

ИЗУЧЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы: ознакомление с принципом действия электронного осциллографа и его применением, измерение параметров электрических сигналов с помощью электронного осциллографа.

Приборы и принадлежности: электронный осциллограф типа С1-1, звуковой генератор типа ГЗ – 109 , вольтметр, источник постоянного тока, переключатель.

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА

Осциллограф - прибор для наблюдения быстрых периодических процессов в электрических цепях. В физической лаборатории осциллограф применяется для следующих целей:

- для исследования временной зависимости напряжения или тока в быстропеременных периодических процессах;
- для исследования взаимных зависимостей напряжений и токов в электрических цепях;
- для сравнения амплитуд двух напряжений или токов;
- для измерения малых промежутков времени;
- Для определения частот колебаний;
- для сравнения фаз двух электрических колебаний.

Основой осциллографа служит электронно-лучевая трубка, в которой электронный луч высвечивает на экране свою траекторию. Вертикальное отклонение луча пропорционально величине напряжения сигнала U в данный момент, а горизонтальное отклонение соответствует времени t , прошедшему от начала наблюдения. Осциллограф используют для наблюдения периодически повторяющихся изменений напряжения. Поэтому движение электронного луча многократно повторяется через время T (период процесса) и отдельные изображения на экране сливаются в одно (если $T < 0,1$ с). В итоге на экране электронно-лучевой трубки наблюдается график изменения напряжения во времени $U(t)$ для выбранного участка периодического процесса. Такой метод называется разверткой процесса во времени. С помощью осциллографа можно исследовать периодические процессы с очень малым периодом следования (до 10^{-8} - 10^{-6} сек).

Типичный электронный осциллограф включает следующие основные блоки (рис.1): электронно-лучевая трубка ЭЛТ, усилитель исследуемого сигнала $У$, генератор развертки ГР и источник питания ИП. В состав осциллографа часто включается блок синхронизации БС и усилитель вертикального отклонения (УВ). В простейших осциллографах могут отсутствовать все блоки кроме ЭЛТ и источника питания. Все блоки осциллографа находятся обычно внутри

корпуса, на переднюю панель которого выведены экран электронно-лучевой трубки, различные переключатели, ручки управления и зажимы или гнезда для подачи на осциллограф исследуемых напряжений. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока (220 В, 50 Гц).

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) является главной частью осциллографа. Она представляет собой стеклянную колбу, из которой откачан воздух (рис. 2). Внутри колбы размещены: электронная пушка ЭП, формирующая электронный луч, отклоняющая система ОС, состоящая из пластин вертикального (Y) и горизонтального (X) отклонения, и люминесцентный экран Э (на дне колбы). Экран покрыт тонким слоем люминофора, который светится под действием падающих электронов и на экране в месте падения луча возникает светящаяся точка.

Электронная пушка включает катод 1 (источник электронов) с подогревателем 2, управляющий электрод 3 (модулятор интенсивности луча), первый анод 4 (фокусирующий) и второй анод 5 (ускоряющий). Назначение электронной пушки - получить сфокусированный поток электронов (электронный луч) заданной интенсивности. Отклоняющая система состоит из двух пар пластин: вертикальных Y и горизонтальных X. К пластинам прикладывается заданная разность потенциалов. Поток электронов (электронный луч), проходя между пластинами, смещается под действием их электрического поля либо по вертикали (в пластинах Y), либо по горизонтали (в пластинах X). Если на отклоняющих пластинах нет напряжения, то поток электронов попадает в центр экрана, где и создает светящееся пятно. При подаче напряжения на отклоняющие пластины X электронный луч и с ним светящееся пятно смещаются от центра экрана влево или вправо, в зависимости от полярности напряжения, подаваемого на отклоняющие пластины. При подаче на пластины Y электронный луч отклоняется либо вверх, либо вниз.

Осциллограф функционирует следующим образом. Исследуемое напряжение $U(t)$ подается на вход усилителя U и после усиления поступает на пластины Y отклоняющей системы. Одновременно на пластины X отклоняющей системы подается напряжение от встроенного генератора развертки, линейно возрастающее со временем. Под действием отклоняющей системы пластин электронный луч движется по экрану и "рисует" линию, которая наглядно показывает зависимость $U(t)$. Когда луч дойдет до края экрана его необходимо быстро вернуть в начало. Это осуществляется резким уменьшением до нуля напряжения на горизонтальных пластинах X. Затем процесс снова повторяется. Следовательно, на пластины X необходимо постоянно подавать периодически меняющееся напряжение $U(t)$ (напряжение развертки), график которого имеет пилообразный вид (рис. 2а). Такое напряжение вырабатывает специальный генератор развертки (ГР). Для получения стабильного изображения на экране период развертки должен быть кратным периоду следования измеряемых сигналов. Данное условие поддерживается автоматической подстройкой частоты генератора развертки с помощью специального блока синхронизации.

Основными параметрами осциллографа являются следующие.

- 1. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ S** - отношение вертикального отклонения ΔY пятна на экране электронно-лучевой трубки к разности потенциалов ΔU , поданной на вход "Y" осциллографа:

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta U} \quad (1)$$

Размерность S – см / В. Величина чувствительности регулируется ручками и переключателями на передней панели осциллографа.

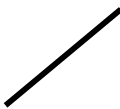
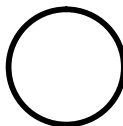
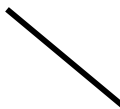
- 2. ПОЛОСА ЧАСТОТ ДГ** - диапазон частот гармонических сигналов, которые без искажений воспроизводятся на экране осциллографа. Обычно осциллографы хорошо отображают сигналы с частотами от 50 Гц до 1 МГц.
- 3. ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** - сопротивление, которое оказывает вход "Y" осциллографа переменному току на средней частоте. Оно должно быть как можно больше и обычно составляет более 0,5 МОм.
- 4. ДИАПАЗОН СКОРОСТЕЙ РАЗВЕРТКИ** задается ручками и переключателями на передней панели и измеряется в сек (мс, мкс) на см по горизонтальной шкале экрана ЭЛТ.

ФИГУРЫ ЛИССАЖУ

Обратимся теперь к осложнению взаимно перпендикулярных колебаний на экране осциллографа. Если частоты этих колебаний равны или кратны, то луч описывает на экране замкнутые кривые, которые называются фигурами Лиссажу. Пусть на вход "X" подан сигнал $x = A \cos(\omega t + \varphi_1)$ (при этом развёртка должна быть выключена), а на вход "Y" сигнал $y = B \cos(\omega t + \varphi_2)$. Тогда уравнение траектории луча имеет вид:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (2)$$

Таким образом, при сложении колебаний, имеющих одинаковую частоту, луч описывает эллипс. В общем случае вид фигуры Лиссажу зависит от соотношений между периодами, фазами и амплитудами колебания. Зная параметры одного колебания, можно по фигуре Лиссажу определить параметры другого колебания. Некоторые частные случаи фигур Лиссажу для разных периодов и фаз показаны в нижестоящей таблице.

1:1					
1:2					
1:3					

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с внешним видом и ручками управления осциллографа. "Поверить работу ручек управления яркостью и положением электронного луча, проверить переключатель частоты развертки.
2. Подготовить - осциллограф к работе. Для этого:
 - 1) проверить заземление осциллографа;
 - 2) убавить яркость луча и сфокусировать его на экране, для чего установить ручку "Яркость" в крайнее правое положение, а ручку "Фокус" в среднее положение;
 - 3) уменьшить чувствительность осциллографа и вывести луч на середину экрана, для чего у осциллографа С1-5 (и ему подобных) установить ручки "Усиление Y" и "Усиление X" в крайнее левое положение, а ручки "Смещение Y" и "Смещение X" в среднее положение; для школьного осциллографа ОМШ-3 и НЗ13 усиление по X и усиление по Y устанавливается с помощью кнопочных переключателей;
 - 4) ручки "Синхронизация" и "Частота плавно" установить в крайнее левое положение (на школьном осциллографе ОМШ-3 ручка "Синхронизация" отсутствует);
 - 5) поставить переключатель "Диапазоны частоты" в положение "Выключено", переключатель "Синхронизация" в положение "Внутр.", а переключатель "Ослабление" в положение 1:1.
 - 6) включить шнур осциллографа в сеть, включить питание (поставить тумблер "Сеть" в положение "Вкл"); при этом должна загореться сигнальная лампочка;
 - 7) дать осциллографу прогреться в течение 1-3 мин, после чего на экране должно появиться яркое пятно;
 - 8) уменьшить яркость пятна и вращением ручки "Фокус" установить четкое изображение пятна; ручками "Смещ. Y" и "Смещ. X" вывести точку в центр экрана.
3. Произвести горизонтальное и вертикальной отклонение электронного луча постоянным и переменным напряжением, измерить чувствительность осциллографа по входам X и Y Для этого:
 - 1) подать на вход X осциллографа постоянное напряжение $\Delta U = 20$ вольт и измерить величину смещения светового пятна на экране по горизонтали ΔX , объяснить наблюдаемый эффект. Вычислить чувствительность осциллографа по входу X, используя формулу: $S_x = \Delta X / \Delta U$. Увеличить постоянное напряжение до 30 Вольт, убедиться в большем отклонении, объяснить эффект и определить S; "Ослабление" X(Y) поставить на деление "1".
 - 2) подать на вход Y осциллографа постоянное напряжение $\Delta U = 20$ вольт и измерить величину смещения светового пятна на экране по вертикали ΔY . Вычислить чувствительность осциллографа по входу Y по формуле

$S_y = \Delta Y / \Delta U$. Увеличить напряжение до 30 вольт, убедиться в большем отклонении, определить S ;

- 3) подать на вход Y переменное напряжение от звукового генератора величиной $U=6$ вольт частотой 1000 Гц, убедиться в появлении вертикальной полосы на экране осциллографа. Объяснить наблюдаемое явление. Измерить длину полосы L , и вычислить чувствительность S осциллографа по входу Y , используя формулу

$$S = L / (2,8U) . \quad (3)$$

Сравнить данное значение S с величиной, полученной из измерений на постоянном напряжении.

- 4) подать на вход X переменное напряжение от звукового генератора величиной 6 вольт частотой 1000 Гц, убедиться, в появлении горизонтальной полосы на экране осциллографа. Объяснить наблюдаемое явление, вычислить чувствительность S осциллографа по входу X , используя формулу (3), сравнить ее с величиной, полученной из измерений на постоянном напряжении.

4. Произвести визуальное наблюдение гармонических сигналов. Для этого:

- 1) перевести осциллограф в режим непрерывной развертки;
- 2) установить длительность развертки 1 мс;
- 3) подать на вход Y переменное напряжение амплитудой 1 В частотой 1000 гц и ручками "Частота развертки", "Стабильность" добиться стабильного изображения одного периода колебания на экране осциллографа; размер изображения регулировать ручкой "Чувствительность";
- 5) меняя частоту сигнала, подаваемого от генератора в два, три и четыре раза, добиться на экране устойчивых изображений, зарисовать и объяснить их.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение осциллографа в физической лаборатории?
2. Объясните принцип получения изображения на экране осциллографа.
3. Опишите общее устройство осциллографа и назначение его основных блоков.
4. Изложите устройство и принцип работы электронно-лучевой трубки.
5. Перечислите основные параметры осциллографа. Как определяется чувствительность осциллографа?
6. Расскажите порядок выполнения работы.
7. Как подсчитываются ошибки измерения в данной работе?

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы физических измерений (лабораторный практикум по физике) под ред. Р. И. Солоухина. - Наука, Сиб. отд., Новосибирск, 1975 г.
2. Бурсиан Э.В., Физические приборы, - М.: Просвещение, 1984 г.

© Sarangiv Sergey. Элиста январь 2004

