают перед экраном осциллографа.

При измерении напряжения следует установить нулевое положение пята. Дело в том, что при отсутствии напряжения на входе X и Y светящееся пятно не обязательно будет находиться точно в центре экрана. В каждом отдельном осциллографе пятно может быть смещено относительно центра из-за неточности установки электронной пушки и различного взаимного расположения электродов (фокусирующего, управляющего и анодов). Нулевое положение на сетке (начало координат) определяют при короткозамкнутых входах горизонтального и вертикального отклонения и уже от этой точки на градуировочной сетке ведут отсчет, измеряя величину отклонения пята.

Кроме указанных простейших измерений, используя некоторые вспомогательные устройства, с помощью осциллографа можно определить частоту, длительность и амплитуду самых различных импульсов, посмотреть кривую модулированного напряжения, снять характеристики радиовещательного приемника или усилителя низкой частоты, настроить колебательный контур на нужную частоту и посмотреть его резонансную кривую. Можно также снять характеристики радиоламп и полупроводниковых приборов, использовать осциллограф как нулевой индикатор в мостовых схемах. Как видите, осциллограф является универсальным прибором для электрических и радиотехнических измерений, позволяющим не только измерить, но и увидеть измеряемую величину на экране электронно-лучевой трубки.

Мы познакомились только с некоторыми основными случаями применения осциллографа. Для того чтобы еще более полно раскрыть его возможности, попробуйте самостоятельно проделать несколько опытов с этим прибором.

ОПЫТЫ С ОСЦИЛЛОГРАФОМ

Во всех осциллографах электронный луч отклоняется электростатическим полем, образующимся между отклоняющими пластинами при подаче на них отклоняющих напряжений. Однако отклонение электронного луча может быть осуществлено и с помощью магнитного поля. Такой способ отклонения луча получил широкое распространение в телевизионных кинескопах. В том, что луч отклоняется магнитным полем, легко убедиться, если к работающему осциллографу поднести постоянный магнит. Некоторые осциллографы, например «Школьный», имеют не экранированную электронно-лучевую трубку, а корпус из немагнитного материала. Сфокусировав пятно при небольшой яркости и расположив его в центре экрана, поднесите постоянный магнит к боковой стенке, примерно в середине футляра. Пятно отклонится в направлении, зависящем от положения полюсов магнита (рис. 19). Поверните магнит на 90° — пятно переместится по экрану. Отклонение луча происходит оттого, что электронный луч можно рассматривать как проводник с электрическим током. А нам известно, что проводник с током выталкивается из магнитного поля.

Тот же самый опыт можно проделать, если вместо постоянного магнита применить электромагнит. В качестве электромагнита можно использовать катушку от универсального школьного трансформатора на 220 в. К зажимам катушки нужно подключить источник постоянного тока (аккумулятор) напряжением 4—6 в. Приближая катушку с током к боковым стенкам осциллографа или к верхней

стенке, мы сможем также наблюдать отклонение луча на экране (рис. 20). Если последовательно с катушкой включить реостат и менять ток в катушке электромагнита, пятно на экране будет перемещаться в зависимости от величины тока в катушке.

На экране осциллографа можно «посмотреть», как выглядит ваш голос, т. е. получить осциллограмму спектра речи или отдельных звуков. Соберите схему, изображенную на рис. 21. Для этого потребуется любая угольная микрофон, любая батарея, обеспечивающая напряжение 1—4 в, например КБС-Д-0,5, и микрофонный трансформатор с коэффициентом трансформации 1:20 или 1:30. Если нет такого трансформатора, можно воспользоваться переходным трансформатором от карманного приемника, включив первичную обмотку (с малым числом витков) в цепь микрофона, а вторичную (с большим числом витков) в вход осциллографа, как это показано на рис. 21.

Установив частоту развертки 200—300 гц, произнесите перед микрофоном какую-нибудь фразу. При достаточном усилении вы увидите на экране осциллограмму спектра собственного голоса.

Если есть камертон, поднесите его близко к микрофону и заставьте звучать. На экране появится «чистая» синусоида в отличие от колебаний, которые были получены при разговоре перед микрофоном. Меняя частоту развертки, подберите ее такой, чтобы на экране был один или два периода. Если есть камертон на другую частоту, сравните частоты по числу периодов синусоиды, получаемой от одного и от второго камертонов.

Голос наш содержит большое число синусоидальных составляющих, которые, суммируясь, образуют сложные колебания, присущие голосу человека. Камертон же дает только колебания одной частоты, которые мы и видим на экране.

Кстати, голос каждого человека сугубо индивидуален, так же, как дактилоскопический рисунок на пальцах. Созданы такие приборы, которые могут отличать голоса людей и запоминать их на очень длительное время. Эти приборы помогают, например, при розыске преступников или при создании секретных замков сейфов, открывающихся только по звуку голоса одного человека.

Попробуйте подражать камертону, издавая звуки, казалось бы одной тональности, т. е. одной частоты. Получить «чистую» синусоиду вам не удастся, потому что всегда будут присутствовать обертоны, отличающиеся по частоте и амплитуде от основной частоты. На экране вы увидите сложную кривую. Интересно провести сравнение голосов разных людей, произносящих одни и те же фразы или отдельные звуки. На экране будет четко видна разница в характере осциллограмм, вызванная наличием дополнительных обертонов, присущих каждому человеку и определяющих тембр его голоса.

Если нет камертонов, то в этих опытах можно воспользоваться генератором звуковых частот, на выход которого подключить громкоговоритель от вещательного приемника или радиотрансляционной сети.

На уроках физики изучают сложение колебаний. Осциллограф поможет увидеть исходные колебания и их сумму. Для этого к микрофону поднесите звучащий камертон (или громкоговоритель, работающий от генератора звуковых частот). На экране появится синусоида. Уберите камертон. Затем к микрофону приблизьте второй камертон, колеблющийся с частотой раза в два большей, чем первый. На экране получатся два периода синусоиды. Если теперь к микрофону приблизить и первый источник звука, колебания сложатся и на экране будет получена суммарная кривая.

Форму колебаний, образующуюся от сложения электрических колебаний различной частоты, можно получить на экране осциллографа, если на его вход подать напряжения от последовательно соединенных двух источников: от низковольтной обмотки трансформатора (напряжение накала ламп) и от звукового генератора.

Одним из самых трудно воспринимаемых понятий школьного курса физики является понятие о модулированных колебаниях и демодуляции (детектировании). Осциллограф поможет лучше разобраться в этих сложных вопросах.

Высокочастотное модулированное напряжение можно получить от двух генераторов — высокочастотного, обеспечивающего несущую частоту, и низкочастотного, создающего модулирующее напряжение. Для просмотра осциллограмм такого напряжения требуется осциллограф с высокочастотной разверткой. В школьной лаборатории таких приборов может и не быть, поэтому мы несколько упростим этот опыт. Генератором несущей частоты может служить обычный генератор низкой частоты, о котором мы упоминали раньше, а в качестве модулирующего напряжения мы воспользуемся низким накальным напряжением или напряжением от низковольтной обмотки школьного трансформатора (4—6 в) с частотой 50 гц. Низкочастотный генератор несущей должен быть настроен на частоту 15—16 кгц. Для контроля подаваемых на осциллограф напряжений необходимы наушники, желательно высокоомные с сопротивлением постоянному току 2000 ом.

На рис. 22 показана схема соединения приборов для демонстрации модулированных колебаний. Прежде чем соединять все детали, как показано на схеме, на вход Y подайте только низкочастотные колебания от трансформатора Tr_1 и, меняя синхронизацию, добейтесь того, чтобы на экране было не более двух волн синусоиды. Затем подключите наушники Тел. (телефоны) и прослушайте фон низкой частоты. Телефоны будут выполнять роль нагрузки. Теперь вместо низкочастотного модулирующего напряжения на вход Y подсоедините выход звукового генератора и не меняйте положения ручек синхронизации. На экране будет видно много периодов колебаний напряжения несущей частоты. Столь высокого тона в наушниках слышно не будет или будет слабо прослушиваться очень высокочастотный писк, похожий на звук, издаваемый близко летящим комаром.

Посмотрев на модулирующие колебания и «несущую» частоту, нужно подать на вход осциллографа одновременно те и другие колебания, и на экране получится осциллограмма модулированного напряжения.

Попробуйте в разрыв провода, идущего от звукового генератора к осциллографу (в точке, помеченной буквой A), включить полупроводниковый диод типа Д1, Д2, Д7, Д9 с любым буквенным индексом. На экране появятся выпрямленные высокочастотные модулированные колебания. Этот вид колебаний содержит высокочастотную, низкочастотную и постоянную составляющие. Постоянную составляющую мы не увидим на экране, если осциллограф имеет «закрытый» вход, т. е. на входе его стоит последовательно включенный конденсатор. Если конденсатора нет, изображение сместится вверх или вниз на расстояние, пропорциональное постоянной составляющей выпрямленного напряжения.

Если параллельно нагрузке (телефонам) включить конденсатор C_1 , который на схеме рис. 22 показан штрихом, то высокочастотная составляющая замкнется через этот конденсатор и на вход осциллографа не попадет. Мы получим диодный детектор амплитудно-модулированных колебаний. Такие детекторы являются неотъемлемой частью каждого вещательного приемника, работающего на длинных, средних и коротких волнах радиовещательного диапазона. Емкость конденсатора для нашего опыта нужно взять не менее 0,1 мкф. На экране осциллографа мы получим снова два периода синусоиды модулирующего напряжения, т. е. продетектированный сигнал.

Наибольшее применение осциллограф получил для просмотра формы напряжений и измерения их амплитуд и длительности в различных участках схем радиоэлектронной аппаратуры. Разберем на примере обычного выпрямителя, имеющегося в каждом сетевом радиоприемнике, как можно детально исследовать схемы электронных устройств.

Соберите простейший выпрямитель, схема которого показана на рис. 23, и попытайтесь поэтапно проверить форму и величину напряжений на отдельных участках схемы выпрямителя.

Прежде всего посмотрите форму напряжения на вторичной обмотке трансформатора (рис. 24). Вы увидите синусоиду. Отрегулировав амплитуду кривой и добившись того, чтобы синусоида стояла неподвижно на экране, включите диод, как показано на рис. 25. Это будет простейший однополупериодный выпрямитель, и на экране нижняя часть (или верхняя, в зависимости от полярности включения диода) будет срезана.

В первых двух опытах можно использовать как половину вторичной обмотки, так и всю обмотку. Если включить два диода, а среднюю точку вторичной обмотки соединить с общим зажимом осциллографа, получится двухполупериодный выпрямитель и на экране можно будет увидеть осциллограмму двухполупериодного выпрямления без фильтра (рис. 26).

Подключите после диодов фильтр, состоящий из двух конденсаторов и резистора, т. е. соберите полностью схему выпрямителя, показанную на рис. 23. В этом случае на экране будет видна прямая линия. При большом увеличении усиления можно будет увидеть небольшие пульсации выпрямленного напряжения, прослушиваемые как фон переменного тока.

При проверке более сложных устройств, например, приемника или телевизора, поступают аналогичным образом (последовательно проверяют отдельные участки схемы).

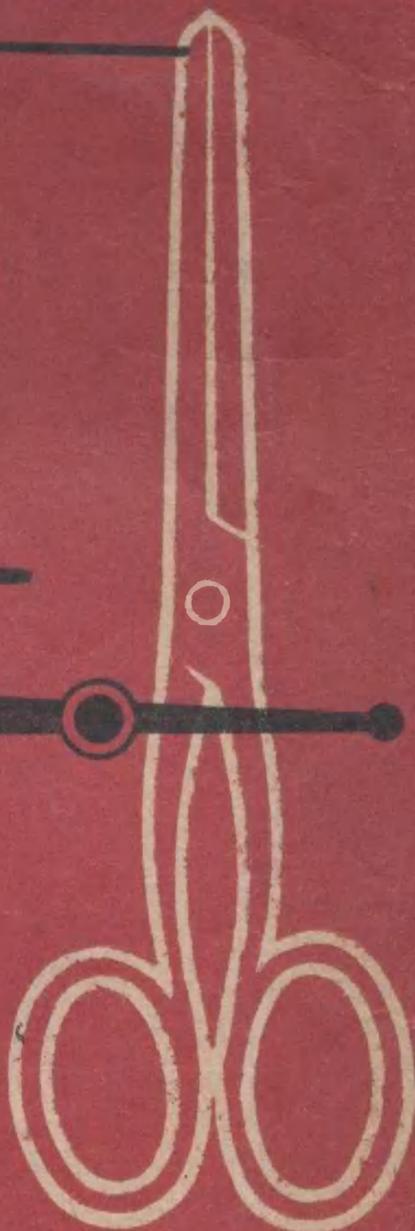
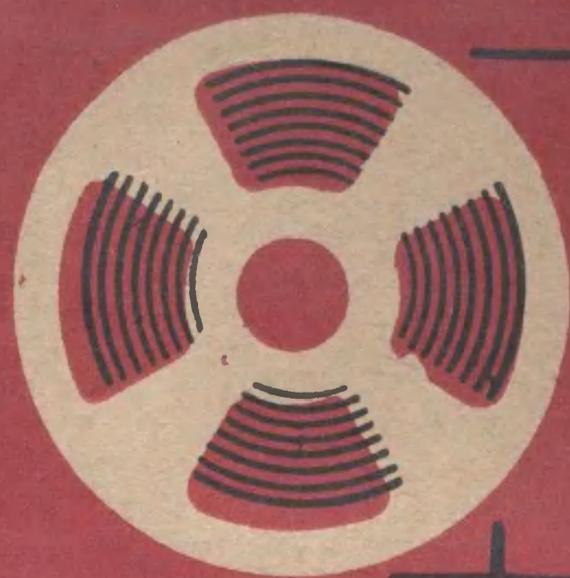
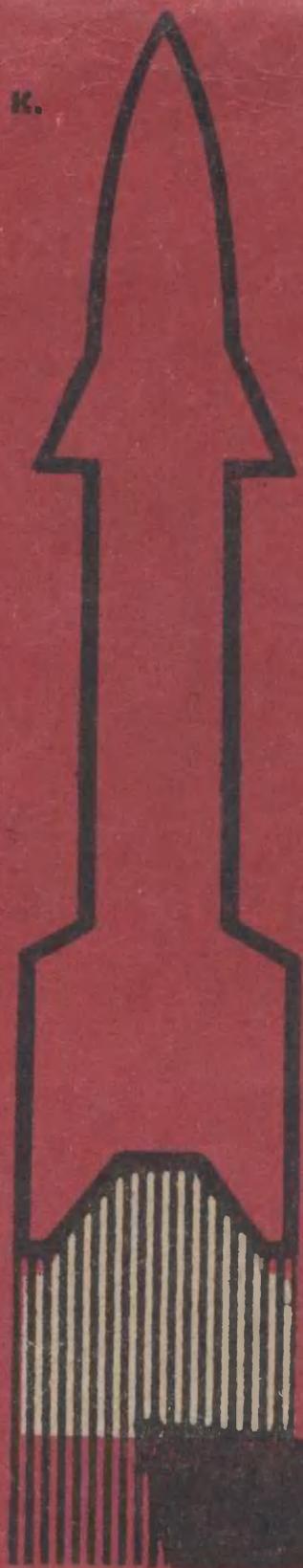
Можно использовать осциллограф и для других интересных опытов. Подумайте сами, что еще можно показать на экране этого теперь уже послушного вам прибора.

В к.

2/1-55



ДЛЯ УМЕЛЫХ РУК



Художник В. Фролов

Редактор **Е. Рыжова**

Художественный редактор **Г. Крюкова**

Технический редактор **И. Колодная**

Корректор **Н. Шадрина**

Сдано в производство 30/VI — 70 г.

Подписано в печать 26/VIII — 70 г.

Формат 70 × 108^{1/16}. Л70877

Печ. л. 0,75. Усл. печ. л. 1. Уч.-изд. л. 1,52

Изд. № 425. Заказ № 0163. Тираж 117 182

По оригиналам издательства
«Мальш»

Комитета по печати
при Совете Министров РСФСР

●
Московская типография № 13
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР.

Москва, ул. Баумана, Денисовский пер., д. 28