

Федеральное агентство связи

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики»

Кафедра ЛС и ИТС

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой ЛС и ИТС

_____ д.т.н., проф. Андреев В.А.

«_____» _____ 2010 г.

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5**

по учебной дисциплине: М,С и С

**Тема: «Осциллографические измерения основных
параметров сигнала в линейном режиме»**

Обсуждено на заседании кафедры

«___» _____ 2010 г.

протокол №

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение основных способов осциллографических измерений параметров сигнала в линейном режиме при калиброванной развертке. Отработка практических навыков работы с осциллографом.

2. ЛИТЕРАТУРА

2. 1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2001, с. 175-185, 194-197
2. 2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2005, с.- 287-307.
- 2.3. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учебное пособие для вузов/ БЛ.Хромой, А.В.Кандипов, А.Д.Сенявский и др.; Под ред.Б.П.Хромого-М:Радио и связь, 1986, с. 166-190,200-206
- 2.4. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов -Л. :Энергоатомиздат.1983, с. 120-153

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

- 3.1. Изучить обобщенную структурную схему осциллографа.
- 3.2. Изучить основные способы измерения параметров сигнала: амплитуды, длительности, частоты с помощью осциллографа.
- 3.3. Подготовить конспект с краткими ответами на контрольные вопросы.
- 3.4.Подготовить бланк отчета, содержащий таблицы и схемы измерений.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1.Каково назначение и основные характеристики электронных осциллографов?
- 4.2.Какие каналы управления электронным лучом содержит осциллограф?
- 4.3.Каковы назначение, устройство и режимы работы канала вертикального и горизонтального отклонения ?
- 4.4.Каковы назначение, устройство и режимы работы канала управления яркостью?
- 4.5.Каковы назначение, устройство и режим работы генератора развертки?
- 4.6.Каковы назначение, принцип действия и виды синхронизации линейной развертки?
- 4.7.Какие развертки используются в осциллографе?
- 4.8.Каковы назначение и устройство калибратора амплитуды и длительности?
- 4.9.Как производится измерение напряжения осциллографом?

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСЦИЛЛОГРАФА ПРИ АМПЛИТУДНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Первой характерной особенностью осциллографа в режиме амплитудных измерений является наличие большого значения $R_{вх}$, $R_{вх} \in (1 \div 10) \text{ МОм}$

В то время как обычные вольтметры имеют:

$$R_{вх} \in (1 \div 10) \text{ кОм}$$

Это дает осциллографу два существенных преимущества перед вольтметром:

1) При измерении напряжения режим его работы близок к режиму холостого хода. Погрешности измерений напряжений и ЭДС отсюда за счет шунтирования измеряемого сигнала сопротивлением $R_{вх}$ минимальны.

2) Требования к мощности измеряемого сигнала на много ниже, чем у обычных вольтметров. Действительно мощность передаваемого сигнала определяется сопротивлением нагрузки:

$$P_c = U^2 / R$$

По этому диапазон использования осциллографа на много шире чем у обычного вольтметра при измерении ЭДС и напряжений.

Второй характерной особенностью осциллографа в режиме амплитудных измерений является представление информации в виде временной зависимости и измерение напряжения, как амплитудного значения сигнала, привязанного к определенному моменту времени, то есть соответствуют значениям импульсного вольтметра.

4.10. Как производится измерения частоты осциллографом при различных видах развертки ?

4.11. Каковы основные особенности использования осциллографом в качестве импульсного вольтметра?

5. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

5.1. Измерение амплитудных и временных параметров синусоидального сигнала при линейной калиброванной развертке.

5.2. Измерение амплитудных и временных параметров несинусоидального сигнала при линейной калиброванной развертке.

5.3. Оценка погрешности проведенных измерений.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.

Отчет должен содержать:

6.1. Титульный лист с указанием кафедры, наименованием работы, Ф.И.О. студента, номер учебной группы;

6.2. Цель работы;

6.3. Схемы измерений и перечень приборов, используемых в работе;

6.4. Таблицы с результатами измерений и вычислений;

6.5. Расчет погрешностей;

6.6. Вывод;

6.7. Подпись и дату выполнения работы;

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.

7.1. Подготовка приборов к работе

7.1.1. Подготовить осциллограф к работе, для чего:

- Включить прибор в сеть и прогреть его согласно инструкции (10-15 мин.);

- Установить регулятор “ \updownarrow ” и “ \leftrightarrow ” в среднее положение. Режим синхронизации в положение “Внутр.”;

- Вращая ручки регулятор “УРОВЕНЬ” и “СТАБИЛЬНОСТЬ” получить изображение луча на экране осциллографа;

- Установить ручками потенциометра “ЯРКОСТЬ” и “ФОКУС” на экране ЭЛТ четкое, но как можно тоньше, изображение луча.

7.1.2. Подготовить к работе генератор, для чего:

- Включить прибор в сеть и прогреть его согласно инструкции (10-15 мин.);

- Установить по напряжению шкалу 10 В;

сигнала. Выходное двухфазное напряжение с усилителя поступает на пластины X.

Канал Z служит для управления яркостью луча ЭЛТ. Он содержит усилитель - ограничитель (УО), для формирования импульсов гашения яркости луча, а также устройства управления яркостью луча (УЛ.). Сигнал с его выхода поступает на модулятор ЭЛТ.

Калибратор амплитуды и длительности (К) включается в состав осциллографа как встроенная мера, формирующая образцовый сигнал, по которому настраиваются каналы У и X. Сигнал калибратора выводится на переднюю панель осциллографа и с помощью соединительного кабеля может быть подан на вход канала У.

Каналы осциллографа У, X и Z включаются в схему измерения, исходя из используемого способа измерения. В общем случае на вход канала У подается измеряемый сигнал. На входы каналов X и Z - вспомогательные сигналы. Сигнал, формируемый в канале X, определяет вид преобразования входного сигнала. В режиме линейной развертки в канале X формируется линейно изменяющийся пилообразный сигнал, и сигнал, подаваемый на вход У, отображается на экране осциллографа без изменения своей формы. Он представляет собой временную зависимость $U_y(t)$ в декартовой системе координат. В режиме усиления внутренний генератор развертки в канале X отключен. Канал X работает в режиме усиления входного сигнала. Сигнал, подаваемый на вход У, отображается на экране осциллографа преобразованным согласно зависимости $U_y(U_x)$. Это может быть параметрическая зависимость, эллипс или фигуры Лиссажу.

Сигнал формируемый в канале Z определяет яркостные градации отображаемого сигнала. Если на его вход "Вх.Z" не подается внешний сигнал, то яркость луча в процессе измерения остается постоянной. При подаче на внешний вход "Вх.z" периодического сигнала в канале Z формируется, согласно

частоте внешнего сигнала, световая шкала меток времени.

Основными характеристиками осциллографа являются:

- диапазон измеряемых напряжений;
- диапазон измеряемых интервалов времени;
- полоса пропускаемых частот канала У;
- диапазон значений коэффициента отклонений канала У (мВ/дел; В/дел); - диапазон значений коэффициента развертки (мкс/дел);
- входные сопротивления и емкости каналов У, X и Z;
- диапазон частот и амплитуд напряжения внешней синхронизации;
- диапазон частот и амплитуд напряжения в канале Z;
- параметры сигнала на выходе калибратора (амплитуда, частота, форма).

- Установить переключатель поддиапазона частот в положение "x10";
- 7.1.3. Подготовить к работе частотомер, для чего:
 - Включить прибор в сеть и прогреть его согласно инструкции (10-15мин.);
 - Установить режим измерения частоты, время измерения 10^{-2} сек
- 7.1.4. Подготовить к работе вольтметр, для чего:
 - Включить прибор в сеть и прогреть его согласно инструкции (10-15мин.);
 - Установить режим измерения "U";
 - Установить поддиапазон измерения 10В.
- 7.2. Измерение амплитудных и временных параметров синусоидального сигнала.
 - 7.2.1. Собрать схему установки (рис. 1).
 - 7.2.2. Установить на генераторе частоту и среднеквадратичное значение напряжения для выходного сигнала согласно табл. 1.

Таблица 1

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ риски на шкале частот	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напряж.. В	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5

При проведении измерений частоту и напряжение на генераторе сохранять неизменными.

7.2.3. Регулируя входной делитель переключателем "V/дел." на осциллографе, добиться размаха изображения сигнала по вертикали от 0,5 до 2/3 размера экрана.

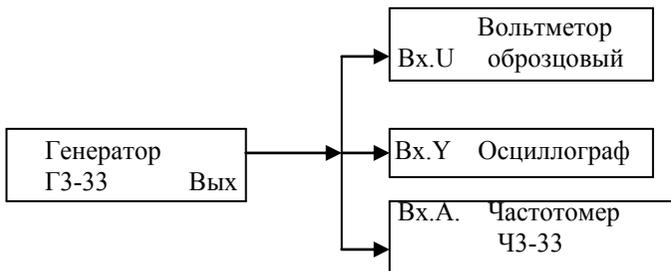


Рис.1.

7.2.4. Регулируя длительность развертки переключателем "Время\дел." на осциллографе 2-3 периодов синусоидального сигнала.

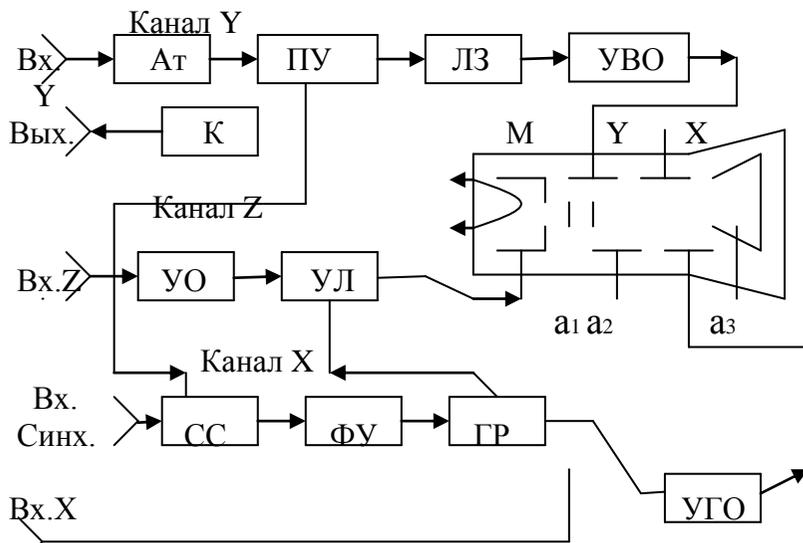


Рис.6

Как правило, в осциллографе используется три режима работы генератора развертки: автоколебательный, ждущий и режим одиночного запуска.

В автоколебательном режиме генератор работает непрерывно. Период его пилообразного напряжения синхронизируется периодом напряжения синхронизации. Режим синхронизации определяется пользователем.

В ждущем режиме генератор развертки находится в состоянии готовности к рабочему ходу. Запускается генератор развертки только при поступлении импульса синхронизации, формируемого из исследуемых импульсов в режиме внутренней или внешней синхронизации. Каждый рабочий ход развертки начинается с приходом синхронизирующего импульса.

В режиме одиночного запуска генератор развертки находится в состоянии готовности к рабочему ходу. Запускается генератор развертки одиночным импульсом при нажатии специальной кнопки, формируя одиночное пилообразное напряжение.

В канале X имеется также усилитель горизонтального отклонения (УГО), который может работать в двух режимах: режиме линейной развертки и в режиме усиления входного сигнала. Выбор режима работы усилителя определяется положением переключателя (П). С помощью переключателя (П) можно вход усилителя (УГО) присоединить к выходу генератора развертки, тогда усилитель работает в линейном режиме развертки, или к зажимам "вх.х", тогда усилитель работает в режиме усиления входного

7.2.5 Произвести измерения амплитуды синусоидального сигнала (рис.2) для этого сочетать с переключателем “V\дел” масштаб по оси У (m_y) и определить максимальный размах сигнала (H).

$$U = U_m \sqrt{2}$$

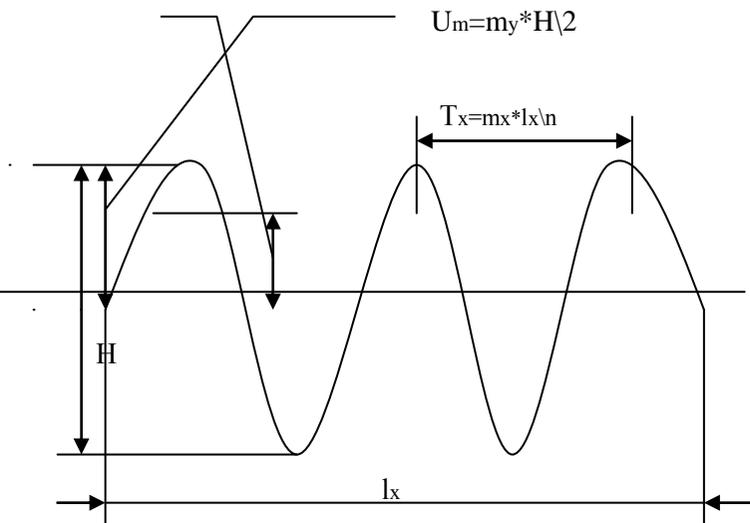


Рис.2

7.2.6 По измеренным данным п.7.2.5 для синусоидального сигнала рассчитать: - амплитудное значение $U_m = m_y * H / 2$
 - среднеквадратичное значение $U = (m_y * H) / \sqrt{2} = U_m \sqrt{2}$
 - средневывпрямленное значение

$$U_{с.в.} = (m_y * H) / \pi = (2 * U_m) / \pi = U / 1.11$$

Данные измерений и проведенные по ним расчеты занести в табл.2

Таблица 2

Экспериментальные данные		Расчетные данные		
m_v (В/дел)	H (дел)	U_m (В)	U(В)	U _{с.в.} (В)

7.2.7. Рассчитать погрешности выполненных измерений (табл.2). Примечание: За истинное значение сигнала принять показание вольтметра, дающего отсчет в среднеквадратических значениях.

Расчет погрешностей произвести по следующим формулам:

Таблица 11

Экспериментальные данные				Расчетные данные			
U	Uобр	Tx	T	ΔU	δu	ΔT	ΔT
(В)	(В)	(мс)	(мс)	(В)	(%)	(мс)	(%)

ПРИЛОЖЕНИЕ.

ОПИСАНИЕ ОБОБЩЕННОЙ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ОСЦИЛЛОГРАФА

Структурные схемы осциллографов различных типов могут в некоторых Деталях отличаться друг от друга, однако в основном они соответствуют обобщенной структурной схеме, изображенной на рис. 6.

Универсальный осциллограф состоит из электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), трех электрических каналов управления лучом: - канала вертикального отклонения (канала У), канала горизонтального отклонения (канала Х) и канала управления яркостью (канала Z), калибратора и блока питания (на схеме не показан).

Канал У управляет вертикальным отклонением луча, содержит аттенюатор (Ат) для ослабления больших сигналов, предварительный усилитель (ПУ) для усиления малых сигналов, линию задержки (ЛЗ) для небольшой временной задержки сигнала, оконечный усилитель (УВО - усилитель вертикального отклонения), на выходе которого вырабатывается симметричный противофазный сигнал, поступающий на две вертикально отклоняющие пластины У. Исследуемый сигнал подают на вход канала У.

Канал Х управляет горизонтальным отклонением луча. Одновременное воздействие двух напряжений "Ux" и "Uy" на электронный луч трубки и вызывает появление осциллограммы, отображающей зависимость $Uy = f(Ux)$. Напряжение Ux называют развертывающим, а канал Х - каналом развертки. Главным узлом канала Х является генератор развертки (ГР), вырабатывающий линейно изменяющее пилообразное напряжение, пропорциональное времени ($Ux = mt$); для управления частотой развертывающего напряжения используется напряжение синхронизации, поступающего через селектор синхронизации (СС) и формирующее устройство (ФУ). Это напряжение может формироваться из входного сигнала - режим внутренней синхронизации, из внешнего сигнала режим внешней синхронизации и из напряжения сети - режим синхронизации от сети.

- для среднеквадратического значения $\Delta = U - U_{\text{обр}}$;

- для амплитудного значения $\Delta_m = \Delta \sqrt{2}$;

- для средневывпрямленного значения

$$\Delta_{\text{с.в.}} = \Delta * (\pi \sqrt{2} / 2);$$

- для относительной погрешности измерений

$$\delta_{\text{и}} = (\Delta / U) * 100\% .$$

Зная погрешности, произвести запись результатов измерений.

Данные расчетов и измерений свести в табл.3

Таблица 3

Результаты измерений			Погрешность измерений
$u' = u \pm \Delta$	$U'_m = U_m \pm \Delta_m$	$U'_{\text{с.в.}} = U_{\text{с.в.}} \pm \Delta_{\text{с.в.}}$	$\delta_{\text{и}} = (\Delta / U_{\text{обр}}) * 100\%$

При значении относительной погрешности измерения больше 10% произвести настройку осциллографа и повторить измерение. Правильно проведенное измерение имеет относительную погрешность измерения, не превышающую 5-10%.

7.2.8. Произвести измерение временных характеристик синусоидального сигнала.

Для этого сосчитать с переключателя "Время/дел." масштаб (чувствительность) по оси X (m_x). И определить по осциллограмме размах по оси X (l_x) занимаемый целым числом периодов (n) синусоидального сигнала.

7.2.9. По измеренным данным П.7.2.8 для синусоидального сигнала рассчитать:

- длительность измеренного временного интервала $t_x = m_x \cdot l_x$; -

- длительность периода $T_x = t_x / n$;

- частоту $f_x = 1 / T_x$.

Данные измерений и проведенные по ним расчеты занести в табл.4.

7.2.10 Рассчитать погрешности выполненных измерений (табл.4).

Примечание: За истинное значение частоты принять показание частотомера (Т').

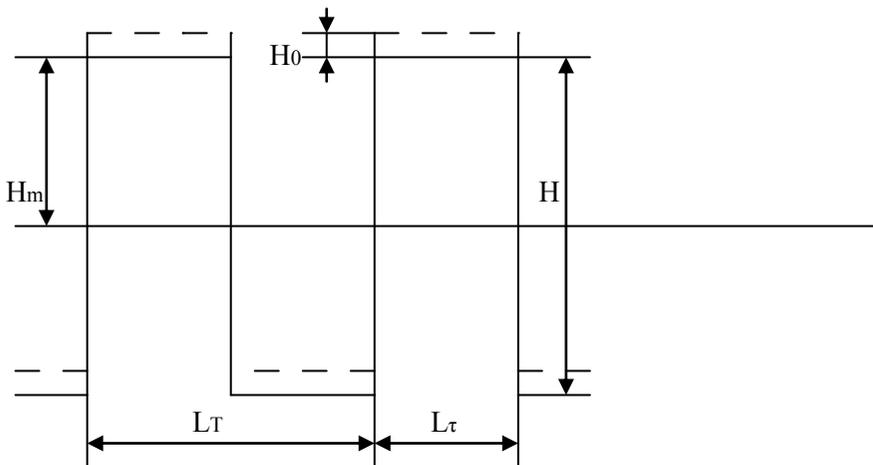


Рис.5.

Таблица 9

Экспериментальные данные			Расчетные данные	
m_y	$H_m = H \sqrt{2}$	H_0	U_0	U_m
(мс\дел)	(дел)	(дел)	(В)	(В)

Таблица 10

Экспериментальные данные			Расчетные данные		
m_x	L_τ	L_T	τ	T	$Q = T \sqrt{\tau}$
(мс\дел)	(дел)	(дел)	(мс)	(мс)	-

- Рассчитать погрешности выполненных измерений (аналогично п.7.3.2) Исходные данные И проведенные по ним расчеты внести в табл. 11. При значении относительной погрешности измерения больше 10 % повторить измерение.

Таблица 4

Экспериментальные данные				Расчетные данные		
f (Гц)	t_x (мс/дел)	L_x (цел)	n (число)	t_x (мс)	T_x (мс)	f_x (Гц)

Расчет погрешностей произвести по следующим формулам:

- для частоты синусоидального сигнала $\Delta f = f_x - f$

- для периода синусоидального сигнала $\Delta T = \Delta f \cdot f_x \cdot 1/f$

$$(\Delta T = T_x - T = (1/f_x) - (1/f) = (\Delta f/f_x) \cdot (1/f))$$

- для временного отрезка

$$\Delta t_x = n \cdot \Delta T$$

- для относительной погрешности измерения

$$\delta f = (\Delta f/f) \cdot 100\%$$

Зная погрешности, про извести запись результатов измерений.

Данные расчетов и измерений свести в табл.5.

Таблица 5

Результат измерений			Погрешность измерений
$t_x' = t_x \pm \Delta t_x$	$T_x' = T \pm \Delta T_x$	$f_x' = f_x \pm \Delta f$	$\delta f = (\Delta f/f) \cdot 100\%$

При значении относительной погрешности измерения больше 10% произвести настройку осциллографа и повторить измерение. Правильно проведенное измерение имеет относительную погрешность измерения, не превышающую 5-10%.

7.3. Измерение амплитудных и временных параметров несинусоидальных сигналов.

7.3.1. Собрать схему установки (рис. 3).

7.3.2. Измерение параметров выпрямленного синусоидального сигнала произвести согласно рис 4.:

- Используя галетный переключатель макета, открыть изображение выпрямленного сигнала (рис.4)

-для измеренного значения амплитуды (по среднеквадратическому значению) $\Delta U = U - U_{обр}$ $\delta u = \Delta U / U_{обр}$

- для измеренного значения периода: $\Delta T = T_x - T$; $\delta T = (\Delta T / T) * 100\%$

Исходные данные и проведенные по ним расчеты внести в табл.8

Экспериментальные данные				Расчетные данные			
	$U_{обр}$	T_x	T	ΔU	δu	ΔT	δT
(В)	(В)	(мс)	(мс)	(В)	(%)	(мс)	(%)

При значений относительной погрешности измерения больше 10% повторить измерение.

7.3.3. Измерений амплитудных и временных параметров прямоугольных импульсов .

-С помощью галетного переключателя макета отыскать изображение прямоугольного импульса (рис.5)

- Регулируя входной делитель переключателем "V/дел." на осциллографе, добиться размаха изображения сигнала по вертикали от 0,5 до 2(3 размера экрана. Зарисовать изображение сигнала.

- Произвести измерение амплитуды прямоугольного импульса (аналогично п.7.3.2. (рис.5))

- По полученным данным для выпрямленного синусоидального сигнала рассчитать:

- постоянную составляющую $U_0 = m_y * H_0$;

- амплитуду сигнала $U_m = m_y * H \sqrt{2} = m_y * H_m$;

- среднеквадратичное значение $U = U_m$ (для данного вида сигнала $Q=2$ и $U_0=0$)/

Данные измерений и проведенные по ним расчеты занести в табл.9.

- Провести измерение временных параметров прямоугольного импульса (аналогично п.7.3.2. (рис5.)).

- Провести расчет временных интервалов (аналогично п.7.3.2 (рис.5)). Данные измерений и проведенные по ним расчеты занести в табл. 10

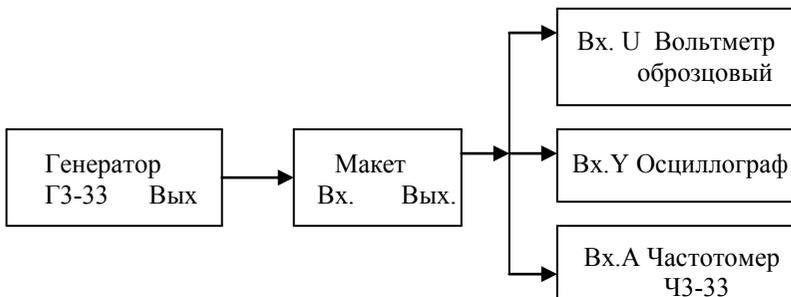


Рис.3.

- Регулируя входной делитель переключателем "V/дел." на осциллографе, добиться размаха изображения сигнала по вертикали от 0,5 до 2(3 размера экрана. Зарисовать изображение сигнала.

- Произвести измерение амплитуды выпрямленного сигнала. для этого сосчитать с переключателя "V/дел." масштаб (чувствительность) по оси Y (m_y), определить размах сигнала "H_m" и с помощью переключения типа входа найти размах смещения сигнала "H_o".

- По полученным данным для выпрямленного синусоидального сигнала рассчитать:

- постоянную составляющую $U_o = m_y * H_o$;

- амплитуду сигнала $U_m = m_y * H_m$;

- среднеквадратичное значение

$$U = U_m \sqrt{2}$$

Данные измерений и проведенные по ним расчеты занести в табл.6.

Таблица 6

Экспериментальные данные		Расчетные данные			
m_y	H_o	H_m	U_o	U_m	U
(В/дел)	(дел)	(дел)	(в)	(В)	(В)

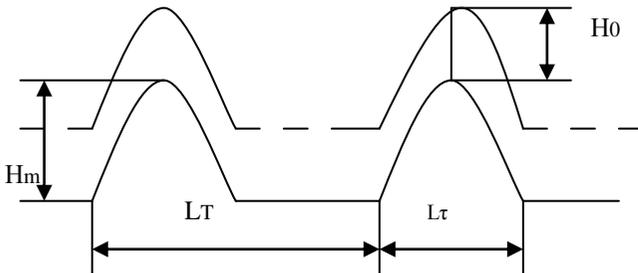


Рис.4.

- Произвести измерение временных характеристик выпрямленного сигнала. Для этого сосчитать с переключателя "Время/дел." масштаб (чувствительность) по оси X (m_x) и определить по осциллограмме размах " $L\tau$ " и " $L\tau$ " (рис.4).

- По полученным данным рассчитать:

- длительность импульса $\tau = m_x * L\tau$;

- период $T = m_x * L\tau$

- скважность $Q = T \setminus \tau$.

Данные измерений и проведенные по ним расчеты занести в табл.7.

- Рассчитать погрешности измерений. для этого вольтметром определить среднеквадратичное значение напряжения, а частотомером ЧЗ-33 (вход Б) значение периода T х. Эти данные принять за образцовые.

Таблица 7

Экспериментальные данные			Расчетные данные		
m_x (мс\дел)	$L\tau$ (дел)	$L\tau$ (дел)	τ (мс)	T (мс)	$Q = T \setminus \tau$

Расчеты выполнить по следующим формулам:

