

Ярославский государственный педагогический
университет им.К.Д.Ушинского

С.Д.Семенов

Лабораторная работа № 10

**Изучение электронного
осциллографа**

**Руководство к лабораторной работе
по общему курсу физики**

Ярославль
2005

Оглавление

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Структурная схема осциллографа | 3 |
| 1.1. | Электронно-лучевая трубка | 4 |
| 1.2. | Стеклянная конусообразная колба | 4 |
| 1.3. | Электронная пушка | 4 |
| 1.4. | Отклоняющая система | 4 |
| 1.5. | Органы управления ЭЛТ | 7 |
| 1.6. | Канал горизонтального отклонения луча | 7 |
| 1.7. | Усилитель горизонтального отклонения | 8 |
| 1.8. | Блок (схема) синхронизации | 8 |
| 1.9. | Канал вертикального отклонения луча | 8 |
| 2. | Назначение органов управления осциллографом | 10 |
| 2.1. | Органы управления усилителем Y | 10 |
| 2.2. | Органы управления синхронизацией | 11 |
| 2.3. | Органы управления разверткой | 12 |
| 2.4. | Органы управления калибратора амплитуды и длительности | 13 |
| 3. | Описание экспериментальной установки | 14 |
| 4. | Выполнение лабораторной работы | 14 |
| 4.1. | Исследование блока развертки. | 14 |
| 4.2. | Измерение амплитуды пилообразного напряжения | 15 |
| 4.3. | Измерение периода и частоты исследуемого сигнала | 16 |
| 4.4. | Исследование полупроводникового диода | 17 |
| 4.5. | Получение фигур Лиссажу | 18 |
| 5. | Содержание отчета | 19 |

Цель работы

Знать:

- Принцип получения изображения на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ)
- Назначение отдельных блоков по структурной схеме осциллографа
- Назначение органов управления, расположенных на лицевой панели осциллографа.

Уметь:

Производить простейшие исследования сигналов, поступающих на вход осциллографа.

Подготовка к лабораторной работе

1. Уясните цель и содержание лабораторной работы.
2. Изучите настоящее руководство к лабораторной работе.
3. Дайте ответы на контрольные вопросы.
 - Принцип получения изображения на ЭЛТ.
 - Для чего необходимо напряжение? Напряжение получаемое в блоке развертки.
 - Назначение линии задержки.

1. Структурная схема осциллографа

Назначение осциллографа

Осциллограф предназначен для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения и измерения их амплитудных и временных параметров.

Структурная схема осциллографа

Структурная схема содержит:

- Электронно-лучевую трубку (ЭЛТ).
- Канал горизонтального отклонения.
- Канал вертикального отклонения.
- Усилитель Z (усилитель подсвета).
- Калибратор амплитуды и длительности.
- Блок питания.

1.1. Электронно-лучевая трубка

Предназначена для визуального наблюдения формы исследуемых электрических сигналов.

Основными элементами ЭЛТ являются:

- Стеклянная конусообразная колба.
- Электронная пушка.
- Отклоняющая система.

1.2. Стеклянная конусообразная колба

Состоит из конусообразной и цилиндрической части. Внутри колбы создан высокий вакуум, поэтому с ЭЛТ следует обращаться очень осторожно. Малейшее повреждение колбы может вызвать сильный взрыв, приводящий к разбрасыванию стекла.

Дно колбы с внутренней стороны покрыто флуоресцирующим материалом, который светится при его электронной бомбардировке. Цвет свечения зависит от состава люминофора. Яркость свечения зависит от скорости электронов и их числа. Таким образом, дно колбы является экраном, с помощью которого осуществляется визуальное наблюдение за исследуемыми физическими процессами.

Внутренняя боковая поверхность конуса и часть цилиндрической части покрыта измельченным графитом. Он собирает вторичные электроны, которые выбиваются из экрана первичными электронами луча. Это исключает накопление на экране большого отрицательного заряда, который способен отклонить первичный электронный поток в сторону бокового покрытия.

1.3. Электронная пушка

Предназначена для создания и фокусировки электронного потока в узкий луч. В состав электронной пушки входит катод – как источник электронов и ряд других элементов не показанных на структурной схеме.

1.4. Отклоняющая система

Предназначена для перемещения электронного луча в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

1. Структурная схема осциллографа

Отклоняющая система состоит из двух пар металлических пластин, расположенных симметрично относительно оси трубки. Пластины одной пары расположены перпендикулярно пластинам другой пары. Горизонтальные пластины отклоняют луч в вертикальной плоскости и поэтому называются вертикально-отклоняющими пластинами (пластины Y).

На эти пластины поступает исследуемый сигнал с выхода канала вертикального отклонения луча.

Вертикальные пластины отклоняют луч в горизонтальной плоскости и называются горизонтально-отклоняющими пластинами, (пластины X).

На эти пластины подаётся пилообразное напряжение с генератора развёртки.

Рассмотрим принцип получения изображения исследуемого сигнала на экране электронно-лучевой трубки. Если к горизонтально-отклоняющим пластинам трубки приложить линейно-нарастающее напряжение (напряжение пилообразной формы) то электронный луч будет перемещаться слева направо (прямой ход) и быстро возвращаться обратно (обратный ход). Обратный ход луча на экране не отображается, так как во время обратного хода трубка запирается отрицательными импульсами на управляющий электрод трубки.

Следовательно, горизонтальная развёртка луча в течение прямого хода отображает ось времени. Скорость перемещения луча может измениться скачкообразно при помощи переключателя "время/дел" и плавно потенциометром "▼"

Принцип получения горизонтальной развёртки показан на рис. 1.1.

Исследуемое напряжение подводится к вертикально отклоняющим пластинам.

На рисунке 1.2 показан процесс образования изображения исследуемого напряжения на экране трубки, изменяющегося с течением времени по синусоидальному закону.

В рассматриваемом случае период исследуемого напряжения равен периоду временной развёртки $T = T_p$. Поэтому за каждый период развёртки на экране трубки отображается один период исследуемого напряжения. При этом изображение полученное на экране за каждый последующий период развёртки точно накладывается на изображение, получен-

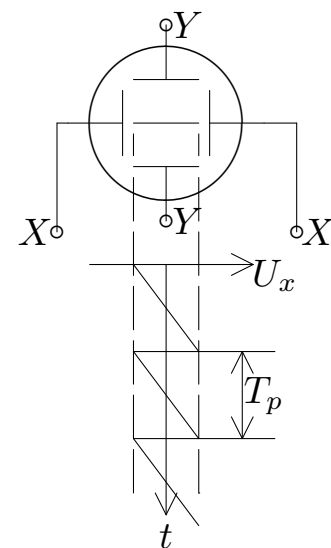


Рис. 1.1

ное за каждый предыдущий период развёртки. Благодаря этому на экране видна неподвижная картинка изображающая один период исследуемого напряжения.

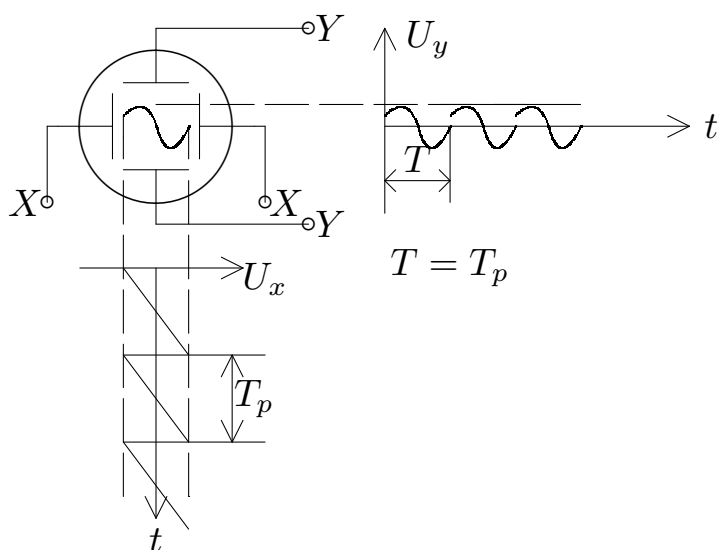


Рис. 1.2

Если период развёртки равен **целому** числу периодов исследуемого напряжения ($T_p = nT$), то наложение изображения будет происходить через каждые "n" периодов исследуемого напряжения. При этом на экране будет видна **неподвижная** картинка, изображающая n периодов исследуемого напряжения.





Если же период развёртки не равен целому числу периодов исследуемого напряжения ($T_p \neq nT$), то последующий период развёртки не будет накладываться на изображения, полученные за последующие периоды развёртки. В результате изображение либо перемещается по экрану, либо образуется ряд неподвижных смещённых относительно друг друга изображений.

Из изложенного следует, что для получения на экране трубки правильного изображения формы исследуемого периодического напряжения необходимо, чтобы частота развёртки была меньше частоты исследуемого сигнала в целое число раз ($n = 1, 2, 3 \dots$). Кроме того, должна быть обеспечена хорошая линейность развертывающего напряжения, действующего на горизонтально-отклоняющих пластинах.

Возможности ЭЛТ не ограничиваются способностью воспроизведения формы исследуемого напряжения. На экране трубки можно получить графики вольтамперных характеристик $i = i(u)$ полупроводниковых, вакуумных и других электронных приборов.

1.5. Органы управления ЭЛТ

(смотри лицевую панель осциллографа)

-  — регулировка фокусировки луча (четкость изображения)
-  — регулировка яркости изображения.
-  — регулировка четкости изображения - астигматизм. Используется совместно с ручкой .

Примечание

-  — регулировка освещения шкалы.

1.6. Канал горизонтального отклонения луча

(Канал развёртки "X")

В состав канала входят:

- блок развёртки;
- усилитель горизонтального отклонения;
- блок синхронизации.

Блок развёртки предназначен для формирования пилообразного напряжения, которое подаётся на пластины "X" для перемещения электронного луча в горизонтальной плоскости (рис. 1.3).

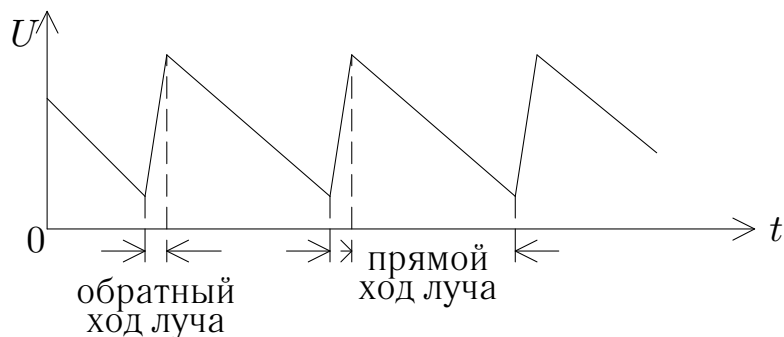


Рис. 1.3

Принцип получения пилообразного напряжения основан на заряде (обратный ход луча) и разряда (прямой ход луча) конденсатора через электронную лампу.

Если подключать конденсаторы различной ёмкости, то будет изменяться и скорость разряда, а следовательно, и скорость движения луча, (чем больше ёмкость, тем меньше скорость луча). Это осуществляется при помощи переключателя "время/дел" и потенциометра "▼ плавно".

1.7. Усилитель горизонтального отклонения

Предназначен для усиления пилообразного напряжения, поступающего на его выход с блока развертки. С выхода усилителя усиленное пилообразное напряжение поступает на горизонтально отклоняющие пластины (X) для перемещения луча в горизонтальной плоскости.

1.8. Блок (схема) синхронизации

Предназначен для получения неподвижного изображения на экране ЭЛТ. Блок синхронизации осуществляет запуск блока развертки.

1.9. Канал вертикального отклонения луча

В состав канала входят следующие блоки:

- Входной аттенюатор;
- Предварительный усилитель;
- Линия задержки;
- Выходной усилитель.

Входной аттенюатор предназначен для ослабления входного сигнала, во избежание перегрузки лампы первого каскада предварительного усилителя. Перегрузка канала приведет к искажению сигнала на экране ЭЛТ. Исследуемый сигнал подается на вход аттенюатора через гнездо \ominus .

Предварительный усилитель предназначен для усиления сигнала.

Линия задержки предназначена для задержки исследуемого сигнала относительно начала развертки на время примерно 40 нс (рис.1.4).

1. Структурная схема осциллографа

Таким образом исследуемый сигнал поступает на ЭЛТ позже чем пилообразное напряжение развертки. Это позволяет наблюдать передний фронт исследуемого сигнала.

Выходной усилитель усиливает исследуемый сигнал до значения, удобного для наблюдения на ЭЛТ. С выхода усилителя исследуемый сигнал в противофазе поступает на вертикально отклоняющие пластины (Y) ЭЛТ.

Усилитель Z (усилитель подсвета)

Вырабатывает импульсы, которые подаются на катод ЭЛТ. Они предназначены для подсвета прямого хода развертки и гашения обратного хода.

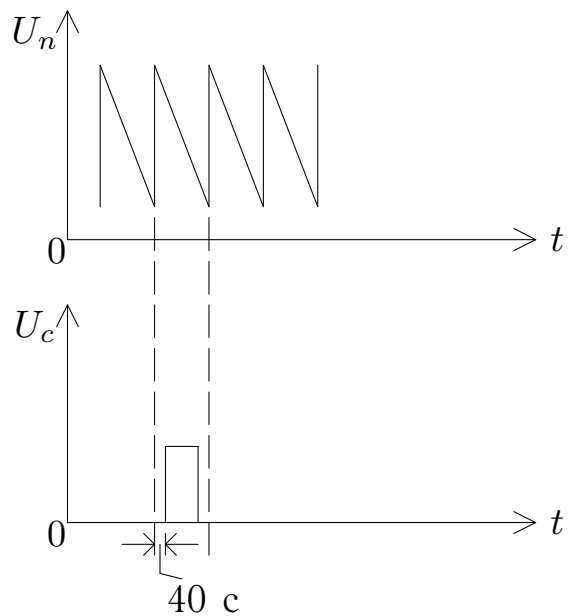


Рис. 1.4

Калибратор амплитуды и длительности

Предназначен для проверки чувствительности канала вертикального отклонения и проверки длительности развертки.

Блок питания

Обеспечивает питающим напряжением схему осциллографа при включении его в сеть переменного тока 220, частотой 50.

2. Назначение органов управления осциллографом

Органы управления ЭЛТ описаны выше при описании ЭЛТ.

2.1. Органы управления усилителем Y

- | | | |
|----------|---|---|
| V/дел | — | устанавливает коэффициент вертикального отклонения, т.е. изменяет амплитуду входного сигнала. Цифры около переключателя определяют цену одного большого деления в "V" на сетке экрана осциллографа по вертикали. Цифры используются при измерении амплитуды входного сигнала. |
| "Плавно" | — | обеспечивает плавную регулировку амплитуды входного сигнала. При измерении амплитуды входного сигнала ручка "плавно" должна быть в крайнем правом положении ▼. |
| ↕ | — | регулирует положение изображения по вертикали. |
| "Баланс" | — | балансирует предварительный усилитель вертикального отклонения в положениях 0.005; 0.01; 0.02 и 0.05 переключателя V/дел. |
| ▼ | — | регулирует усиление усилителя Y. |
| ⊥ ~ | — | выбирает способ подачи выходного сигнала на выход усилителя Y. |
| ⊥ | — | все составляющие входного сигнала проходят на вход усилителя Y. |
| ⊥ | — | заземляет входную схему усилителя (входной сигнал не заземлен). |
| ~ | — | не пропускает постоянную составляющую входного сигнала. |
| ⊕ | — | гнездо для подачи исследуемого сигнала на выход канала вертикального отклонения. |

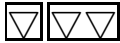


2.2. Органы управления синхронизацией

| | | |
|------------------------------|---|---|
| Переключатель \pm | — | выбирает полярность запускающего импульса, синхронизирующего развертку. |
| Переключатель $\approx \sim$ | — | устанавливает режим запуска схемы синхронизации. |
| \approx | — | проходят запускающие сигналы от 0 до 50 мГц. |
| \sim | — | постоянная составляющая блокируется и сигналы частотой менее 30 Гц ослабляются. |
| "Уровень" | — | вырабатывает уровень исследуемого сигнала, от которого происходит запуск развертки. |
| В.Ч. | — | обеспечивает устойчивое изображение сигнала частотой свыше 10 мГц. |



Переключатель В2 в положении

| | | |
|-------------------|---|--|
| "ВНУТР." | — | обеспечивает запуск развертки сигналом поступающим из канала вертикального отклонения. |
| "Сеть" | — | развертка синхронизируется сигналом с частотой питающей сети. |
| ВНЕС.1:1 | — | развертка синхронизируется внешним сигналом, поданным на гнездо $\ominus X$. |
| ВНЕС.1:10 | — | внешний синхронизирующий сигнал ослабляется в 10 раз. |
| ВНЕС. $\ominus X$ | — | входное гнездо для внешнего синхронизирующего сигнала. Это гнездо используется также в качестве внешнего горизонтального входа, когда переключатель В1 стоит в положении $\ominus X$. |

2.3. Органы управления разверткой

- Время/дел — устанавливает скорость развертки. Цифры около переключателя определяют цену одного большого деления в миллисекундах (mS) или в микросекундах (μS) по горизонтальной линии в зависимости от положения переключателя. Цифры предназначены для измерения временных параметров исследуемого сигнала.
- "Плавно" — обеспечивает плавную регулировку скорости развертки. При изменении временных параметров исследуемых сигналов ручка "плавно" должна быть перевернута до упора.
- ←→ ручки  — регулируют положение изображения по горизонтали.
-  — грубое перемещение по горизонтали.
-  — плавное перемещение по вертикали.

Переключатель В1 в положении:

- X1 — устанавливает скорость развертки соответственно положению переключателя время/дел.
- X0,1 — увеличивает скорость развертки в 10 раз.
-  — горизонтальное отклонение осуществляется внешним сигналом, который подается на гнездо  X в блок синхронизации.

Переключатель ВЗ устанавливает режим работы развертки.

- Σ — развертка осуществляется независимо от наличия запускающего импульса. Синхронизация осуществляется любым импульсом частотой не менее 30 Гц.
- Σ — запуск развертки осуществляется только при наличии сигнала синхронизации.
 - однократный запуск развертки осуществляется одиночным сигналом. Для последующего запуска необходимо нажать кнопку готов.
- $\ominus \nabla$ — гнездо выхода генератора пилообразного напряжения. Используется для просмотра формы измерения электрических параметров пилообразного напряжения. Для этого гнездо $\ominus \nabla$ соединяют с гнездом \oplus усилителя Y другого осциллографа.

2.4. Органы управления калибратора амплитуды и длительности

- \ominus — гнездо выхода сигнала калибратора амплитуды и длительности.
- ВЫКЛ. \square 1 кГц — устанавливает режим калибратора.
- ВЫКЛ. — калибратор выключен.
- \square 1 кГц — вырабатывает выходной прямоугольный сигнал калибратора амплитуды и длительности с частотой повторения 1.
- — устанавливает постоянное выходное напряжение калибратора.
- Сеть вкл. — включение осциллографа. Свечение сигнальной лампы указывает, что осциллограф подключен к сети.
- \oplus — клемма защитного заземления.

3. Описание экспериментальной установки

В состав экспериментальной установки входят:

- два одноплатных осциллографа С1-65А, один из которых является рабочим, а второй исследуемым. Исследованию подлежит блок развертки, вырабатывающий пилообразное напряжение.
- два звуковых генератора ГЗМ, которые используются в качестве источников гармонических напряжений.
- плата с диодом и резистором для просмотра вольтамперной характеристики диода.

4. Выполнение лабораторной работы

4.1. Исследование блока развертки.

- Соберите схему согласно рисунку 4.1.

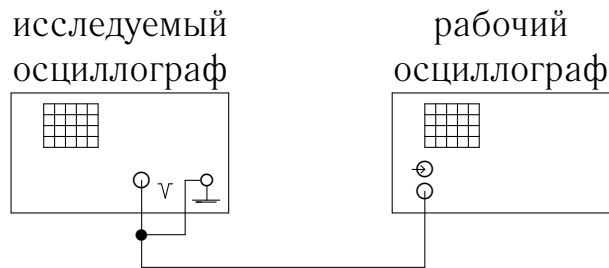


Рис. 4.1

- Установите переключатели в следующие положения.

На **исследуемом** осцилляторе:

$V/\text{дел}$ — в положение 1.

Время/дел — в положение $0,5 \text{ мС}$.

Примечание: остальные переключатели установлены преподавателем.

На рабочем осциллографе:

$V/\text{дел}$ — в положение 2.

4. Выполнение лабораторной работы

Время/дел — в положение $2 mS$.

Примечание: остальные переключатели установлены преподавателем.

- Включить осциллограф и дать погреться в течении 15 мин.
- Зарисовать форму пилообразного напряжения.
- Не выключая осциллографа и не разбирая схему, измерить амплитуду пилообразного напряжения.

4.2. Измерение амплитуды пилообразного напряжения

- Установите переключатель $V/\text{дел}$ в положение, при котором на экране наблюдается несколько периодов пилообразного напряжения.
- Установите ручку \downarrow так, чтобы нижний уровень сигнала совпал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень находился в пределах рабочей части экрана.
- Сместите ручкой \leftrightarrow изображение таким образом, чтобы верхний уровень сигнала находился на центральной вертикальной линии (рис. 4.2)

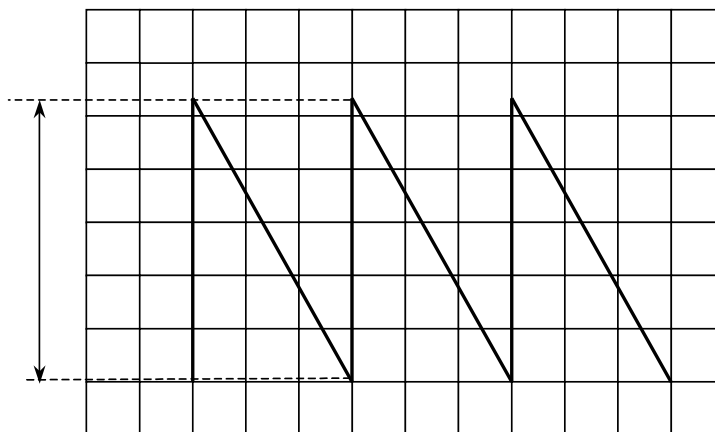


Рис. 4.2

- Измерьте расстояние в делениях между крайними точками размаха сигнала. Ручка "плавно" должна быть установлена в положение "▼".

-
- Умножьте число делений на показание переключателя V/дел.
Например $5,2 \text{ дел} \times 1 \frac{\text{V}}{\text{дел}} = 5,2 \text{ v}$.
 - Выключить исследуемый осциллограф и разобрать схему.

4.3. Измерение периода и частоты исследуемого сигнала

Измерить период и частоту переменного напряжения снимаемого с генератора звуковой частоты.

- Для этого соединить выход генератора (гнездо 5 Ом) с гнездом \ominus усилителя Y на осциллографе.
Включить генератор. Установить шкалу между 50 и 60 делений.
- Установите переключатель V/дел в такое положение, чтобы амплитуда переменного тока напряжения на экране составляла около 5 делений.
- Установите переключатель время/дел на такую скорость развертки, при которой измеряемый период укладывался между 5 и 8 делениями.
- Измерьте число делений между точками определяющими период переменного напряжения.
Умножьте число делений на цену одного деления на переключателе время/дел.
Например, период

$$T = 5 \text{ дел} \times 0,1 \frac{\text{мс}}{\text{дел}} = 0,5 \text{ мс}.$$

- Определите частоту переменного напряжения.

$$f(\text{Гц}) = \frac{1}{T(\text{с})}$$

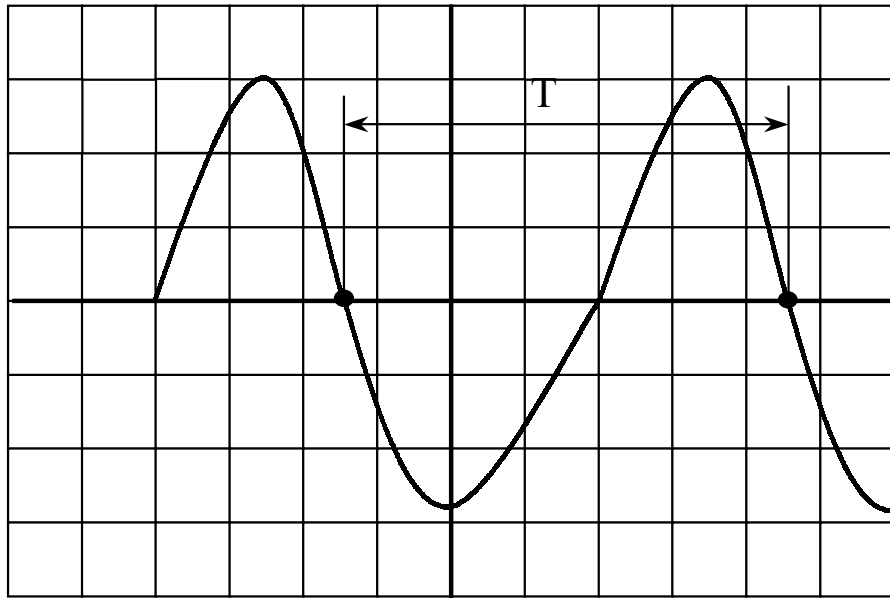


Рис. 4.3

4.4. Исследование полупроводникового диода

1. Исследование диода как выпрямителя переменного тока.

Соберите схему согласно рис. 4.4

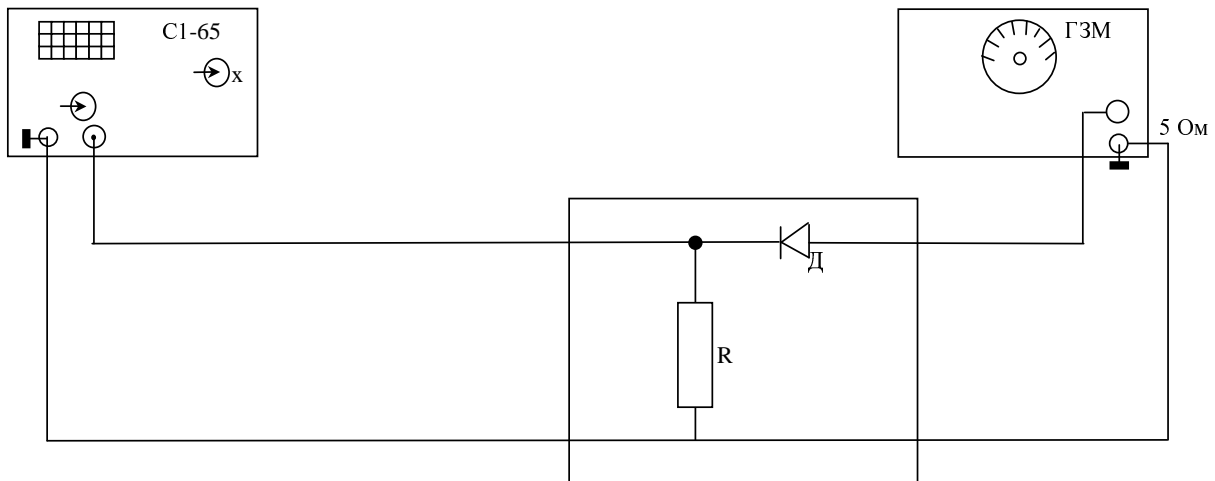


Рис. 4.4

- Установить на генераторе частоту 500 – 600 Гц.
- Включить генератор.

- При неустойчивом положении изображения на экране добиться устойчивости, поворачивая ручку “уровень” на блоке синхронизации.
- Зарисовать форму исследуемого сигнала.

2. Получение изображения вольтамперной характеристики диода.

- К ранее собранной схеме подключите в/ч кабелем выход генератора (5 Ом) к гнезду $\ominus X$ на блоке синхронизации осциллографа.
- На осциллографе произведите следующие переключения.
Переключатель В1 в положение $\ominus X$.
Переключатель В2 в положение “Внеш.” (крайнее нижнее положение)
- Вращая ручку $\leftrightarrow \nabla$ на блоке разветки и ручку \updownarrow на блоке усилителя Y , добейтесь изображения вольтамперной характеристики по центру экрана.
- Зарисуйте вольтамперную характеристику диода.

4.5. Получение фигур Лиссажу

- Соберите схему согласно рис. 4.5

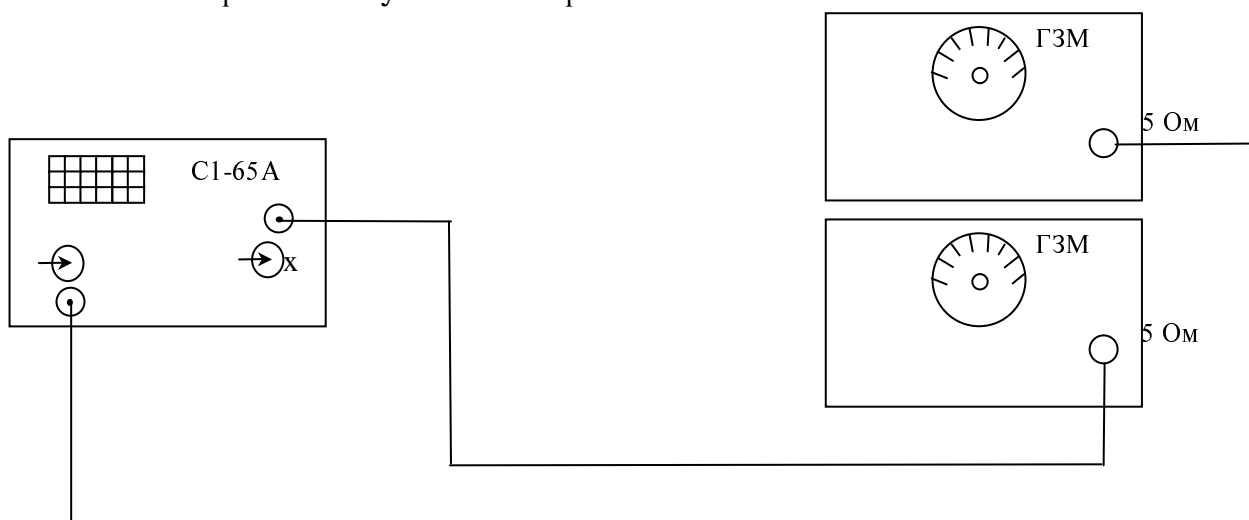


Рис. 4.5

- На осциллографе ручки управления оставьте без изменения.

- На звуковых генераторах установите частоту $\omega_1 = \omega_2 = 300$ Гц.
- Включите питание на звуковые генераторы.
- Зарисуйте полученное изображение.
- Установите на одном из генераторов частоту $\omega_1 = n\omega_2$, где $n=2, 3, 4$.
- Зарисуйте полученные изображения.

5. Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Схема исследования, осциллограммы напряжений блока развертки, измеренное напряжение с блока развертки.
3. Схема исследования, осциллограммы напряжений генератора звуковой частоты, расчет периода и частота переменного напряжения.
4. Схема исследования и осциллограммы напряжений с выхода диода.
5. Осциллограмма вольтамперной характеристики диода.
6. Схема исследования и осциллограммы фигур Лиссажу для разных соотношений частот.