

УДК 621.39

Составители: В.Г. Довбня, Д.С. Коптев

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заведующий кафедрой космического приборостроения и систем связи
В. Г. Андронов

Исследование параметров электрических сигналов с помощью электронного осциллографа: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.Г. Довбня, Д.С. Коптев. – Курск, 2023. – 18 с.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат все необходимые теоретические сведения для изучения устройства и принципа действия электронного осциллографа и овладение методикой измерений амплитуды, частоты и фазы синусоидальных сигналов, а также параметров несинусоидальных периодических сигналов с помощью электронного осциллографа, лабораторное задание и список контрольных вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Методические указания соответствуют учебному плану по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а также рабочей программе дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 08.08.2023. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 1,046. Уч.-изд. л. 0,947. Тираж 100 экз. Заказ 689. Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель работы

Изучение устройства и принципа действия электронного осциллографа и овладение методикой измерений амплитуды, частоты и фазы синусоидальных сигналов, а также параметров несинусоидальных периодических сигналов с помощью электронного осциллографа.

2 Описание лабораторных стендов

Описание лабораторных стендов приведено в методических указаниях по выполнению лабораторной работы № 1 «Изучение лабораторных стендов и вспомогательного оборудования для выполнения лабораторных работ» по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях».

3 Домашнее задание

3.1 Изучить по рекомендуемой литературе и лекционному материалу устройство, принцип действия и режимы работы электронного осциллографа, а также методы и методики осциллографических измерений параметров электрических сигналов:

- Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: [Текст]: учебное пособие. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 374 с. С. 162 -192.

4 Лабораторное задание

4.1 Исследовать параметры гармонического сигнала низкой частоты.

4.2 Исследовать параметры несинусоидальных периодических сигналов.

4.3 Зафиксировать осциллограммы исследуемых сигналов.

4.4 По приведенным осциллограммам рассчитать параметры исследуемых сигналов.

4.5 Используя регулировки частоты и выходного напряжения установить на выходе генераторов заданные преподавателем параметры сигналов.

4.6 Провести измерение параметров вновь установленных сигналов.

4.7 Сформируйте общую методику измерения амплитуды, частоты и фазы гармонических сигналов, а также амплитуды, длительности и периода следования импульсных периодических сигналов.

4.8 Обобщите полученные результаты, сформулируйте выводы.

4.9 Подготовьте отчет о выполнении лабораторной работы.

5 Основы теории

Проведение измерений амплитудных параметров при помощи осциллографа осуществляют после его калибровки.

Для проведения калибровки по амплитуде каждый осциллограф обычно снабжается встроенным калибратором амплитуды. Он представляет собой генератор прямоугольных импульсов калиброванной амплитуды. Для его включения переключатель режимов работы осциллографа необходимо переключить в положение «Калибровка», а вход осциллографа соединить с выходом калибратора амплитуды, выведенного на переднюю панель осциллографа. При этом на экране осциллографа должно возникнуть изображение прямоугольного напряжения (при отсутствии синхронизации будут видны просто две горизонтальных линии. Этого достаточно для калибровки по амплитуде. Поэтому добиваться синхронизации калибровочного сигнала не обязательно). Плавной регулировкой чувствительности осциллографа (она может осуществляться либо специальной ручкой «Чувствительность плавно», либо выведенной под шлиц регулировкой «Корректировка чувствительности» для осциллографов разных типов) необходимо добиться, чтобы изображение этого сигнала по вертикали составляло установленное в паспорте осциллографа значение (обычно 4 или 6 больших делений шкалы экрана осциллографа).

В двухлучевом осциллографе калибровка осуществляется отдельно по каждому каналу (сначала выход калибратора соединяют с гнездом «Вход 1» и осуществляют калибровку первого канала, а затем с гнездом «Вход 2» и аналогично калибруют второй канал).

Проверить правильность калибровки можно с помощью внешнего генератора и вольтметра. Может использоваться как генератор гармонических сигналов, так и импульсный генератор. Но в последнем случае обязательно использование импульсного вольтметра. В первом же случае может использоваться любой электронный вольтметр переменного сигнала.

Проверка производится следующим образом. Сигнал с внешнего генератора подаётся на вход «У» осциллографа и изображение регулируется таким образом, чтобы удобно было вести отсчёт со шкалы экрана осциллографа (рекомендуется устанавливать полный размах сигнала равным четырём большим делениям шкалы экрана осциллографа, как и при калибровке от встроенного калибратора). Одновременно тот же сигнал подаётся на вход электронного вольтметра и определяется его амплитуда. (Если используется генератор синусоидальных сигналов и вольтметр, проградуированный в эффективных значениях, то отсчёт вольтметра надо перевести из эффективных значений в амплитудные для чего его необходимо умножить на 1,41). Полученное значение амплитуды при правильной калибровке должно соответствовать установленному на осциллографе значению чувствительности умноженному на два (т.к. чувствительность задаётся в В/дел, а амплитуда сигнала устанавливается нами равной двум делениям).

Измерения амплитудных характеристик любого сигнала с помощью осциллографа осуществляются, как правило, методом непосредственного отсчёта по шкале осциллографа. Для этого измеряемый сигнал подаётся на вход «У» осциллографа и синхронизируется таким образом, чтобы получить устойчивое изображение. Дискретной регулировкой чувствительности добиваются такой величины изображения по вертикали, чтобы удобно было вести отсчёт по шкале экрана осциллографа. Значение отсчёта (в делениях шкалы) умножается на значение чувствительности, установленное переключателем чувствительности осциллографа, в результате чего получается измеряемое значение в вольтах (или милливольты).

Если осциллограф не имеет калибратора амплитуды (или он неисправен), то измерение амплитудных характеристик неизвестного сигнала любой формы можно произвести методом замещения с помощью внешнего генератора периодического сигнала и вольтметра. Для этого сначала на вход осциллографа подают исследуемый сигнал и добиваются устойчивого изображения с удобным для отсчёта размером по вертикали. После чего со шкалы осциллографа снимается отсчёт измеряемой амплитудной характеристики сигнала в делениях шкалы экрана осциллографа. Затем вместо измеряемого сигнала на тот же вход осциллографа подаётся сигнал с внешнего генератора и регулировкой амплитуды этого сигнала (регулировка чувствительности осциллографа должна оставаться в том же положении, что в предыдущем случае) добиваются, чтобы размах изображения соответствовал (в делениях) измеренному значению исследуемо-

го сигнала. После этого с помощью внешнего вольтметра измеряют амплитуду сигнала генератора и умножают полученное значение на два (т.к. размах синусоидального сигнала равен удвоенной амплитуде). Это и будет искомое значение измеряемой амплитудной характеристики исследуемого сигнала в вольтах.

Следует особое внимание обратить на преимущества осциллографических измерений амплитудных характеристик сигналов сложной формы по сравнению с прямыми измерениями с помощью вольтметров.

Измерения разности фаз двух синусоидальных напряжений одной и той же частоты можно производить методом непосредственного наблюдения с помощью двухлучевого осциллографа или методом эллипса с помощью однолучевого осциллографа.

В первом случае каждое из этих напряжений подаётся на один из входов «У» осциллографа. В итоге один луч рисует одну синусоиду, а второй – другую. Поскольку развёртка обоих изображений осуществляется одним и тем же напряжением, вырабатываемым генератором развёртки самого осциллографа (синхронизация его может осуществляться от любого из поданных на его входы сигналов), то изображения синусоид окажутся сдвинутыми по фазе точно в соответствии с фазовым сдвигом исследуемых сигналов. Для определения значения фазового сдвига в градусах необходимо по масштабной сетке осциллографа определить разность фаз (θ) и период (Т) сигнала (в делениях шкалы осциллографа) и подставить в выражение:

$$\varphi_{[град]} = \frac{\theta_{[дел]}}{T_{[дел]}} \cdot 360^\circ .$$

В этом случае разность фаз (θ) и период (Т) будут могут быть пересчитаны во время запаздывания фазы одного сигнала относительно другого.

Измерения частоты синусоидального сигнала с помощью осциллографа также можно производить несколькими методами.

Наиболее простым является метод непосредственного измерения периода с использованием калиброванной развёртки. Калибровка развёртки в осциллографах различных типов может выполняться по разному. В большинстве случаев для этого используется встроенный генератор стабильной частоты, который, как и калибратор амплитуды, имеет выходное гнездо, выведенное на переднюю панель (иногда один и тот же генератор является и калибратором амплитуды, и калибратором скорости развёртки). Точно зная период этого калибровочного сигнала легко опре-

делить фактическую скорость развёртки и, если она не совпадает со значением, установленным переключателями скорости развёртки, то ручкой «Скорость развёртки плавно» или выведенной под шлиц регулировкой «Коррекция скорости развёртки» (в зависимости от типа осциллографа) можно отрегулировать ее таким образом, чтобы фактическая скорость развёртки точно соответствовала значению, заданному переключателями.

После калибровки путём непосредственного считывания со шкалы экрана осциллографа можно измерять любые временные характеристики исследуемых сигналов, в том числе и период синусоидальных сигналов. А по периоду T легко вычислить и частоту F :

$$F=1/T$$

Для получения более точного отсчёта целесообразно установить такую скорость развёртки, чтобы изображение одного периода сигнала оказалось растянутым на всю рабочую часть экрана.

Временные параметры импульсных сигналов измеряются с использованием калиброванной развёртки, т.е. непосредственно по осциллограмме, также как и при измерении частоты (периода) синусоидальных сигналов. При этом, если измеряется импульсный сигнал со значительной скважностью ($T \gg \tau_u$), то для более точного измерения временных параметров самого импульса (τ_u , длительности фронтов и т.д.) целесообразно воспользоваться ждущей развёрткой, чтобы растянуть импульс на весь экран. При исследовании фронтов можно даже растянуть на весь экран только фронты (большинство осциллографов для обеспечения возможности исследования и переднего и заднего фронтов имеют переключатель полярности синхронизации, обеспечивающий синхронизацию развёртки либо от переднего, либо от заднего фронта исследуемого сигнала). Для детального исследования любой части сложного периодического сигнала некоторые осциллографы высокого класса имеют две независимых развёртки. Одна фиксирует весь импульсный процесс и синхронизируется как обычно входным сигналом, а вторая (ускоренная) имеет регулируемую задержку (т.е. её начало можно сдвинуть произвольно на любой участок импульсного сигнала, а синхронизация при этом обеспечивается жёсткая от первой развёртки) и на экран может выдаваться только тот участок исследуемого процесса, который перекрывается второй (ускоренной) развёрткой. При этом изображение этого участка будет растянутым на весь экран.

Если необходимо сопоставить два взаимно синхронизированных импульсных сигнала, то наиболее удобно это сделать с помощью двухлу-

ческого осциллографа, подав эти сигналы на разные его входы. Такой метод, в частности, используется для определения времени задержки импульсного сигнала относительно опорного.

6 Методические указания

6.1 Подготовить лабораторный стенд «Теория электрической связи» к работе.

6.2 Подключить осциллограф к генератору низкой частоты. При помощи переключателей диапазона (кнопки 1, 2, 3, 4) и регуляторов «Грубо» и «Точно» установить частоту, заданную преподавателем. Регулятор выходного напряжения установить в левое крайнее положение.

6.3 Включить осциллограф и произвести исследование параметров гармонического сигнала.

6.4 Зафиксировать осциллограмму исследуемого сигнала.

6.5 С помощью органов управления лабораторного стенда установить новые параметры выходного сигнала, используя при этом встроенный индикатор и осциллограф.

6.6 Зафиксировать осциллограмму исследуемого сигнала.

6.7 Оценить наличие расхождений в показаниях индикатора и измеренных с помощью осциллографа значениях параметров сигнала.

6.8 Подключить осциллограф к генератору высокой частоты, поочередно к гнездам С1 и С2.

6.9 Исследовать параметры импульсных сигналов и зафиксировать осциллограммы этих сигналов.

6.10 По полученным осциллограммам рассчитать количественные значения параметров.

6.11 Изложить общую методику исследования параметров сигналов с помощью осциллографа.

6.12 Проведите обобщение результатов исследования и сформируйте отчет о проведении лабораторной работы.

7 Контрольные вопросы

1. Объяснить устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки.

2. Каким образом регулируется начальное положение, яркость и фокусировка луча на экране осциллографа?

3. За счёт чего осуществляется динамическое отклонение луча по горизонтали и вертикали?

4. Что необходимо осуществить для одноразовой регистрации на экране осциллографа любого временного процесса?

5. Нарисовать упрощённую общую структурную схему электронного осциллографа.

6. Каким образом осуществляется калибровка канала "У" осциллографа по амплитуде?

7. Как измерить амплитудные характеристики произвольного периодического сигнала с помощью осциллографа?

8. Как с помощью осциллографа измерить частоту периодического сигнала?