

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М. В. Ломоносова

**Физический факультет
кафедра общей физики и физики конденсированного состояния**

**Методическая разработка
по общему физическому практикуму**

Лаб. работа № 65

**ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО
ОСЦИЛЛОГРАФА**

Описание составил доц. Куприянов А.К.

Москва - 2012

Подготовил методическое пособие к изданию доцент Авксентьев Ю.И.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Введение

Осциллографом называется прибор, с помощью которого можно наблюдать или фотографировать картину зависимости от времени напряжения $u(t)$ или тока $i(t)$. *Электронно-лучевым* или *катодным осциллографом* называется осциллограф, в котором кривые зависимости от времени тока или напряжения вычерчиваются на экране узким пучком электронов, летящих с большой скоростью и бомбардирующих экран, покрытый специальным составом и светящийся под их воздействием. При помощи осциллографа можно измерить величину исследуемого напряжения и длительность его периода. В некоторых случаях с его помощью определяют сдвиг фаз между двумя различными напряжениями.

Видимое изображение исследуемого электрического сигнала формируется на экране *электронно-лучевой трубки*. Методика получения изображения, точнее ее модификации, широко используются в телевизионной технике, а также при построении картинки на экране компьютера. Кроме электронно-лучевой трубки в осциллографе обязательно должны быть генератор развертки, блок синхронизации и блок питания. В промышленных осциллографах, предназначенных для исследования слабых сигналов, имеется один или несколько усилителей, которые обеспечивают требуемый уровень изучаемого сигнала.

В настоящее время осциллограф является едва ли не обязательным атрибутом при проведении исследований в области физики, химии, биологии и медицины. Он широко используется в научных экспедициях и геологических партиях.

В данной задаче используются промышленные осциллографы типа *C1-131/*, предназначенные для исследований в достаточно широком диапазоне частот. Это возможно потому, что осциллографы являются практически безинерционными приборами. Они могут применяться и для наблюдения быстропеременных электрических процессов с частотой до нескольких десятков мегагерц или импульсных процессов с длительностью до тысячных долей микросекунды.

1. Основные узлы осциллографа и принципы их действия

1-1. Устройство электронно-лучевой трубки

Электронно-лучевая трубка является важнейшим элементом катодного осциллографа. Она представляет собой запаянную стеклянную колбу, откачанную до высокого вакуума (рис. 1). В колбе находятся: *электронная пушка*, т.е. система, предназначенная для создания узкого пучка электронов, летящих с большой скоростью вдоль оси трубки; *отклоняющие пластины*, т.е. система электродов, служащая для управления электронным лучом, *экран*, т.е. флуоресцирующий слой, покрывающий внутреннюю сторону основания колбы, на котором возникает светящееся пятно в том месте, куда попадает пучок электронов.

Электронная пушка состоит из группы электродов K , M , A_1 и A_2 (обведена

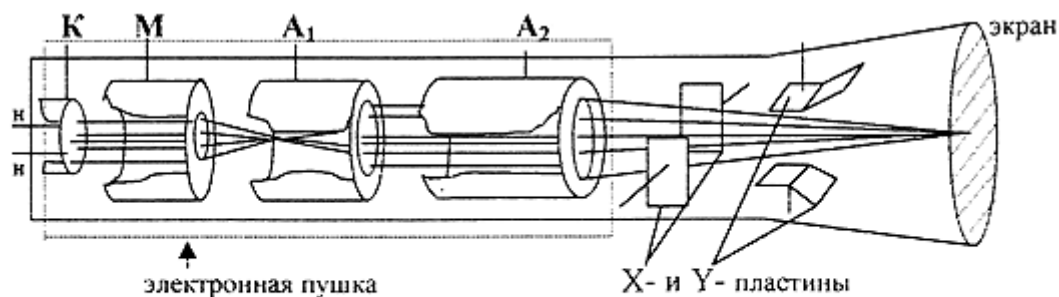


Рис.1. Схема устройства электронно-лучевой трубки.

пунктиром). K - *катод* электронно-лучевой трубки - имеет форму цилиндрика, внутри которого находится нить накала. Эмиссия электронов происходит с покрытого оксидным слоем доньшка катода. Для регулировки количества электронов в электронном пучке электронно-лучевая трубка имеет *управляющий* электрод M , который представляет собой металлический цилиндр, расположенный вокруг катода. Цилиндр имеет в торце небольшое отверстие, через которое могут проходить электроны. Между катодом и цилиндром создается разность потенциалов, причем потенциал цилиндра оказывается отрицательным по отношению к катоду. Действие управляющего электрода



Рис.2. К расчету смещения электрона.

состоит в том, что электроны, вылетающие из катода, частично отталкиваются управляющим электродом, а частично пролетают через него. При увеличении отрицательного потенциала на управляющем электроде количество электронов, пролетевших в отверстие, уменьшается. Таким образом, изменяя потенциал управляющего

электрода, можно регулировать количество электронов в пучке, а, следовательно, и яркость пятна на экране. За управляющим электродом следуют два *анода*; A_1 - *фокусирующий анод* и A_2 — *ускоряющий анод*. Эти аноды выполняют разные функции. Во-первых, они фокусируют пучок электронов. Второй анод имеет более высокий положительный потенциал по сравнению с первым, и между анодами образуется неоднородное электрическое поле. Электроны, попадая в это поле, начинают двигаться вдоль силовых линий так, что их траектории искривляются. Фокусировка электронного пучка осуществляется изменением разности потенциалов между анодами. Обычно меняют потенциал первого анода, который по величине меньше потенциала второго анода, достигающего значений от нескольких единиц до нескольких десятков киловольт. Регулируя потенциал первого анода, можно добиться того, чтобы электронный луч фокусировался в

точку на внутренней поверхности экрана. За электродами электронной пушки находятся две пары отклоняющих пластин, служащих для управления электронным пучком. Одна пара пластин расположена *горизонтально* и носит название *вертикально отклоняющих пластин* или *Y-пластин*. Вторая пара расположена *вертикально* и носит название *горизонтально отклоняющих пластин* или *X - пластин*. Если к какой-либо из пар пластин подвести напряжение, то в пространстве между ними образуется электрическое поле. Электроны пучка при пролете пространства между пластинами испытывают силовое воздействие со стороны этого поля, вследствие чего их траектории искривляются (см. рис.2). Поскольку теперь пучок электронов попадает на экран не в точке *O*, а в точке *A*, то нетрудно прийти к выводу, что изменение напряжения на отклоняющих пластинах позволяет перемещать светящееся пятно на экране. Горизонтально расположенные пластины вызывают перемещение по вертикали, а вертикально расположенные — по горизонтали. Отклоняющие пластины расположены по оси трубки за анодами, поэтому электроны летят к пластинам, двигаясь равномерно (вдоль оси трубки на них не действуют никакие силы). Для оценки величины отклонения электронного луча необходимо определить параметры его движения. Пусть электрон, влетающий в пространство между пластинами, предварительно проходит разность потенциалов U_A между вторым анодом и катодом. Его скорость V_0 , к моменту подлета к пластинам может быть определена из закона сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} = eU_A \quad (1)$$

где e - заряд электрона, а m — его масса. Время t_l , необходимое для того, чтобы электрон пролетел горизонтальные пластины длиной l равно $t_l = l/V_0$. Пусть между этими пластинами имеется электрическое поле с напряженностью E .

Тогда на электрон в направлении оси Y действует постоянная сила $F = eE$, и он получает в этом направлении ускорение $a = eE/m$. Отклонение y_1 , которое получит электрон, пройдя всю длину горизонтальных пластин, равно $y_1 = at_1^2/2$. Подставляя сюда значения a и t_l получим:

$$y_1 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{eE}{2mv_0^2} l^2 \quad (2)$$

В свою очередь, величину mv_0^2 можно заменить, учитывая выражение (1). Тогда формула (2) приобретает такой вид:

$$y_1 = \frac{E}{4U_A} l^2 \quad (2a)$$

Напряженность электрического поля между пластинами $E = U_y / d$, где U_y - разность потенциалов между пластинами, а d — расстояние между ними. Поэтому

$$y_1 = \frac{E}{4U_A} l^2 = \frac{U_y}{4U_A d} l^2 \quad (3)$$

Предположим, что экран расположен на расстоянии L от горизонтальных пластин. Тогда общее отклонение луча по вертикали будет $y = y_1 + y_2$, где y_1 , определено выше, а y_2 представляет собой вертикальную составляющую смещения электрона, полученного им на пути от пластин до экрана. Для простоты предположим, что при подлете к пластинам скорость электрона была направлена строго вдоль оси трубки. Тогда $y_2 = v_y t_2$ где $v_y = at_1$, а $t_2 = L/v_0$. Подставляя значения a , t_1 и t_2 в выражение для y_2 получим:

$$y_2 = v_y t_2 = \frac{at_1}{v_0} L = \frac{aL}{v_0^2} l = \frac{U_y L}{2U_A d} l \quad (4)$$

Общее отклонение электронного луча по вертикали, таким образом, равно:

$$y = y_1 + y_2 = \left(\frac{U_y l}{4U_A d} + \frac{U_y l}{2U_A d} \right) l = \frac{U_y}{2U_A d} l \left(\frac{l}{2} + L \right) \approx \frac{U_y L l}{2U_A d} \quad (5)$$

так как $L + l/2 \approx L$ (поскольку $l \ll L$). Из полученной формулы можно определить одну из важнейших характеристик электронно-лучевой трубки, а именно, ее чувствительность. *Чувствительностью* γ трубки осциллографа называется отклонение луча (в мм) на экране, вызванное разностью потенциалов в один вольт на отклоняющих пластинах:

$$\gamma = \frac{y}{U_y} = \frac{Ll}{2U_A d} \quad (6)$$

Представим теперь, что пластины осциллографа соединены с источником синусоидального переменного напряжения $u(t) = U_0 \sin \omega t$. Тогда при положительном потенциале верхней пластины луч отклоняется вверх, а при отрицательном - вниз. Таким образом, электронный луч будет вычерчивать на экране полосу, длина которой пропорциональна удвоенной амплитуде приложенного напряжения. Зная чувствительность трубки и измерив длину полосы, можно определить величину U_0 , т.е. амплитуду переменного напряжения. Например, если чувствительность трубки осциллографа

$\gamma = 0,4 \text{ мм/В}$, а длина полоски $l = 20 \text{ мм}$. то $2U_{y0} = 50 \text{ В}$ или $U_{y0} = 25 \text{ В}$. Поэтому осциллограф можно использовать как вольтметр переменного тока.

1-2. Линейная развертка периодического напряжения во времени

Очень часто осциллограф применяется для наблюдения формы колебаний напряжений или токов. В этом случае желательно получить на экране осциллографа неподвижное изображение кривой, представляющей зависимость напряжения от времени, в том виде, как эта зависимость

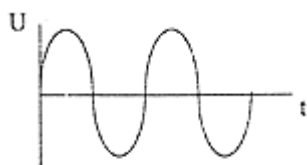


Рис.3. Графическое представление синусоиды.

изображается на обычном графике. Например, если исследуемое напряжение имеет

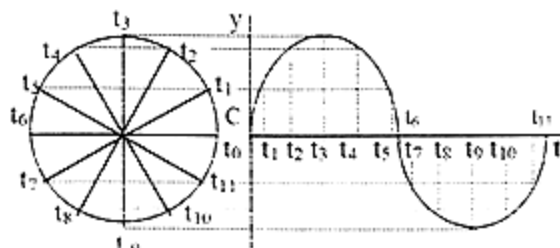


Рис.4. Построение синусоиды.

синусоидальную форму, то обычным графиком является синусоида, изображенная на рис.3. При таком изображении синусоиды горизонтальная ось служит осью времени, а вертикальная ось является осью мгновенных значений напряжения. На экране осциллографа желательно получить такое же изображение синусоиды. Напомним, как графически получается такое построение. Для этого рассмотрим равномерное движение точки C по окружности и проследим за изменением проекции радиус-вектора этой точки на вертикальный диаметр. Рис.4 поясняет соответствующее построение. Поскольку движение точки по окружности равномерное, следовательно, за равные промежутки времени радиус - вектор описывает равные дуги, т.е. поворачивается на равные углы. Фиксируем положение радиус-вектора вращающейся точки и значения проекции его на вертикальный диаметр через равные промежутки времени: в момент времени t_0 (начальное положение), t_1, t_2, t_3 и т.д. На оси t в правой части рисунка нанесем промежутки времени, отмеченные моментами t_1, t_2, t_3 и т.д., причем примем равномерный масштаб времени по оси t . Здесь же против каждого момента времени t_1, t_2, t_3 и т.д. отложим соответствующее ему значение проекции радиус-вектора. Полученные точки соединим кривой. Эта кривая и будет синусоидой. Такой способ получения синусоиды называется линейной разверткой синусоидального движения. Важно отметить, что *именно равномерность движения вдоль оси t и определяет равномерный (постоянный) масштаб времени по этой оси.*

Возвращаясь к формированию изображения на экране осциллографа, легко догадаться, что светящееся пятно станет вырисовывать синусоиду, если заставить его совершать одновременно два движения: 1) гармоническое колебательное движение по вертикальной оси и 2) равномерное движение по горизонтальной оси. Тогда результирующее движение и будет синусоидой. Таким образом, чтобы

получить изображение исследуемого синусоидального напряжения на экране трубки, нужно подвести это напряжение к Y - пластинам. Изображающая точка в этом случае будет совершать по вертикальной оси гармоническое движение, как это уже выяснено. Теперь следует только развернуть это колебательное движение по оси времени, которую будем считать совпадающей с горизонтальной осью. Для этого необходимо заставить двигаться точку вдоль оси x равномерно. При таком движении изображающей точки ее смещение по экрану в направлении оси x будет равно $x = vt$, где v - постоянная скорость движения и t - время.

Но мы знаем, что смещение точки по экрану пропорционально напряжению на отклоняющих пластинах $x = yU_x$, где y - чувствительность осциллографа вдоль оси x , а U_x - напряжение на отклоняющих X - пластинах. Следовательно, для создания равномерного смещения точки вдоль оси x необходимо на отклоняющие X - пластины подать напряжение, пропорциональное времени:

$$U_x = \frac{vt}{\gamma} \quad (7)$$

Рост напряжения продолжается до тех пор, пока светящееся пятно не достигнет края экрана. После этого напряжение должно быстро уменьшиться до нуля, чтобы пятно вернулось в исходное положение.

Для получения на экране неподвижного изображения исследуемого напряжения, поданного на Y - пластины, на X - пластины подается так называемое пилообразное напряжение линейной развертки. Это напряжение является периодическим напряжением, период которого должен быть равен периоду исследуемого напряжения или в целое число раз больше (см.рис.5). На рисунке через T_0 обозначен период исследуемого напряжения.

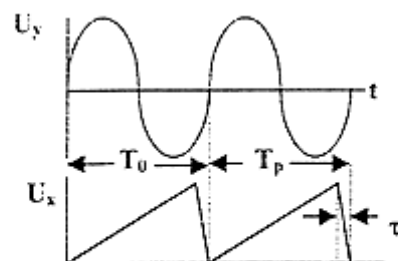


Рис.5. Равенство периодов напряжений развертки и исследуемого

Если период T_0 равен времени нарастания напряжения развертки T_p , то на экране будет виден один период, так как время τ обратного движения много меньше T_p , и электронный луч проделывает обратный ход очень быстро. Если $T_p = nT_0$, где n - целое число, то на экране будет видно неподвижное изображение n периодов синусоиды. Это условие называется условием синхронизации. Для сигнала синхронизации в каждом осциллографе применяются специальные технические методы, изложение которых выходит за рамки данного описания.

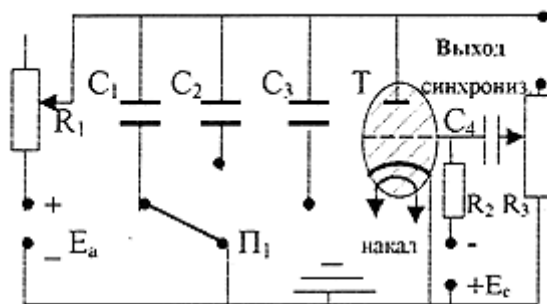


Рис.6. Схема генератора развертки на тиратроне.

1-3. Генератор пилообразного напряжения

Для получения пилообразного напряжения могут использоваться различные радиотехнические схемы, такие как мультивибраторы, блокинг-генераторы и т.п. В описании рассмотрен один из простейших типов генератора развертки, где используется специальная газонаполненная лампа-тиратрон, характерная тем, что в ней вспыхивает газовый разряд, когда напряжение на ее аноде достигает

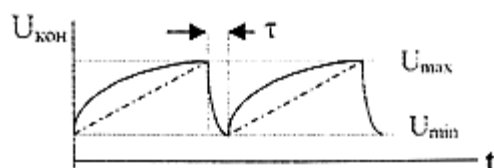


Рис.7. Графическое изображение напряжения генератора развертки.

определенного значения. Схема генератора изображена на рис.6. От источника постоянного напряжения E_a через сопротивление R_1 заряжается один из конденсаторов C_1 , C_2 или C_3 . Параллельно конденсатору включен тиратрон T . Во время заряда напряжение на конденсаторе растет. Когда оно достигает некоторой величины U_{max} : равной напряжению зажигания газового разряда в тиратроне, последний зажигается. Так как внутреннее сопротивление зажженного тиратрона весьма невелико, конденсатор очень быстро разряжается через тиратрон (за время τ - см.рис.7). и напряжение на нем падает до некоторого U_{min} , равного напряжению погасания газового разряда в тиратроне. Как только тиратрон погаснет, его внутреннее сопротивление становится очень большим, и конденсатор снова начинает сравнительно медленно заряжаться от источника напряжения через сопротивление R_1 . и весь процесс будет повторяться. Изменение напряжения на конденсаторе представлено на рис.7. Если это напряжение подать на X - пластины осциллографа, то получится развертка во времени исследуемого напряжения, которое подается на Y - пластины. Частота развертывающего напряжения ступенчато изменяется с

помощью переключателя Π_1 , включающего тот или иной конденсатор, и плавно переменным сопротивлением R_1 . Чем больше емкость конденсатора и сопротивление, тем медленнее идет заряд и тем меньше частота развертки. Эту частоту подбирают так, чтобы она была равна частоте исследуемого сигнала или была бы меньше в целое число раз. Недосток данной схемы состоит в том, заряд конденсатора происходит неравномерно: сначала быстрее, а потом медленнее.

Такая неравномерность будет иметь место и в нарастании напряжения на X -пластинах и в движении пятна на экране трубки. Поэтому и развертка осциллограммы получается искаженной, с неравномерным масштабом времени. Чтобы исправить этот недостаток, зарядку производят через пятиэлектродную

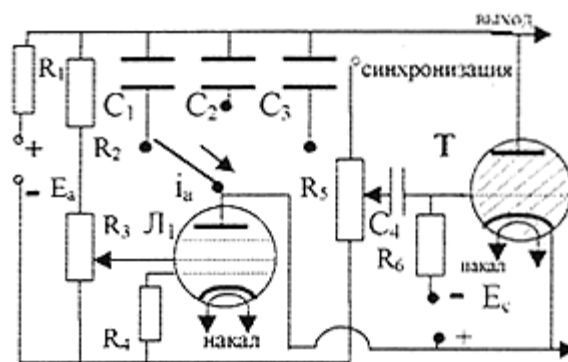


Рис.8. Схема генератора развертки с использованием пентода.

лампу -пентод. При постоянных напряжениях на сетках пентода его анодный ток I_A почти не зависит от величины анодного напряжения. Тогда заряд конденсатора Q растет пропорционально времени, так как $Q = I_A t$. Напряжение на конденсаторе $U_K = Q/C = (I_A/C)t$, будет также расти пропорционально времени. Таким образом, напряжение на конденсаторе и на соединенных с ним X — пластинах осциллографа будет изменяться как показано пунктиром на рис.7, и, следовательно, временная развертка не будет искажаться. Схема генератора развертки с использованием пентода показана на рис.8. Здесь плавная регулировка частоты развертки осуществляется изменением анодного тока пентода. Для этого изменяется напряжение на экранной сетке пентода U_1 с помощью потенциометра R_3 . Частота генератора развертки, как правило, не

является стабильной и легко изменяется даже при небольших вариациях питающих напряжений, температуры, а также по ряду других причин. В результате этого подобранное кратное соотношение между частотой исследуемого сигнала f и частотой $f_{раз}$ не будет сохраняться. Осциллограмма начинает «бежать» по экрану. Для стабилизации картины, наблюдаемой на экране, используется синхронизирующее устройство. Его работа основана на том, что напряжение зажигания тиратрона уменьшается при положительном потенциале на сетке тиратрона и увеличивается при отрицательном. При так называемой внутренней синхронизации потенциал сетки тиратрона меняется за счет самого исследуемого напряжения, которое через потенциометр R_5 (рис.8) и конденсатор подается на сетку тиратрона. При точном совпадении частот исследуемого сигнала и частоты развертки зажигание тиратрона (см. рис.5) происходит при смене знака исследуемого напряжения с *отрицательного* на *положительный*. Пусть при этих условиях тиратрон зажигается при значении напряжения на конденсаторе $U_{зж}^0$. Если по каким-либо причинам частота генератора развертки становится меньше частоты сигнала, то конденсатор (например, C_1) заряжается медленнее, чем раньше, так что к моменту окончания периода сигнала напряжение на нем еще не достигнет величины $U_{зж}^0$ и тиратрон не загорится. Однако в последующие моменты времени напряжение сигнала начинает расти (начало следующего периода). Напряжение на сетке тиратрона тоже начинает увеличиваться, и тиратрон зажигается при напряжении, меньшем, чем $U_{зж}^0$, т.е. раньше, чем зажегся бы он в отсутствии напряжения сигнала на его сетке. Наоборот, если конденсатор начинает заряжаться быстрее, то напряжение на нем достигнет значения $U_{зж}^0$ раньше, чем закончится период сигнала. Но тиратрон не загорится, так как в этот момент времени напряжение на сетке отрицательно (конец периода), и напряжение зажигания в этот момент $U_{зж}^1 > U_{зж}^0$. Зажигание же произойдет в более поздний момент времени. Происходит автоматическое поддержание кратного соотношения между частотой сигнала и частотой генератора развертки. Увеличивая амплитуду сигнала на сетке тиратрона с помощью потенциометра R_5 (рис.8), можно повышать степень устойчивости картины на экране.

2. Некоторые применения осциллографа

2-1. Сравнение частот колебаний, фигуры Лиссажу

Одним из применений осциллографа является сравнение частот двух

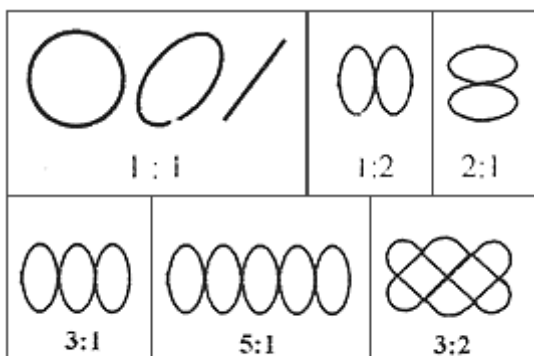


Рис.9. Фигуры Лиссажу.

колебаний. Для этого на X - пластины подают напряжение известной частоты f_x (например, от сети $f_x = 50 \text{ Гц}$), а на Y - пластины подают исследуемое напряжение частоты f_y (например, от генератора низкой частоты). Меняя частоту f_y , добиваются на экране неподвижной замкнутой кривой - фигуры Лиссажу (см. рис.9). При равенстве частот $f_x = f_y$ на экране получится эллипс, окружность или прямая в зависимости от сдвига фаз

между напряжениями и от соотношения между амплитудами. При равенстве амплитуд разности фаз 90° получается окружность, а при нулевой разности фаз - отрезок прямой с наклоном 45° к вертикали. Фигура в виде восьмерки соответствует отношению частот $1:2$ или $2:1$, так как за время одного колебания в одном направлении происходит два колебания в перпендикулярном направлении. При соотношении частот больше $1:10$ фигуры уже трудно различать.

Порядок выполнения работы

Как уже отмечалось, экспериментальная часть задачи выполняется на промышленных осциллографах $С1-131/1$. В качестве источника исследуемых сигналов используется генератор $ГСФ-1$ (см. рис.10), вырабатывающий синусоидальное

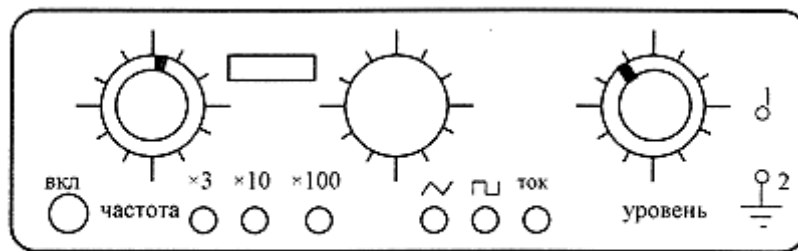


Рис.10. Передняя панель генератора ГСФ-1.

напряжение в диапазоне частот от 1 до 10000 Гц . Частота выходного сигнала генератора

определяется положением регулятора плавного изменения частоты и значением множителя на передней панели генератора (кнопки $\times 3$, $\times 10$ и $\times 100$ - учитываются те кнопки, которые утоплены). Значения установленной частоты высвечивается на световом табло генератора.

Выходное напряжение низкой частоты снимается с гнезда 1 . гнездо 2 служит для заземления. Амплитуда выходного сигнала устанавливается ручкой «Уровень», ее значения контролируются с помощью отдельного прибора - цифрового вольтметра типа $B7-22A$.

Упражнение 1

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОРГАНАМИ УПРАВЛЕНИЯ

ОСЦИЛЛОГРАФА

1. Управление лучем

Ручка «Яркость» * - регулировка интенсивности пучка электронов: яркость

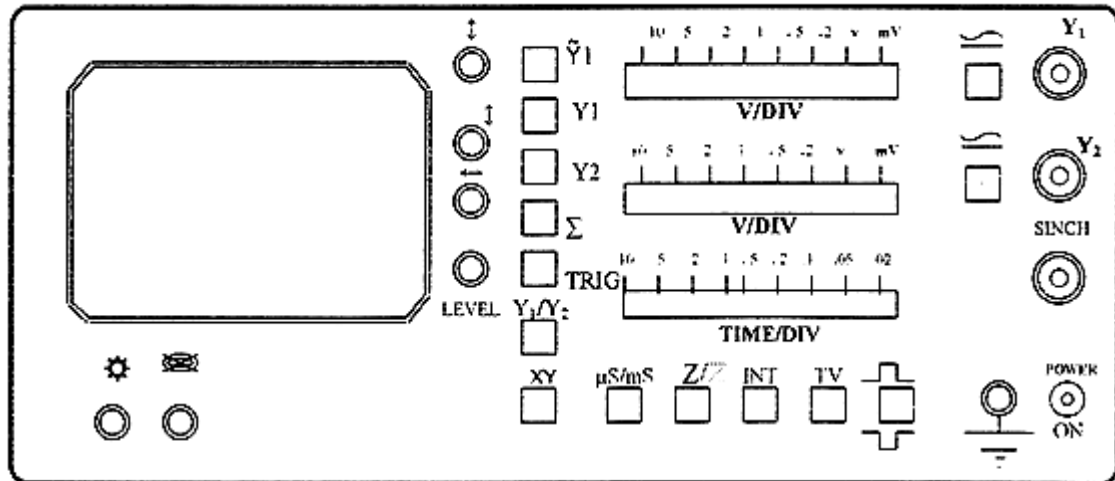


Рис.11. Общий вид передней панели осциллографа С131/1.

изображения должна быть минимальной, чтобы не было светящегося ореола,

Ручка «Фокус» - фокусировка светящегося пятна на экране.

Ручки изменяют положение светящегося пятна на экране.

2. Изменение амплитуды исследуемого сигнала

В связи с тем, что используемый в задаче осциллограф является двухлучевым, он имеет два канала вертикального усиления - вход $Y1$ или $Y2$ (в задаче используется

один вход - $Y1$); кнопка $\tilde{Y}1$ позволяет изменять фазу вводимого сигнала на 180° ;

Регулировка чувствительности $[V/DIV]$ - изменяет чувствительность канала вертикального усиления осциллографа.

3. Установка частоты развертки осциллографа

$TIME / DIV$ - ступенчатая регулировка частоты генератора развертки;

$\mu S / mS$ - микро- и миллисекундная длительность развертки;

4. Развертка и синхронизация от внешних источников

$SYNCHR$ - вход сигналов развертки и синхронизация от внешних источников;

$LEVEL$ - регулировка амплитуды синхронизирующего напряжения.

5. Выбор режима работы

XU - включение и выключение горизонтальной развертки;

EXT/INT - переключение источника внутренней и внешней синхронизации.

Следует отметить, что в задаче должна использоваться внутренняя синхронизация, т.е. кнопка «*EXT/INT*» - должна быть нажата. При ненажатой кнопке генератор осциллографа синхронизируется от внешнего источника.

TV - включение режима телевизионной синхронизации;

 - переключение полярности сигнала запуска развертки;

 - включение автоколебательного или ждущего режима развертки;

TRIG - переключение ждущего режима развертки на каналах *Y1* или *Y2*.

(четыре последних переключателя в задаче не используются).

Упражнение 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОСЦИЛЛОГРАФА

Режим работы

Собрать схему, изображенную на рис. 12. Включить питание приборов, для чего поставить тумблер «вкл» на цифровом вольтметре *B7-22A* в положение «вправо»;

УТОПИТЬ кнопку «*power on*» на передней панели осциллографа и кнопку «вкл» на генераторе *ГСФ-1*. Установить на

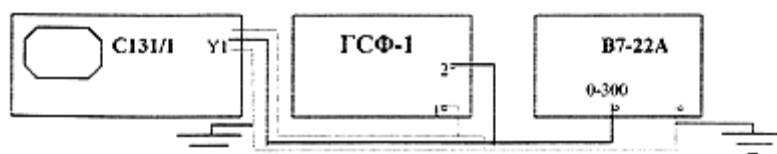


Рис.12. Блок-схема для определения чувствительности осциллографа.

вольтметре: род измерений - напряжение *V*. предел измерений «20», нажав соответствующие кнопки.

Чувствительность усилителя вертикального отклонения γ измеряется величиной отклонения (в мм) пятна на экране при подаче на вход усилителя переменного напряжения 1 Вольт. Для измерения чувствительности на вход *Y1* осциллографа с выхода генератора *ГСФ-1* подается синусоидальное напряжение с частотой около 1000 Гц. При этом кнопка «*XU*» должна быть нажатой, что соответствует отключению сигналов развертки от пластин горизонтального отклонения. Отсутствие напряжения развертки превращает изображение синусоиды в узкую вертикальную полосу, длину которой можно обозначить *L*. Амплитуда сигнала устанавливается ручкой «Уровень» генератора *ГСФ-1*. Напряжение, поданное на вход *Y1*, поступает через усилитель на отклоняющие *Y*- пластины и высвечивается в виде вертикальной полосы, длина которой *L* пропорциональна удвоенной амплитуде сигнала. Величина напряжения, поступающего на вход канала вертикального отклонения осциллографа, измеряется с помощью цифрового вольтметра *B7-22A*.

Измерив длину *L* светящейся вертикальной полосы на экране осциллографа

и напряжение на входе Y -усилителя, можно вычислить чувствительность по формуле:

$$\gamma = \frac{L}{2\sqrt{2}U_{эфф}}$$

Порядок выполнения

- Нарисовать в тетради таблицу результатов измерений $U_{эфф}$ и L .
- отключить развертку по горизонтальной оси, нажав на кнопку «XY»,
- регулировкой амплитуды выходного сигнала генератора ГСФ-1 установить такую амплитуду, чтобы величина светящейся полосы не превышала 60 мм на экране осциллографа,
- установить на генераторе ГСФ-1 частоту сигнала 1000 Гц, используя для этого ступенчатые множители $\times 3$, $\times 10$ и $\times 100$. а также ручку «Частота»,
- ручку [V/DIV] на осциллографе установить в положение «5»,
- установить напряжение на входе канала вертикального усиления осциллографа 10 В и занести его величину в таблицу 1, измерить величину полосы и результаты измерения также занести в таблицу 1,

Таблица 1

| Величина напряжения $U_{эфф}$ (В) | Длина L | γ (мм/В) |
|-----------------------------------|-----------|-----------------|
| | | |
| | | |
| | | |

- установить новое значение выходного напряжения генератора ГСФ-1, равное половине первоначального (величина его контролируется с помощью цифрового вольтметра В7-22А), и снова измерить величину светящейся полосы. Результаты измерений также занести в третью строчку таблицы 1. Для заполнения второй строки таблицы выбрать промежуточное значение напряжения.
- вычислить значения γ для каждого из трех измерений, определить среднее и погрешность измерений.

Упражнение 3

НАБЛЮДЕНИЕ ФИГУР ЛИССАЖУ НА ЭКРАНЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

Режим работы

Для наблюдения фигур Лиссажу на экране осциллографа на отклоняющие X - и Y - пластины одновременно подаются два синусоидальных напряжения с кратным соотношением частот ($X : Y$) - (1:1), (1: 2), (1:3) и т.д.

В качестве одного из таких напряжений выбирается напряжение городской сети, частота которого хорошо известна и достаточно постоянна. Часть напряжения сети подается на X - вход (надпись-*SINCH*) осциллографа. Для этого напряжение снимается с разъема на задней панели генератора *ГСФ-1* и подается

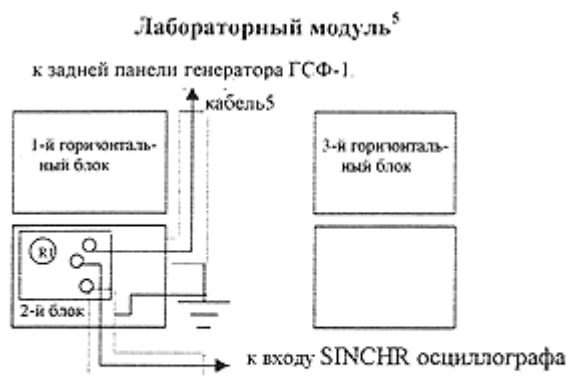


Рис.13. Блок-схема подачи напряжения 50 Гц на X -пластину осциллографа.

на делитель напряжения, расположенный в левом верхнем углу 2-го блока лабораторного модуля (см рис.13). Величина напряжения, подаваемого на X -вход осциллографа, изменяется с помощью потенциометра R_1 .

Внимание: при сборке схемы важно правильно соединять общие («земляные») концы используемых кабелей, в противном случае возможно

замыкание выхода генератора на землю и выход его из строя.

На YI - вход поступает напряжение с выхода генератора, частота которого устанавливается сначала равной 50 Гц, а затем 100, 150 и 200 Гц. Чувствительность вертикального тракта следует установить равной «5». Кнопка «ХУ» в этом упражнении должна быть нажата.

Порядок выполнения

- Для уменьшения величины напряжения сети выход задней панели генератора *ГСФ-1* через кабель 5 подключить к делителю напряжения (см. рис.13) на лабораторном модуле.
- на YI -вход подать напряжение частоты 50 Гц с выхода генератора *ГСФ-1*,
- при появлении на экране фигуры Лиссажу с помощью регулировки выходного напряжения генератора (ручка «Уровень») и сопротивления R_1 добиться того, чтобы ее изображение занимало примерно три четверти экрана. Осторожно изменяя частоту генератора, добиться неподвижной картины и зарисовать ее в тетрадь.
- устанавливая последовательно частоты генератора *ГСФ-1* равными 100, 150, 200 и 250 Гц, получить соответствующие фигуры Лиссажу и зарисовать их.

Упражнение 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРА РАЗВЕРТКИ ОСЦИЛЛОГРАФА

Режим работы

Измерения проводятся при нажатой кнопке $\mu S/mS$ для девяти положений ступенчатой регулировки частоты генератора развертки осциллографа. В этом

упражнении на YI - вход подается напряжение от генератора $ГСФ-1$. Равенство частот генератора развертки и генератора $ГСФ-1$ приводит к выполнению условия синхронизации ($T_P = T_G$). В результате на экране устанавливается неподвижно один полный период развертки (см. рис.14). В этом случае значение частоты генератора $ГСФ-1$ равняется частоте генератора развертки осциллографа.

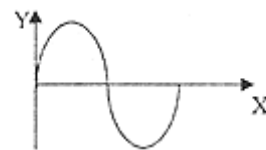


Рис.14. Вид осциллограммы при совпадении частот генератора развертки и генератора $ГСФ-1$.

Порядок выполнения

- установить режим внутренней синхронизации, для чего надо нажать кнопку « $EXT \setminus INT$ ».
- поставить ступенчатый регулятор генератора развертки осциллографа « $TIME/DIV$ » в левое крайнее положение « 10 »
- используя переключатели $x3$, $x10$ и $x100$ и ручку плавной регулировки частоты генератора $ГСФ-1$ найти такую частоту, при которой на экране осциллографа устанавливается *один полный* период синусоиды.
- если не удастся «остановить» найденный период синусоиды, то необходимо увеличить амплитуду синхронизации с помощью ручки « $LEVEL$ ». При этом надо стремиться к тому, чтобы уровень синхронизации был бы минимальным. Нарисовать в тетради таблицу 2 и занести в ее 1-й столбец результаты измерения.

Таблица 2

| Положение регулятора $TIME/DIV$ | 10 | 5 | 2 | 1 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,02 |
|---------------------------------|----|---|---|---|-----|-----|-----|------|------|
| Частота $ГСФ-1$ (Гц) | | | | | | | | | |

Поочередно устанавливая ступенчатый регулятор « $TIME/DIV$ » в положение 5, 2, 1, 05 и т.д. и повторяя пп в) и г), записать значения измеренных частот в соответствующие столбцы таблицы 2.

ЛИТЕРАТУРА

Савельев И. В. «Курс общей физики». Учебное пособие в 5-и кн., кн. 2, «Электричество и магнетизм». – 4-е изд., перераб. – Наука. Физматлит, 1998.

Глава 10. Движение заряженных частиц.

10.2 Отклонение движущихся заряженных частиц электрическими и магнитными полями.