

Лабораторная №3.

Осциллограф.

Работа выполнена студентом 417 группы Зотовым И.С.

Цель работы: : Понять принцип работы электронного осциллографа и методику проведения измерений с помощью этого прибора.

Приборы и материалы: осциллограф типа С1-1, генератор.

Теоретическая часть:

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ):

ЭЛТ – едва ли не самый главный узел осциллографа – представляет собой откачанный до высокого вакуума стеклянный баллон, передняя стенка которого (экран) покрывается с внутренней стороны специальным составом-люминофором; при попадании на люминофор электронного луча в месте попадания образуется яркая светящаяся точка.

Электронный луч формируется с помощью так называемой электронной линзы, состоящей из подогревного катода и трёх цилиндрических коаксиальных электродов: модулятора, первого анода и второго анода. На второй анод подаётся положительное относительно катода напряжение порядка 1-2 кВ, на первый анод – положительное напряжение $U_{A1} = (0,1-0,3)U_{A2}$ и на модулятор – небольшое отрицательное относительно катода напряжение U_m . При этом в междуэлектродном пространстве создаётся аксиально-симметричное электрическое поле, обладающее фокусирующим действием на электронный пучок. Электроны, вылетевшие из раскалённого катода, ускоряются и фокусируются этим полем таким образом, чтобы на экране трубки получилось малое по размеру резко очерченное светящееся пятно.

Чем больше электронов в пучке, т. е. чем больше ток пучка, тем ярче будет пятно на экране. Величина тока в пучке регулируется изменением напряжения на модуляторе. Ручка потенциометра, с помощью которого производится эта регулировка, выведена на переднюю панель осциллографа (ручка «Яркость»).

Фокусировка осуществляется изменением напряжения на первом аноде с помощью соответствующего потенциометра (ручка «Фокус» на передней панели). При изменении U_{A1} меняется конфигурация электрического поля и его фокусирующее действие.

Отклонение электронного луча производится с помощью электрических полей, создаваемых между двумя парами взаимно-перпендикулярных пластин, называемых отклоняющими. На влетающий в пространство между любой парой пластин электрон действует со стороны электрического поля сила, отклоняющая электрон в направлении, перпендикулярном оси трубки. Пластины, отклоняющие луч в горизонтальном направлении, называются горизонтальными или X пластинами, а в вертикальном – вертикальными или Y пластинами. Изменяя напряжение на пластинах, можно перемещать электронный луч в любую точку экрана. На переднюю панель осциллографа выведены ручки «Ось Y Вниз-Вверх» и «Ось X Влево-Вправо», с помощью которых можно изменять постоянное напряжение на пластинах и смещать луч по экрану.

Для получения на экране формы исследуемого напряжения-осциллограммы необходимо исследуемое напряжение подать на вертикальные пластины, а на горизонтальные пластины необходимо подать пилообразное напряжение, снимаемое с генератора развёртки, которое равномерно во времени смещает луч по горизонтали.

Важным параметром трубки является её чувствительность

$$\chi = \frac{h}{U} = \frac{l_1 * l_2}{2dU_{A2}},$$

где l_1 – длина пластин, l_2 – расстояние от центра пластин до экрана, d – расстояние между пластинами, U_{A2} – напряжение на втором аноде. Из этого выражения видно, что для увеличения чувствительности следует сближать отклоняющие пластины и увеличивать их длину. Чтобы при этом не уменьшался предельный угол отклонения, отклоняющие пластины делают с изогнутыми краями.

1) Входные цепи и усилители:

Реальная чувствительность трубки составляет величину порядка 1,5-2 мм/в. Исследуемые же сигналы могут иметь величину от милливольт до сотен вольт, поэтому для получения нормальной осциллограммы их, как правило, необходимо усиливать или ослаблять.

Чтобы усилитель вертикального отклонения как можно меньше шунтировал источник исследуемого сигнала, его входное сопротивление стремятся сделать как можно большим, а входную ёмкость – как можно меньшей. Для этого первый каскад усилителя собирается по схеме так называемого катодного повторителя, которая обеспечивает необходимые параметры. Горизонтальный усилитель принципиально не отличается от вертикального.

2) Блок развёртки:

Пилообразное напряжение, с помощью которого осуществляется равномерное во времени отклонение луча в горизонтальном направлении, вырабатывается генератором развёртки.

Он собран на трёхэлектродной газонаполненной лампе-тиратроне, которая имеет накаливаемый катод, управляющую сетку и анод. Пока напряжение на аноде не достигнет некоего порогового значения, носящего название напряжения зажигания U_z , тиратрон практически не пропускает ток. В это время конденсатор, включённый между анодом и катодом тиратрона, заряжается от источника с э.д.с. ϵ через сопротивления. Как только напряжение на конденсаторе (а, следовательно, и на аноде тиратрона) достигнет величины U_z , тиратрон зажигается, его сопротивление резко падает, и конденсатор быстро разряжается через тиратрон. Разряд длится до тех пор, пока напряжение на конденсаторе (и на аноде тиратрона) не упадёт до величины напряжения гашения U_g . Тиратрон при этом закрывается, его сопротивление резко возрастает, а конденсатор вновь начинает заряжаться от источника ϵ до величины U_z и т.д.

3) Синхронизация:

Остановимся теперь на условиях, при которых на экране осциллографа получается устойчивая картина исследуемого сигнала. Легко понять, что осциллограмма будет устойчивой, если период напряжения развёртки кратен периоду напряжения исследуемого сигнала, т.е. при условии

$$T_p = nT_c,$$

где n – целое число.

Вообще говоря, для получения неподвижной осциллограммы достаточно выполнения менее жёсткого условия

$$mT_p = nT_c,$$

где m и n – целые числа. Правда, при этом может получиться наложение друг на друга разных кусков осциллограммы.

Существенную роль играет и такой важный параметр, как время послесвечения трубки (обозначим его λ). Это время можно приближённо определить как время свечения экрана после прекращения возбуждения люминофора электронным лучом. Естественно, если $\lambda > T_p$, глаз не будет замечать движение луча, т.е. изображение на экране не будет мигать.

Ход работы:

1) Ознакомление со всеми ручками управления осциллографа.

- 2) Получение на экране изображения линии развёртки.
 3) Настройка яркости фокуса.
 4) Определение чувствительности:

$$ж = \frac{h}{\sqrt{2} \cdot U_{откл}}$$

Вертикальный канал				Горизонтальный канал			
H, мм	U _{изм} , В	æ, мм/В	æ _{ср} , мм/В	h, мм	U _{изм} , В	æ, мм/В	æ _{ср} , мм/В
80	0,034	1663,78	1681,49	70	1,5	32,41	31,60667
100	0,042	1683,59		58	1,3	31,55	
120	0,05	1697,1		48	1,1	30,86	

Расчет погрешности:

Вертикальный канал				Горизонтальный канал			
h _{ср}	100	ΔU, В	0,00125	h _{ср}	58,67	ΔU, В	0,00125
Δh, мм	1	δ æ	0,0398	Δh, мм	1	δ æ	0,018
δ h	0,01	Δ æ, мм/В	66,92	δ h	0,017	Δ æ, мм/В	0,57

$$\Delta U = \frac{A \cdot C}{100}, \text{ где } A \text{ - класс точности прибора, } C \text{ - максимальное значение напряжения.}$$

5) Изучение работы развёртки

- а) Получение Осциллограмм при $n f_p = m f_c$, при отношении $n/m = 1; 1/2; 2; 2/3; 3/4$.
 $n/m = 1$

Амп. синх.	v_{min} , кГц	v , кГц	v_{max} , кГц
2	1440	1560	1680
5	1400	1650	1900
8	1400	1750	2100

Где v_{min} (v_{max}) – это минимальная (максимальная) частота при которой срыв синхронизации еще не наступил, а v – начальная частота, при которой была засинхронизирована развертка.

$n/m = 1/2$

Амп. синх.	v_{min} , кГц	v , кГц	v_{max} , кГц
2	770	780	790
5	800	820	840
8	850	885	920

$n/m = 2$

Амп. синх.	v_{min} , кГц	v , кГц	v_{max} , кГц
2	2800	3025	3250
5	2750	3225	3700
8	3050	3725	4400

Зависимость влияния амплитуды синхронизации на величину допустимой расстройки была рассмотрена при отношениях $n/m = 1; 1/2; 2$, т. к. засинхронизировать изображение при соотношениях $n/m = 3/4; 2/3$ сложнее, чем в первых трех случаях. Которых в свою очередь хватает для получения общей зависимости.

- б) При $f_c > n f_p$ – изображение двигается влево, а при $f_c < n f_p$ – изображение двигается вправо

6) Оценка времени свечения трубки τ

$$\tau = L/V \quad V = S/t \Rightarrow \tau = Lt/S = l/v$$

ν – частота при которой изображение перестаёт мигать.

$\nu=33$ Гц

$\tau=1/33=3.03 \cdot 10^{-2}$ с

7) Получил устойчивое изображение, используя внешнюю синхронизацию от генератора.

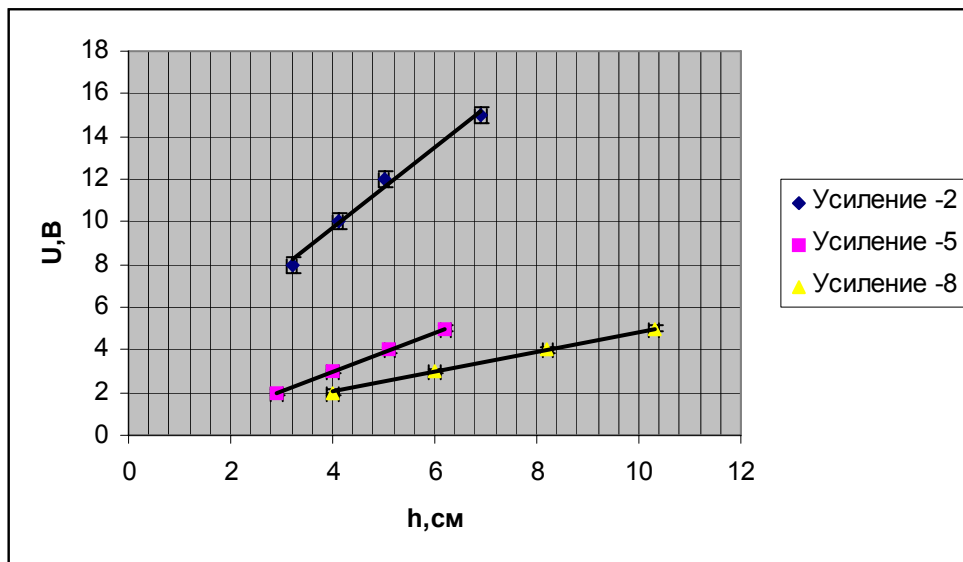
8) Оцениваю линейность вертикального усилителя при ослаблении 1:100.

Усиление -2				
h, см	6,9	5	4,1	3,2
U, В	15	12	10	8
Δh , см	1			
ΔU , В	0,375			

Усиление -5				
h, см	6,2	5,1	4	2,9
U, В	5	4	3	2
Δh , см	1			
ΔU , В	0,125			

Усиление -8				
h, см	10,3	8,2	6	4
U, В	5	4	3	2
Δh , см	1			
ΔU , В	0,125			

В первом случае $C=15В$, во втором и третьем $C=5В$. $A=2,5$ во всех случаях



9) Исследую частотные свойства вертикального усилителя, для чего снимаю зависимость отклонения луча от частоты входного сигнала на всем диапазоне частот генератора.

ν , Гц	65000	210000
h, см	4	2,4

Начиная с 210 кГц и больше полоса уменьшается.

10) Подав на вход Y осциллографа контрольный сигнал, а на вход X сигнал от генератора, получил на экране фигуры Лиссажу при $n=1,2,3,4$

