

- 3) генератор развертки и синхронизирующее устройство;
- 4) блок питания.

Кроме основных узлов многие осциллографы имеют ряд дополнительных устройств, (например, калибраторы длительности и амплитуды импульсов, ждущая развертка и др.).

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) представляет собой стеклянную колбу, в которой создан вакуум. Передняя часть трубки — экран, на который направляется электронный луч, — изнутри покрыта люминофором (CaWO_4 или ZnS), который светится при попадании на него пучка электронов. Внутри трубки размещены две пары отклоняющих пластин и электроды, образующие так называемую электронную пушку: Н — нить накала в виде спирали; К — катод в виде металлического стакана, на дно которого нанесен оксидный слой; С — управляющий электрод (сетка) — металлический стакан, окружающий катод, с небольшим отверстием в центре дна; A_1 — первый анод — металлический цилиндр; A_2 — второй анод, также цилиндрический.

Узкий пучок электронов, созданный электронной пушкой и направленный к экрану, пролетая между отклоняющими пластинами, испытывает воздействие их электрического поля и изменяет свою траекторию. Пластины YY, к которым обычно подводится исследуемое напряжение, отклоняют луч в вертикальном направлении. Пластины XX, к которым обычно подводится вспомогательное напряжение развертки, отклоняют луч в горизонтальном направлении.

Смещение светового пятна на экране пропорционально напряжению на отклоняющих пластинах, т. е. $h = su$, где u — разность потенциалов между пластинами, v ; s — чувствительность трубки, мм/в.

Усилители вертикального и горизонтального отклонений с регулируемым усилением предназначены для получения достаточной амплитуды напряжения, подаваемого на отклоняющие пластины, независимо от величины исследуемого напряжения на входе осциллографа.

Генератор развертки предназначен для выработки пилообразного напряжения, которое с постоянной скоростью перемещает луч горизонтально по экрану до определенной точки, а затем возвращает его в начальное положение, что необходимо для получения на экране зависимости исследуемого напряжения в функции времени.

Простейшей схемой генератора пилообразного напряжения является схема с тиратроном (см. рис. 1). При включении ее

конденсатор C начинает заряжаться через сопротивление R от источника с постоянным напряжением до величины напряжения зажигания тиратрона. После зажигания тиратрона его внутреннее сопротивление резко падает и конденсатор быстро разряжается до напряжения погасания тиратрона. Тиратрон погаснет, его сопротивление резко возрастает и процесс заряда конденсатора повторяется. Напряжение на его обкладках будет иметь вид пилы. Период колебания можно регулировать, изменяя величину R и C . Изображение на экране будет неподвижно только в том случае, если частота развертывающего напряжения кратна частоте исследуемого. Для установления и поддержания необходимой кратности обеих частот

осуществляется синхронизация путем подачи на сетку тиратрона синхронизирующего напряжения (например, части исследуемого напряжения), вследствие чего тиратрон зажигается в определенный момент и частота развертки становится кратной частоте синхронизирующего напряжения.

Блок питания представляет собой выпрямляющее устройство с фильтрами и делителями напряжения, обеспечивающими подачу на электроды необходимых напряжений.

В лабораторной работе используются осциллографы С1-1 (Э07) и импульсный синхроскоп С1-5 (СИ-1).

На передней стенке осциллографа, кроме экрана, размещена панель управления, на которой расположены следующие элементы (рис. 2, 3).

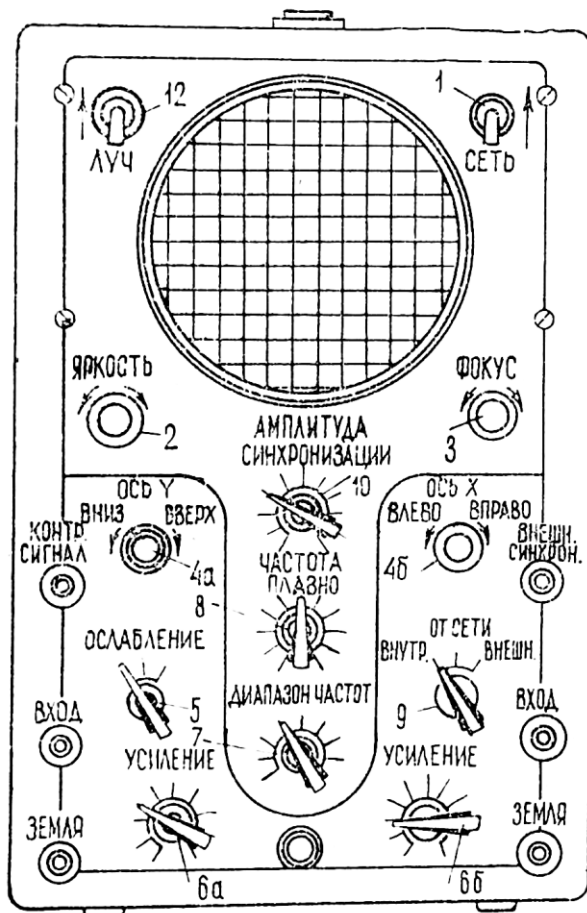


Рис. 2. Панель электронного осциллографа С1-1 (Э07)

1. Тумблер «Сеть» для включения питания осциллографа; при этом у осциллографа С1-1 (Э07) загорается сигнальная лампа, а у С1-5 подсвечивается шкала калибратора амплитуды.

2. Рукоятка «Яркость», связанная с движком потенциометра r_1 (см. рис. 1). При ее повороте изменяется потенциал управляющего электрода, следовательно, количество электронов в луче.

3. Рукоятка «Фокус», связанная с движком потенциометра Γ_2 (см. рис. 1). При ее повороте изменяется потенциал анода A_1 и фокусное расстояние.

4. Ручки «Ось Y» («Смещ. Y» у С1-5) и «Ось X» («Смещ. X» у С1-5), связанные с движками потенциометров (см. рис. 1), позволяют изменять потенциалы отклоняющих пластин и смещать луч вдоль осей Y и X.

5. Рукоятка «Ослабление» («Делитель» у С1-5), связанная с переключателем входного делителя напряжения, позволяющего подавать на вход усилителя вертикального отклонения 1:100; 1:10 или 1:1 часть подводимого напряжения с тем, чтобы напряжение на входе усилителя не превышало 1,5 в. У синхроскопа С1-5 переключатель делителя имеет еще два положения: «50 ом» (обеспечивается низкоомный вход с отношением 1:1) и «Калибр.» (включается калибратор амплитуды).

6. Рукоятки «Усиление», связанные с регуляторами усилителей вертикального (6а) и горизонтального (6б) отклонения. У синхроскопа С1-5 регулировка усиления горизонтального отклонения производится ручкой 10 «Синхрониз.».

7. Рукоятка «Диапазон частот» («Развертка» у С1-5), связанная с переключателем емкостей С (см. рис. 1), позволяет скачками изменять частоту генератора пилообразного напряжения.

8. Ручка «Частота плавно» связана с движком реостата R (см. рис. 1) и позволяет плавно изменять частоту пилообразного напряжения.

9. Переключатель рода синхронизации («Род синхр.» у С1-5) предназначен для подачи синхронизирующего

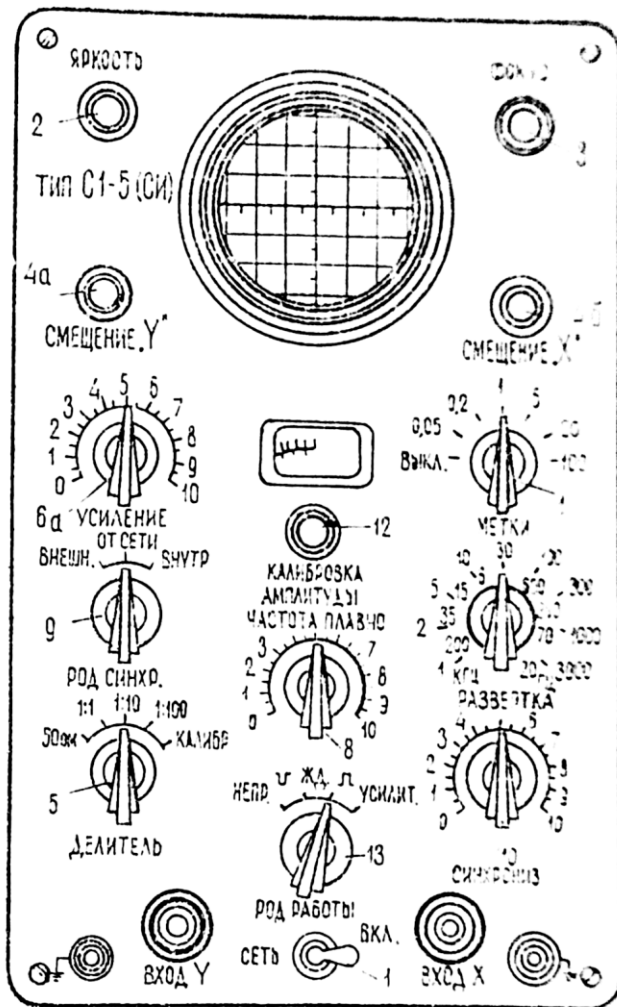


Рис. 3. Панель синхроскопа С1-5 (СИ-1)

напряжения на вход генератора развертки от усилителя вертикального отклонения (положение «Внутр.»), от сети переменного тока (положение «От сети») или от внешнего источника (положение «Внеш.»), подключаемого у осциллографа ЭО7 к зажимам «Внеш. синхрониз.» и «Земля», а у синхроскопа С1-5 — «Вход X». Внешняя синхронизация обычно применяется при подаче исследуемого напряжения непосредственно на отклоняющие пластины, выводы которых расположены на задней стенке осциллографа.

10. Рукоятка «Амплитуда синхронизации» («Синхрониз.» у С1-5) позволяет регулировать амплитуду синхронизирующего напряжения, которая должна быть тем больше, чем больше отличается собственная частота генератора от частоты синхронизирующего напряжения.

Кроме указанных органов управления, на передней панели синхроскопа С1-5 размещены следующие:

11. Рукоятка «Метки» калибратора длительности импульса, позволяющего определить длительность импульса.

12. Рукоятка «Калибровка амплитуды» и шкала калибратора напряжения.

13. Переключатель «Род работы», который предназначен для работы в режимах с непрерывной или ждущей разверткой.

Непрерывная развертка используется при исследовании периодических процессов, а ждущая — непериодических импульсных процессов.

III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с имеющимися на рабочих местах осциллографами С1-1 (ЭО7) и С1-5 (СИ-1) и подготовить их к работе.

Перед включением осциллографа проверить соответствие положения переключателя напряжения (на задней стенке) напряжению сети. Для включения прибора соединить шнур питания с источником переменного тока и включить тумблер «Сеть».

После прогрева в течение 1—2 мин:

а) отрегулировать ручкой 2 яркость так, чтобы пятно на экране было не очень ярким, но хорошо видимым.

Не следует оставлять пятно долго на одном месте, чтобы не прогорал экран; работать рекомендуется при возможно меньшей яркости.

б) отрегулировать ручкой 3 фокусировку так, чтобы пятно было возможно более круглым и малым;

в) установить ручками 4а и 4б пятно в наиболее удобном месте экрана.

После указанной подготовки можно приступить к выбору режима работы и проведению необходимых испытаний и измерений.

2. Проследить с помощью синхроскопа С1-5 за изменением формы кривых напряжения и тока в цепи, содержащей катушку со стальным сердечником, при увеличении тока в катушке.

Для этого собрать цепь, состоящую из катушки со стальным сердечником и известного сопротивления R_0 (рис. 4). В цепь включить два амперметра: детекторный (выпрямительный) A_1 , показывающий $I, II I_{cp}$, и электромагнитный A_2 , измеряющий действующее значение тока I . Вход осциллографа

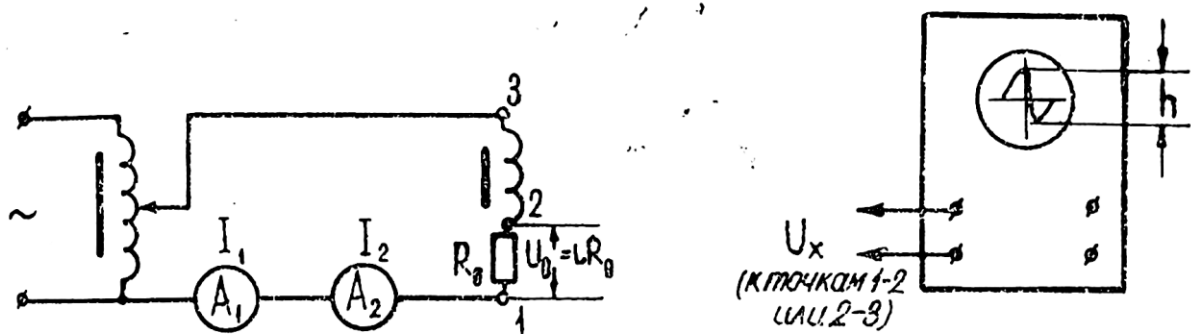


Рис. 4. Схема подключения осциллографа для измерения напряжения и тока катушки со стальным сердечником

фа подключить: для исследования напряжения на катушке — к точкам 2 и 3 схемы (рис. 4); для исследования тока в катушке — к точкам 1 и 2, падение напряжения между которыми $U_0 = iR_0$ пропорционально току в катушке.

3. Для двух значений подводимого напряжения записать в табл. 1 показания амперметров, скопировать на кальку с экрана осциллографа кривые токов и напряжений и измерить с помощью синхроскопа С1-5 их амплитудные значения. По результатам измерений вычислить коэффициент формы $k_\phi = I : I_{cp}$ и коэффициент амплитуды $k_a = I_m : I$ исследуемого тока.

Таблица 1

№ п. п.	Показания амперметров		Измерено осциллографом					Вычислено			
	I_1 , ма	I_2 , ма	K	"a", мм	"b", мм	U_k , в	U_{mo} , в	$I_m = \frac{U_{mo}}{R_0}$, ма	$I_{cp} = \frac{I_1}{1,11}$, ма	k_a	k_ϕ

Для измерения амплитуды исследуемого напряжения необходимо:

а) подать исследуемый сигнал на «Вход Y»;

б) при помощи делителя 5 и ручки «Усиление» б_а установить на экране изображение требуемых размеров, но не более 25 мм;

в) отсчитать по масштабной сетке, наложенной на экран трубки, величину изображения „а“.

г) запомнить положение «К» входного делителя 5; ручку «Усиление» до конца измерений не сдвигать;

д) поставить переключатель «Делитель» в положение «Калибр.»;

е) рукояткой «Калибровка амплитуды» установить на экране изображение калибрационного сигнала, равное по величине изображению исследуемого напряжения (в данном случае амплитуды напряжения на R₀) или любую удобную величину «b», отличающуюся не более чем в 1,5—2 раза от величины изображения исследуемого напряжения „а“;

ж) отсчитать по шкале «Имп.» калибратора амплитуды значение калибрационного напряжения U_к в вольтах, соответствующее величине изображения «b». Для измерения эффективных значений синусоидального напряжения отсчет следует производить по шкале «Эфф.» калибратора амплитуды;

з) вычислить амплитуду исследуемого напряжения по формуле

$$U_m = \frac{a}{b} U_k \cdot K, \text{ в.}$$

Если величина калибрационного сигнала «b» установлена равной величине изображения исследуемого импульса „а“, то

$$U_m = U_k \cdot K,$$

где K — коэффициент деления делителя, при котором измеряется исследуемый сигнал (K может быть равен 1; 10; 100).

4. Измерить с помощью синхроскопа С1-5 неизвестную частоту. Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

Фигура Лиссажу (рисунки с экрана)	Отношение частот f_x/f_y	Частота измерительного генератора f_x , Гц	Определяемая частота f_y , Гц

На «Вход Y» подается напряжение неизвестной частоты, а на «Вход X» — напряжение от измерительного генератора (например, ГЗ-34), частота которого может регулироваться в широких пределах (рис. 5). При этом рукоятка «Род работы» (см. рис. 3) должна быть в положении «Усилит.», а ручка «Род синхр.» — в положении «Внешн.». Ручками «Усиление» и «Синхрониз.» можно регулировать величину изображения по вертикали и горизонтали.

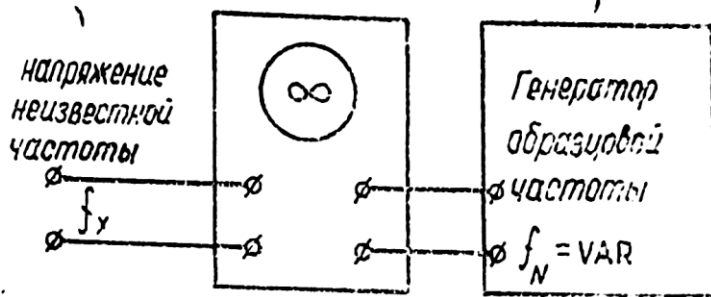


Рис. 5. Схема подключения осциллографа для измерения частоты

Частота измерительного генератора регулируется до тех пор, пока на экране не появится одна из простых фигур Лиссажу, для которых известно отношение частот f_x/f_y . Зная одну из частот $f_x = f_N$ и их отношение, вычисляют неизвестную частоту f_y .

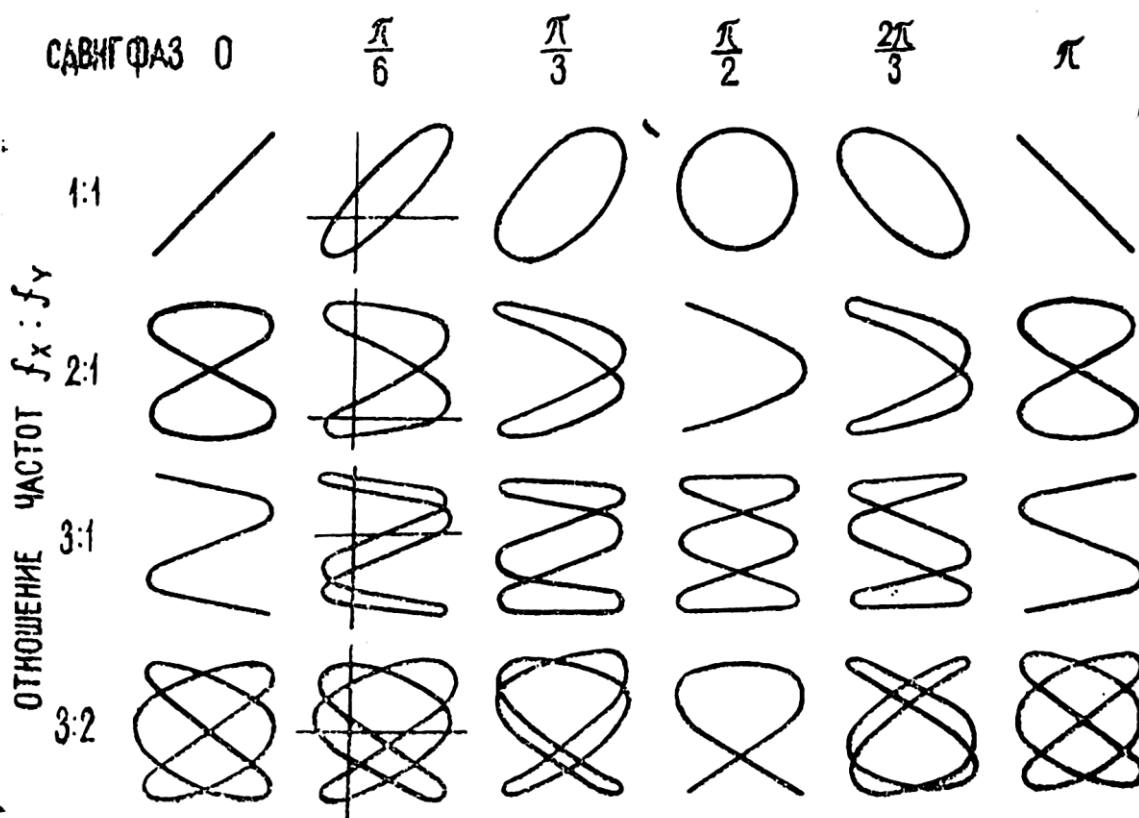


Рис. 6. Примеры фигур Лиссажу

На рис. 6 приведены примеры фигур Лиссажу при различных соотношениях частот и углах сдвига фаз. Из рисунка видно, что отношение частот поданных на осциллограф напряжений равно отношению количества пересечений фигуры Лиссажу с вертикальной и горизонтальной линиями, проведенными через фигуру вне точек пересечения самой фигуры.

5. Получить на экране осциллографа С1-1 (ЭО7) вольт-амперную характеристику нелинейного сопротивления, скопировать ее с экрана на кальку и определить масштабы по осям X и Y. Для этого собрать схему, приведенную на рис. 7.

На гнезда вертикально отклоняющих пластин Y, расположенных на задней стенке осциллографа, подается напряжение с нелинейного сопротивления $R_{н}$, а на гнезда горизонталь-

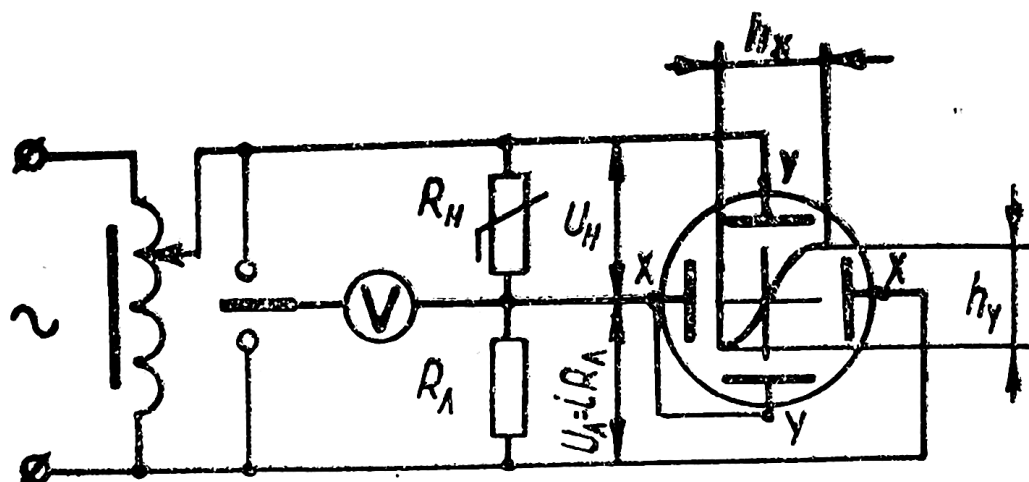


Рис. 7. Схема для получения на экране осциллографа вольт-амперной характеристики нелинейного сопротивления

но отклоняющих пластин X — напряжение $u_{л} = iR_{л}$ с известного линейного сопротивления $R_{л}$. Тумблеры на задней стенке осциллографа должны быть установлены в положение $\overset{x}{\uparrow}$ и $\overset{y}{\uparrow}$. При этом на экране получим кривую $i = f(u)$.

Измерив ламповым вольтметром напряжения $U_{л}$ и $U_{н}$ на линейном и нелинейном сопротивлениях, можно определить масштабы по осям Y и X, пользуясь следующими формулами:

$$M_{н} = \frac{2\sqrt{2}U_{н}}{h_{y}} \text{ в/мм};$$

$$M_{л} = \frac{2\sqrt{2}U_{л}}{h_{x}R_{л}} \text{ а/мм},$$

где $R_{л}$ — величина линейного сопротивления, включенного последовательно с нелинейным элементом;

h_{x} и h_{y} — размеры изображения вольтамперной характеристики на экране по осям X и Y.

6. Получить на экране осциллографа С1-1 (ЭО7) петлю гистерезиса ферромагнитного материала, скопировать ее на кальку и вычислить масштабы по осям B и H. Для этого собрать схему, изображенную на рис. 8.

На горизонтальный вход осциллографа при положении «Выкл.» ручки «Диапазон частот» подается напряжение $u_H = i_1 R_{ш} = H \frac{l_{сг}}{w_1} R_{ш} = k_1 H$, пропорциональное намагничивающему току i (следовательно и напряженности магнитного поля H , равной для кольцевого образца $i w_1 / l_{сг}$, где $l_{сг}$ — длина магнитопровода).

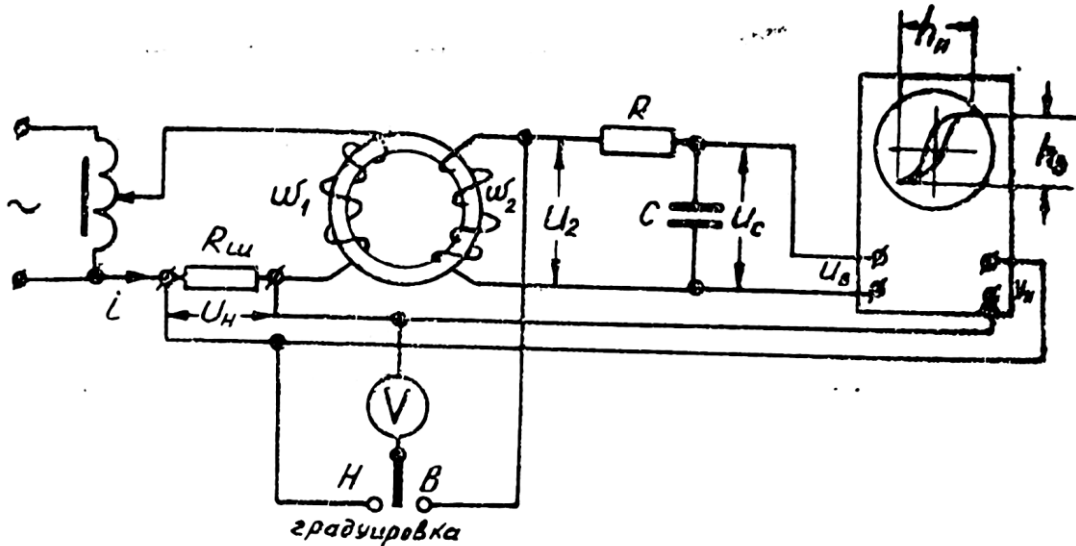


Рис. 8. Схема для получения на экране осциллографа петли гистерезиса ферромагнитного сердечника

На вертикальный вход подается напряжение $u_B = k_2 B$, пропорциональное магнитной индукции B . Для получения этого напряжения э.д.с., индуцируемая в обмотке w_2 ,

$$e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} = -w_2 S \frac{dB}{dt}$$

(где S — сечение образца; Φ — магнитный поток) интегрируется с помощью интегрирующего RC-контура.

Если выбрать $R \gg \frac{1}{\omega C} \gg \omega L$, то в обмотке w_2 будет протекать ток $i_2 = \frac{e_2}{R}$, а напряжение на емкости C

$$u_C = u_B = \frac{1}{C} \int i_2 dt = \frac{1}{C} \int \frac{e_2}{R} dt = \frac{w_2 S}{RC} \int \frac{dB}{dt} dt = \frac{w_2 S}{RC} B = k_2 B.$$

Измерив ламповым вольтметром напряжения U_H и $U_2 \approx E_2$ и отсчитав по координатной сетке размеры изображения

петли h_H и h_B в мм, можно вычислить масштабы по осям В и Н. Соответственно

$$M_B = \frac{2B_m}{h_B} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\omega w_2 S h_B} 10^4 \frac{\text{Тл}}{\text{мм}};$$

$$M_H = \frac{2H_m}{h_H} = \frac{2\sqrt{2}U_H w_1}{R_{ш} l_{ст} h_H} 10^2 \frac{\text{а/м}}{\text{мм}},$$

где S — сечение образца, см²;
 $l_{ст}$ — длина магнитопровода, см;
 $R_{ш}$ — сопротивление шунта, ом;
 U_H — падение напряжения на $R_{ш}$, в (действующее значение);
 U_2 — напряжение на измерительной обмотке w_2 , в;
 w_1, w_2 — число витков соответственно намагничивающей и измерительной обмоток;
 ω — круговая частота ($\omega = 2\pi f$).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчет включить: наименование работы; блочную схему осциллографа; схемы подключения осциллографа для измерения напряжения, тока и частоты, получения вольтамперных характеристик нелинейных сопротивлений и петли гистерезиса ферромагнитного материала; результаты измерений в виде таблиц, рисунков с экрана осциллографа и вычисленных значений масштабов измеряемых величин.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение основных блоков осциллографа.
2. Устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки.
3. Работа генератора развертки с пилообразным напряжением.
4. Назначение органов управления осциллографов С1-1 (Э07) и С1-5 (СИ-1).
5. Подготовка осциллографа к работе для наблюдения формы кривой напряжения.
6. Измерение амплитуд напряжения и тока с помощью осциллографа С1-5 (СИ-1).
7. Измерение частоты с помощью осциллографа.
8. Получение на экране осциллографа вольтамперной характеристики нелинейного сопротивления и петли гистерезиса ферромагнитного материала с определением масштабов по осям Х и Y.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: Байда Л. И. [1] § 58—60, 88; Попов В. С. [2] § 15-3, 16-6, 19-21.