

Обучающий модуль «Измерительные сигналы»

- Цели и задачи. Планируемый результат;
- Основное содержание:
 1. Теоретическая часть;
 2. Лабораторная работа;
 3. Тестовое задание;
- Рекомендуемый список литературы.

Цели и задачи модуля. Планируемый результат

Цель разработки модуля – расчленение содержания темы «Измерительные сигналы» дисциплины «Технические измерения» на компоненты в соответствии с профессиональными, педагогическими и дидактическими задачами, определение для всех компонентов целесообразных видов и форм обучения, согласование их во времени и интеграция в едином комплексе. С этой точки зрения обучающий модуль представляет собой интеграцию различных видов и форм обучения, подчиненных общей теме «Измерительные сигналы» учебной дисциплины «Технические измерения».

Модуль содержит познавательную (информационную) и учебно-профессиональную (деятельностную) части. Познавательная часть модуля состоит из электронной лекции. Учебно-профессиональная (деятельностная) часть модуля «Измерительные сигналы» состоит из лабораторной работы и контрольно-измерительных материалов в форме тестов. *Задача первой* – формирование теоретических знаний, *задача второй* – формирование профессиональных умений и навыков на основе приобретенных знаний.

Цель обучения:

Образовательная

- изучить измерительные сигналы, их виды и параметры;
- овладеть осциллографическим методом измерения параметров электрических сигналов;
- выявить уровень усвоения обучающимися материала по теме «Измерительные сигналы».

Развивающая

- формирование умений применять полученные знания при выполнении лабораторной работы и теста;
- организация активной мыслительной деятельности обучающихся.

Воспитательная

- формировать навыки самоконтроля и самооценки;
- формировать познавательный интерес к изучаемому предмету.

Планируемый результат: В рамках изучения данной темы студенты должны получить представления о видах измерительных сигналов и их информационных параметрах, научиться экспериментально определять основные параметры электрических сигналов. Полученные знания закрепляют и проверяют решением тестового задания по электрическим сигналам и их параметрам.

Лекция «Измерительные сигналы»

1. Измерительные сигналы и их классификация;
2. Виды электрических сигналов и их параметры.

Измерительные сигналы и их классификация

Сигналом называется материальный носитель информации, представляющий собой некоторый физический процесс, один из параметров которого функционально связан с измеряемой физической величиной. Такой параметр называют информативным.

Измерительный сигнал – это сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине. Основные понятия, термины и определения в области измерительных сигналов устанавливает ГОСТ 16465-70 «Сигналы радиотехнические. Термины и определения». Измерительные сигналы чрезвычайно разнообразны. Их классификация по различным признакам приведена на рисунке 1.

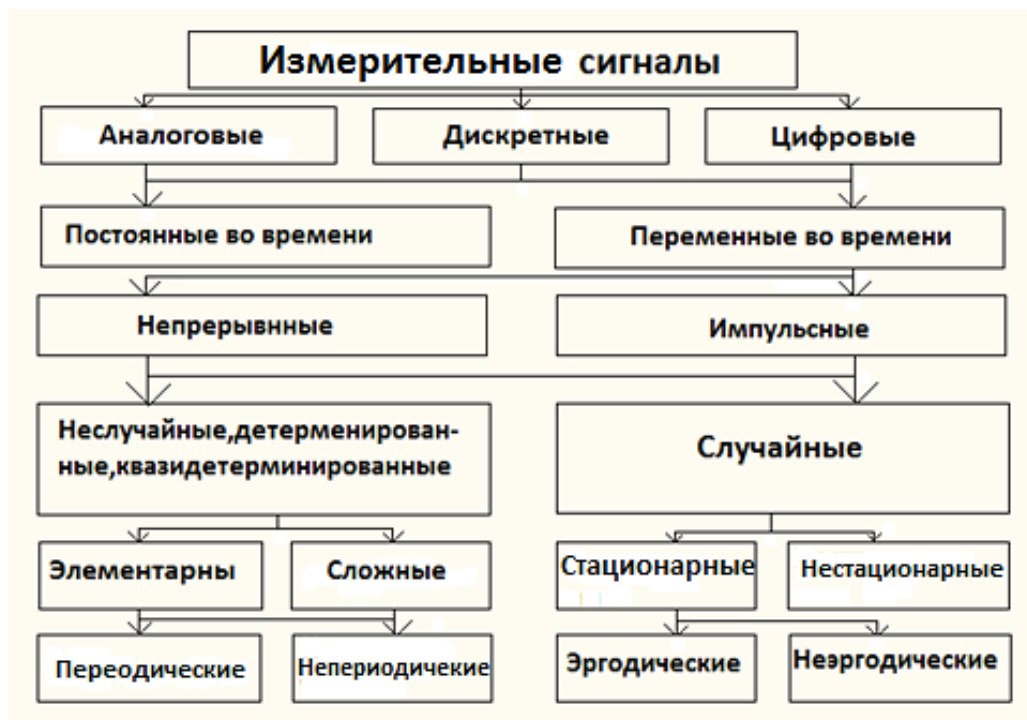


Рисунок 1 – Классификация измерительных сигналов

По характеру измерения информативного и временного параметров измерительные сигналы делятся на аналоговые, дискретные и цифровые.

Аналоговый сигнал – это сигнал, описываемый непрерывной или кусочно-непрерывной функцией $Y_d(t)$, причем как сама эта функция, так и ее аргумент t могут принимать любые значения на заданных интервалах $Y \in (Y_{\min}; y_{\max})$ и $t \in (t_{\min}; t_{\max})$, вид сигнала представлен на рисунке 2.

Пример АС – гармонический сигнал – $s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Аналоговые сигналы используются в телефонии, радиовещании, телевидении. Ввести такой сигнал в компьютер и обработать его невозможно, так как на любом интервале времени он имеет бесконечное множество значений, а для точного (без погрешности) представления его значения требуются числа бесконечной разрядности. Поэтому необходимо преобразовать аналоговый сигнал так, чтобы можно было представить его последовательностью чисел заданной разрядности.

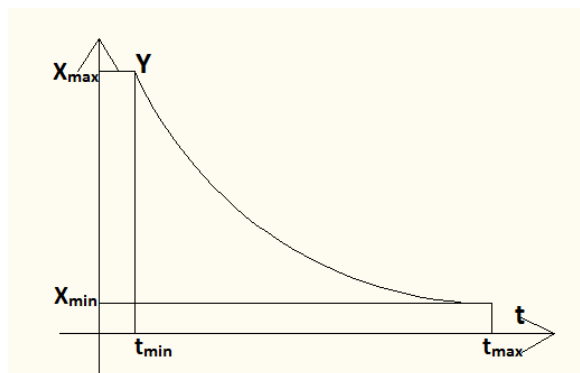


Рисунок 2 – Аналоговый сигнал

Дискретный сигнал – это сигнал, изменяющийся дискретно во времени или по уровню. В первом случае он может принимать в дискретные моменты времени nT , где $T = \text{const}$ – интервал (период) дискретизации, $n = 0; 1; 2; \dots$ – целое, любые значения $Y_d(nT) \in (Y_{\min}; Y_{\max})$, называемые выборками, или отсчетами. Такие сигналы описываются решетчатыми функциями. Во втором случае значения сигнала $Y_d(t)$ существуют в любой момент времени $t \in (t_{\min}; t_{\max})$, однако они могут принимать ограниченный ряд значений $h_1 = nq$, кратных кванту q , вид сигнала представлен на рисунке 3.

Дискретизация аналогового сигнала состоит в том, что сигнал представляется в виде последовательности значений, взятых в дискретные моменты времени. Эти значения называются отсчётами. Δt называется интервалом дискретизации.

Шаг дискретизации – это промежуток времени между двумя ближайшими моментами дискретизации. Шаг дискретизации может быть постоянным или переменным.

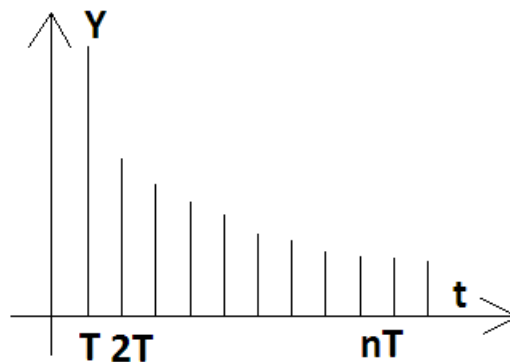


Рисунок 3 – Дискретный сигнал

Цифровые сигналы – квантованные по уровню и дискретные по времени сигналы $Y_c(nT)$, которые описываются квантованными решетчатыми функциями (квантованными последовательностями), принимающими в дискретные моменты времени nT лишь конечный ряд дискретных значений – уровней квантования h_1, h_2, \dots, h_n , вид сигнала представлен на рисунке 4.

Для того чтобы представить аналоговый сигнал последовательностью чисел конечной разрядности, его следует сначала превратить в дискретный сигнал, а затем подвергнуть квантованию. В результате сигнал будет представлен таким образом, что на каждом заданном промежутке времени известно приближённое (квантованное) значение сигнала, которое можно записать целым числом. Если записать эти целые числа в двоичной системе, получится последовательность нулей и единиц, которая и будет являться цифровым сигналом.

Цифровое кодирование – это операция условного представления числового значения величины цифровым кодом, т.е. последовательностью цифр, подчиняющихся определенному закону.

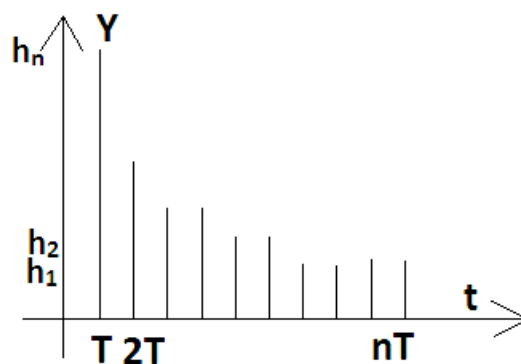


Рисунок 4 – Цифровой сигнал

По характеру изменения во времени сигналы делятся на постоянные, значения которых с течением времени не изменяются, и переменные, значения которых меняются во времени. Постоянные сигналы являются наиболее простым видом измерительных сигналов.

Переменные сигналы могут быть непрерывными во времени и импульсными.

Непрерывным называется сигнал, параметры которого изменяются непрерывно.

Импульсный сигнал – это сигнал конечной энергии, существенно отличный от нуля в течение ограниченного интервала времени, соизмеримого с временем завершения переходного процесса в системе, для воздействия на которую этот сигнал предназначен.

По степени наличия априорной информации переменные измерительные сигналы делятся на детерминированные, квазидетерминированные и случайные.

Детерминированный сигнал – это сигнал, закон изменения которого известен, а модель не содержит неизвестных параметров. Мгновенные значения детерминированного сигнала известны в любой момент времени. Детерминированными (с известной степенью точности) являются сигналы на выходе мер. Например, выходной сигнал генератора низкочастотного синусоидального сигнала характеризуется значениями амплитуды и частоты, которые установлены на его органах управления. Погрешности установки этих параметров определяются метрологическими характеристиками генератора.

Квазидетерминированные сигналы – это сигналы с частично известным характером изменения во времени, т.е. с одним или несколькими неизвестными параметрами. Они наиболее интересны с точки зрения метрологии. Подавляющее большинство измерительных сигналов являются квазидетерминированными.

Детерминированные и квазидетерминированные сигналы делятся на элементарные, описываемые простейшими математическими формулами, и

сложные. К элементарным относятся *постоянный и гармонический сигналы*, а также сигналы, описываемые единичной и дельта-функцией. К сложным сигналам относятся *импульсные и модулированные сигналы*.

Сигналы могут быть *периодическими и непериодическими*. Непериодические сигналы делятся на почти периодические и переходные.

Почти периодическим называется сигнал, значения которого приближенно повторяются при добавлении к временному аргументу надлежащим образом выбранного числа – почти периода. *Периодический сигнал* является частным случаем таких сигналов. Почти периодические функции получаются в результате сложения периодических функций с несоизмеримыми периодами. Переходные сигналы описывают переходные процессы в физических системах.

Периодическим называется сигнал, мгновенные значения которого повторяются через постоянный интервал времени. Период T сигнала – параметр, равный наименьшему такому интервалу времени. Частота f периодического сигнала – величина, обратная периоду. Периодический сигнал характеризуется спектром. *Спектр* – распределение значений физической величины (обычно энергии, частоты или массы).

Периодические сигналы бывают гармоническими, т. е. содержащими только одну гармонику, и полигармоническими, спектр которых состоит из множества гармонических составляющих. К гармоническим сигналам относятся сигналы, описываемые функцией синуса или косинуса. Все остальные сигналы являются *полигармоническими*.

Случайный сигнал – это изменяющаяся во времени физическая величина, мгновенное значение которой является случайной величиной.

Виды электрических сигналов и их параметры

Сигналы могут быть различной природы: электрические, электромагнитные, звуковые, световые, тепловые, двигательные и т.д. В технических системах сигналы любой природы чаще всего преобразуют в электрические или электромагнитные сигналы, с которыми в дальнейшем осуществляются все операции по их передаче, переработке, хранению и т.д.

Электрический сигнал – это измерительный сигнал, информационным параметром которого является электрическая величина (например, напряжение, ток, мощность).

Виды электрических сигналов:

- постоянный сигнал;
- переменный гармонический сигнал;
- импульс;
- прямоугольные импульсы;

- пилообразные импульсы;
- треугольные импульсы;
- трапецеидальные импульсы.

Токи и напряжения являются наиболее распространенными электрическими величинами, которые приходится измерять. Так как напряжение и сила тока связаны, согласно закону Ома, линейной зависимостью, чаще проводят измерение напряжения и по его значению аналитически вычисляют силу тока.

Постоянный сигнал

Постоянное напряжение – не изменяющийся по амплитуде и по знаку в течение продолжительного времени электрический сигнал, вид сигнала представлен на рисунке 5. Источниками постоянного тока служат обычные гальванические элементы - батарейки, аккумуляторы, вторичные источники питания – адаптеры различных бытовых приборов, блоки питания, вмонтированные в различную аппаратуру.

Для измерения постоянных напряжений в цепях радиоэлектронных устройств применяются вольтметры постоянного тока. При измерении напряжения вольтметр включают параллельно исследуемому участку электрической цепи.

Осциллограф позволяет визуально наблюдать форму электрического сигнала, измерить все параметры, выделить постоянную составляющую сигнала.

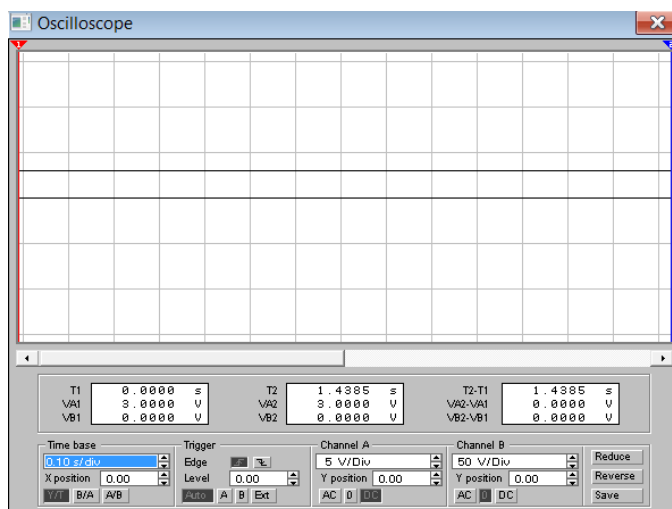


Рисунок 5 – Простейшая график постоянного напряжения в среде Electronics Workbench

Параметры постоянного напряжения:

Измерение постоянного напряжения заключается в нахождении его значения и полярности.

Переменный гармонический сигнал

Переменное напряжение – представляется собой электрическое напряжение, изменяющуюся по амплитуде и по знаку с определённым периодом T (частота f), вид сигнала представлен на рисунке 6. Значение переменного напряжения периодически повторяется, поскольку, как правило, изменяется по синусоиде. Полярность переменного напряжения периодически меняется.

Рабочими средствами измерений переменных напряжений являются вольтметры (микро-, милли-, киловольтметры), универсальные и комбинированные приборы, электронные осциллографы. В практике радиотехнических измерений применяется большое количество различных приборов (вольтметров), отличающихся диапазонами частот, пределами измеряемых величин и значениями измеряемого напряжения.

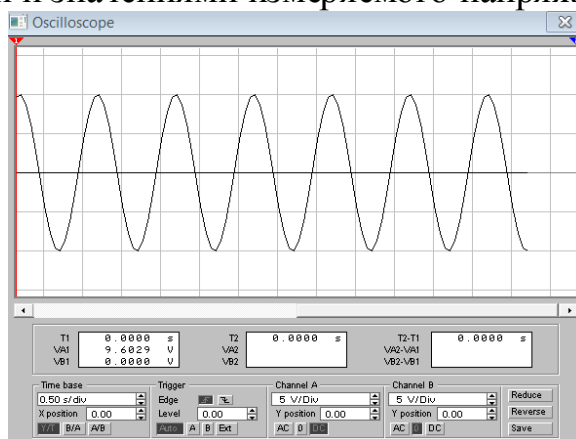


Рисунок 6 – Простейший график переменного напряжения в среде Electronics Workbench

Параметры переменных сигналов:

Мгновенное значение – значение сигнала в определённый момент времени, функцией которого является $(u(t), i(t))$.

Мгновенные значения медленно изменяющегося сигнала можно определить с помощью малоинерционного вольтметра постоянного тока или шлейфового осциллографа, для периодических быстропротекающих процессов используется электронно-лучевой осциллограф.

Пиковое (амплитудное) значение – наибольшее мгновенное значение напряжения за период и рассчитывается по формуле (1):

$$U_M = \max(u(t)), \quad (1)$$

Пиковое значение напряжения измеряется с помощью импульсного вольтметра или осциллографа.

Среднеквадратичное значение (устар. действующее, эффективное) – корень квадратный из среднего значения квадрата сигнала рассчитывается по формуле (2):

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}, \quad (2)$$

Среднеквадратичные значения являются самыми распространёнными, т. к. они наиболее удобны для практических расчётов, когда говорят просто о напряжении или силе тока, то по умолчанию имеются в виду именно их среднеквадратичные значения.

Квадрат среднеквадратичного значения напряжения численно равен средней мощности, рассеиваемой на сопротивлении 1 Ом.

Среднее значение – постоянная составляющая напряжения рассчитывается по формуле (3):

$$U = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt, \quad (3)$$

На практике используется редко. Геометрически это разность площадей под и над осью времени.

Средневыпрямленное значение – среднее значение модуля сигнала рассчитывается по формуле (4):

$$U = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt, \quad (4)$$

Коэффициент формы кривой переменного напряжения – величина, равная отношению действующего значения периодического напряжения к его средневыпрямленному значению

Коэффициент амплитуды кривой переменного напряжения – величина, равная отношению максимального по модулю за период значения напряжения к действующему значению периодического напряжения.

Импульсные сигналы

Импульсный сигнал – это сигнал конечной энергии, существенно отличный от нуля в течение ограниченного интервала времени, соизмеримого с временем завершения переходного процесса в системе, для воздействия на которую этот сигнал предназначен, вид сигнала представлен на рисунке 7. Импульс может иметь различную амплитуду $I(U)$, длительность (τ) и форму, вплоть до хаотичной. Все эти параметры определяются источником этого импульса и элементами электрической цепи, через которую он проходит, изменяясь при этом.

Осциллограф позволяет визуально наблюдать форму электрического сигнала, измерить все параметры, выделить постоянную составляющую сигнала, и в случае дулучевого осциллографа измерить фазовый сдвиг одного сигнала относительно другого.

На рисунке 7 изображен вид простейшего прямоугольного импульса.

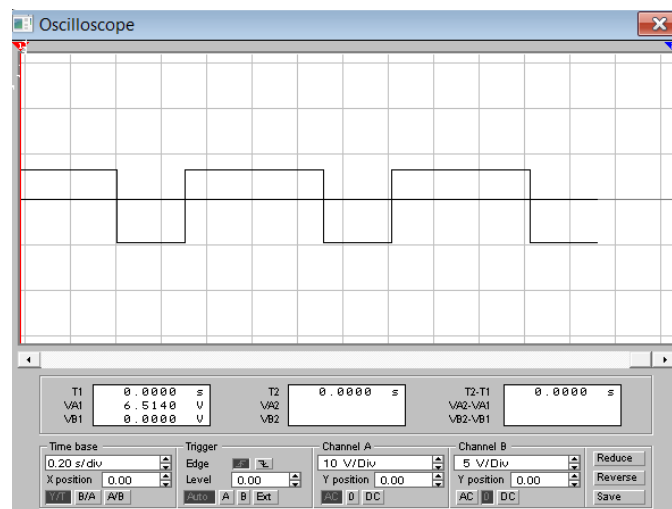


Рисунок 7 – график прямоугольного импульса в среде Electronics Workbench

Импульс, у которого длительность стремится к нулю, называется гамма-импульсом. Выглядит гамма-импульс следующим образом, вид сигнала представлен на рисунке 8.

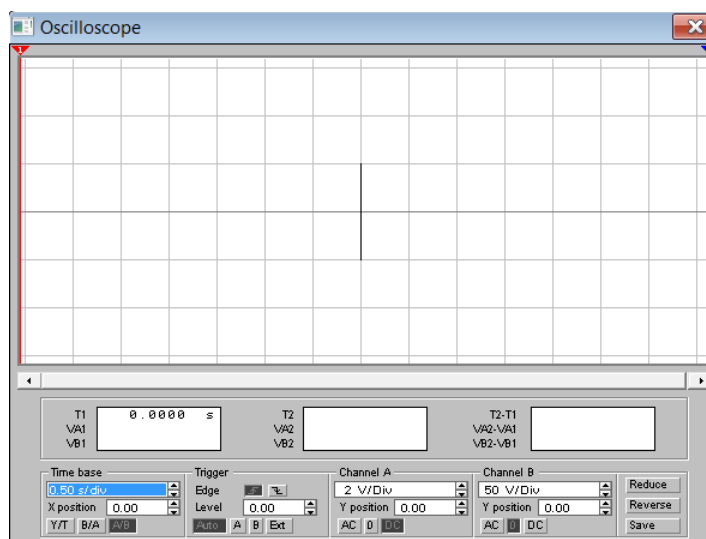


Рисунок 8 – Гамма-импульс

Источником гамма – импульса может быть любое замыкание электрической цепи, в результате которого происходит искровой разряд. Это может быть: природная молния, искра, возникающая при включении и выключении электроприборов, искра от коллектора работающего щёточного двигателя, или замыкающихся (размыкающихся) контактов реле.

Важной характеристикой импульсов является их форма, визуально наблюдать которую, можно, например, на экране осциллографа. В общем случае форма импульсов имеет следующие составляющие: *фронт* – начальный подъём, относительно плоская вершина (не для всех форм) и *срез (спад)* – конечный спад напряжения.

Существует несколько типов импульсов стандартных форм, имеющих относительно простое математическое описание, такие импульсы широко применяются в технике:

- Прямоугольные импульсы – наиболее распространённый тип;
- Пилообразные импульсы;
- Треугольные импульсы;
- Трапецеидальные импульсы.

Рассмотрим простые периодические импульсные сигналы. Источниками этих видов сигналов могут быть специальные генераторы или преобразователи.

Периодический прямоугольный сигнал – это сигнал, имеющий прямоугольную форму составляющих его импульсов, амплитуда которых постоянна (одинакова), вид сигнала представлен на рисунке 3.9. Частота повторения импульсов f периодического прямоугольного сигнала так же постоянна.

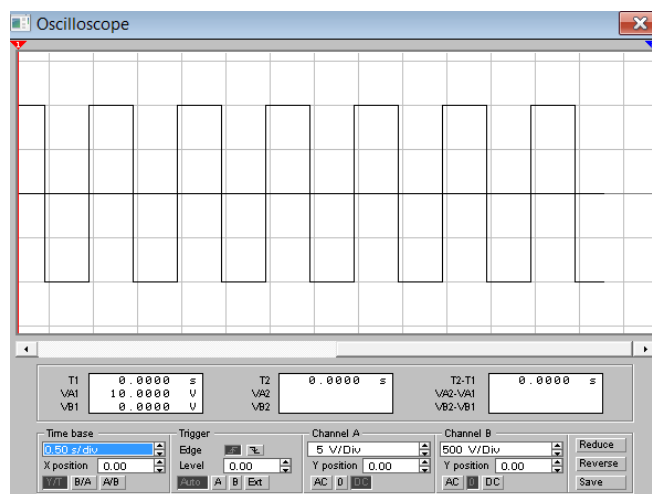


Рисунок 9 – Прямоугольный периодический сигнал

Меандр – периодический сигнал прямоугольной формы, длительность импульса и длительность паузы которого в периоде равны, вид сигнала представлен на рисунке 10. Другими словами, меандр – периодический прямоугольный сигнал со скважностью, равной 2. Все параметры, характеризующие прямоугольный сигнал, подходят и к меандру.

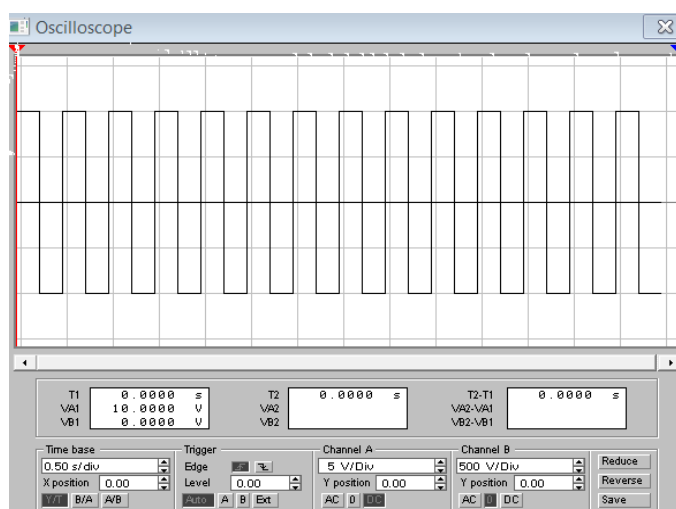


Рисунок 10 – Меандр

Пилообразный сигнал – это сигнал, имеющий пилообразную форму составляющих его импульсов, амплитуда и частота следования импульсов, которого постоянна, вид сигнала представлен на рисунке 11.

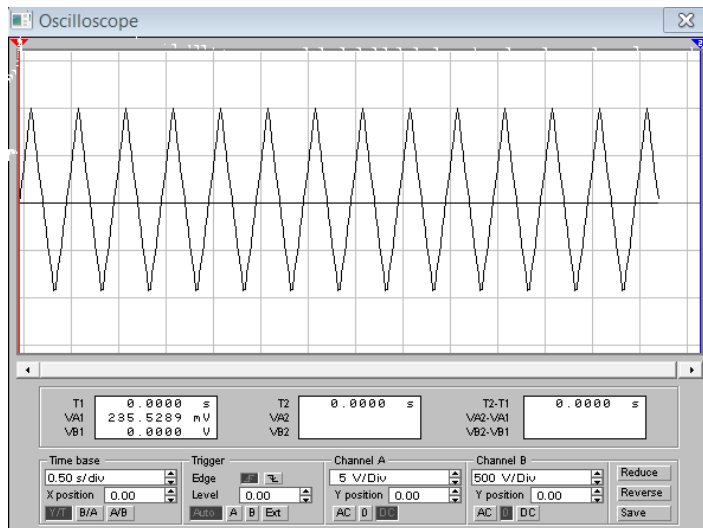


Рисунок 11 – Пилообразный сигнал

Самое известное распространение пилообразного сигнала это – генераторы развёрток телевизоров и осциллографов с применением кинескопа (электровакуумной трубки).

Трапециевидный сигнал – это сигнал, импульсы которого имеют форму трапеции, амплитуда и частота следования импульсов, которого постоянна, вид сигнала представлен на рисунке 12.

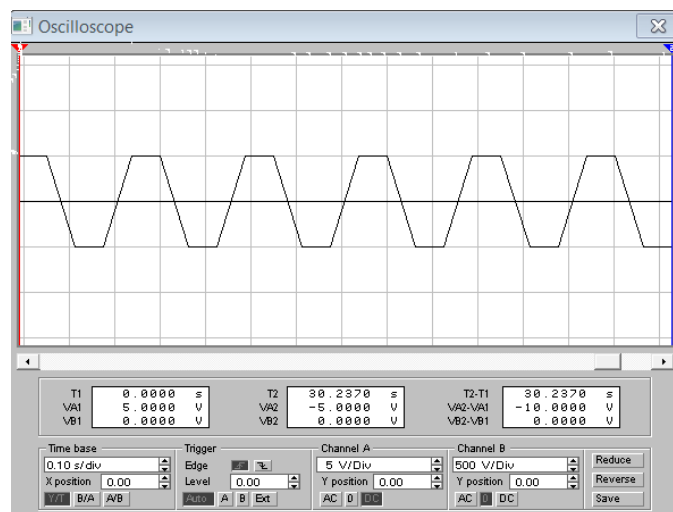


Рисунок 12 – Трапециевидный сигнал

Это самый редкий из периодических сигналов.

Были перечислены самые важные виды электрических сигналов, все остальные виды – это их модификации (комбинированные сигналы). Со всеми вышеперечисленными сигналами Вы будете периодически сталкиваться в радиолюбительской практике.

Параметры переменных импульсных сигналов.

Для описания периодических импульсных сигналов применяются следующие параметры: мгновенное значение, пиковое (амплитудное)

значение, среднеквадратичное значение, среднее значение, средневывпрямленное значение, а так же:

Частота – физическая величина, характеристика периодического процесса, равная числу полных циклов процесса, совершённых за единицу времени.

Период – время между двумя последовательными прохождениями тела через одно и то же положение в одном и том же направлении, величина, обратная частоте.

Фаза колебаний – физическая величина, при заданной амплитуде и коэффициенте затухания, определяющая состояние колебательной системы в любой момент времени.

Сдвиг фаз – разность между начальными фазами двух переменных величин, изменяющихся во времени периодически с одинаковой частотой.

Промежуток времени, за который уровень импульса изменяется от низкого опорного значения (обычно 10%) до высокого опорного значения (обычно 90%) характеризует *время нарастания сигнала*.

Длительность импульса t_u – промежуток времени между возникновением и исчезновением импульса, измеряемый либо по длительности основания, либо на уровне $0.1U_m$ либо на уровне $0.5U_m$ (активная длительность).

Скважность импульса Q – отношение периода T к длительности t_u – величина безразмерная и всегда больше 1 и рассчитывается по формуле (5):

$$Q = \frac{T}{t_u} = \frac{1}{f \cdot t_u}, \quad (5)$$

Величина, обратная скважности, называется *коэффициентом заполнения импульсов* и рассчитывается по формуле (6):

$$\gamma = \frac{1}{Q} = \frac{t_u}{T} = f \cdot t_u \quad (6)$$

Лабораторная работа «Определение параметров электрических сигналов»

Цель работы: овладение осциллографическим методом измерения параметров электрических переменных и импульсных сигналов

Приборы и принадлежности: осциллограф С1-83, генератор сигналов ГЗ-118, генератор импульсов Г5-63, вольтметр

Теоретические сведения

1. Параметры сигналов

Параметры электрического сигнала, поданного на вход осциллографа, определяются по его осциллограмме путем измерения ее геометрических размеров и сопоставления их с коэффициентом отклонения и коэффициентом развертки данного осциллографа. Следовательно, достоверность результатов измерения зависит от точности воспроизведения осциллограммы и погрешности измерения ее геометрических размеров. Точность воспроизведения определяется в основном используемой площадью экрана электронно-лучевой трубки и линейными искажениями сигнала в тракте осциллографа.

Сигнал – материальный носитель информации, используемый для передачи сообщений в системе связи. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен, в отличие от сообщения, которое должно быть принято принимающей стороной, иначе оно не является сообщением. Сигналом может быть любой физический процесс, параметры которого изменяются в соответствии с передаваемым сообщением.

Сигналы могут быть различной природы: электрические, электромагнитные, звуковые, световые, тепловые, двигательные и т.д.

В технических системах сигналы любой природы чаще всего преобразуют в электрические или электромагнитные сигналы, с которыми в дальнейшем осуществляются все операции по их передаче, переработке, хранении и т.д.

Электрический сигнал – это измерительный сигнал, информационным параметром которого является электрическая величина (например, напряжение, ток, мощность). Вся электроника в основном работает с электрическими сигналами, хотя сейчас все больше используются оптические сигналы.

Информационный параметр – параметр сигнала измерительной информации, функционально связанный с измеряемой физической величиной. Информационными параметрами электрических сигналов могут быть: сила тока, напряжение, частота, фаза.

Классификация сигналов осуществляется на основании существенных признаков соответствующих математических моделей сигналов. Все сигналы разделяют на две крупных группы: детерминированные и случайные. Сигналы, мгновенные значения которых можно точно предсказать в любой момент времени, называют *детерминированными*. Если мгновенные значения сигналов заранее неизвестны и могут быть предсказаны лишь с

некоторой вероятностью, меньшей единицы, то такие сигналы называют *случайными*. Строго говоря, детерминированные сигналы сигналами не являются, поскольку не несут в себе никакой информации. Для таких сигналов лучше использовать термин «колебание». Детерминированные сигналы используют при испытаниях различных устройств.

По характеру измерения информативного и временного параметров измерительные сигналы делятся на аналоговые, дискретные, квантованные и цифровые:

1) аналоговые (непрерывные, континуальные) сигналы, являющиеся непрерывной функцией времени, повторяющей закон изменения соответствующей физической величины;

2) дискретные сигналы – сигналы непрерывные по уровню и дискретные по времени. Совокупность моментов времени t_1, t_2, t_3, \dots образует дискретное время. Интервал времени Δt между соседними моментами отсчета времени называют шагом дискретизации. Обычно $\Delta t = \text{const}$.

3) квантованные сигналы – сигналы дискретные по уровню и непрерывные по времени. Уровни s_1, s_2, \dots – уровни квантования. Поскольку число состояний в этом случае счётное, то их можно пронумеровать и представить в виде чисел. Разность соседних уровней квантования Δs называют шагом квантования. Изменение уровня сигнала возможно в произвольный момент времени;

4) цифровые сигналы – сигналы дискретные по времени и квантованные по уровню. Такие сигналы полностью описываются последовательностью чисел.

Параметры постоянного напряжения:

Измерение постоянного напряжения заключается в нахождении его значения и полярности.

Параметры переменных импульсных и гармонических сигналов:

Пиковое (амплитудное) значение – наибольшее мгновенное значение напряжения или силы тока за период и рассчитывается по формуле (7):

$$U_M = \max_{t} (u(t)), \quad (7)$$

Пиковое значение напряжения измеряется с помощью импульсного вольтметра или осциллографа.

Частота – физическая величина, характеристика периодического процесса, равная числу полных циклов процесса, совершённых за единицу времени.

Период – время между двумя последовательными прохождениями тела через одно и то же положение в одном и том же направлении, величина, обратная частоте.

Фаза колебаний – физическая величина, при заданной амплитуде и коэффициенте затухания, определяющая состояние колебательной системы в любой момент времени.

Сдвиг фаз – разность между начальными фазами двух переменных

величин, изменяющихся во времени периодически с одинаковой частотой.

Промежуток времени, за который уровень импульса изменяется от низкого опорного значения (обычно 10%) до высокого опорного значения (обычно 90%) характеризует *время нарастания сигнала*.

Размах пульсации напряжения – величина, равная разности между наибольшим и наименьшим значениями пульсирующего напряжения за определенный интервал времени.

Длительность импульса t_u – промежуток времени между возникновением и исчезновением импульса, измеряемый либо по длительности основания, либо на уровне $0.1U_m$ либо на уровне $0.5U_m$ (активная длительность).

Скважность импульса Q – отношение периода T к длительности t_u – величина безразмерная и всегда больше 1, и рассчитывается по формуле (8):

$$Q = \frac{T}{t_u} = \frac{1}{f \cdot t_u}, \quad (8)$$

Величина, обратная скважности, называется *коэффициентом заполнения импульсов* и рассчитывается по формуле (9):

$$\gamma = \frac{1}{Q} = \frac{t_u}{T} = f \cdot t_u, \quad (9)$$

Среднеквадратичное значение (устар. *действующее, эффективное*) – корень квадратный из среднего значения квадрата сигнала и рассчитывается по формуле (3.10):

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}, \quad (10)$$

Среднее значение – постоянная составляющая напряжения и рассчитывается по формуле (11):

$$U = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt, \quad (11)$$

На практике используется редко. Геометрически это разность площадей под и над осью времени.

Средневыпрямленное значение – среднее значение модуля сигнала и рассчитывается по формуле (12):

$$U = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt. \quad (12)$$

В универсальных осциллографах используется метод измерения амплитуд сигналов с помощью масштабной сетки, помещенной на экране осциллографа. Цена деления сетки устанавливается с помощью калибратора амплитуды.

2. Измерительная установка

Измерительная установка для изучения параметров переменного напряжения состоит из осциллографа С1-83, генератора низкочастотных сигналов ГЗ-118, вид измерительной установки представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Измерительная установка для изучения параметров переменного напряжения

Измерительная установка для изучения параметров импульсных сигналов состоит из осциллографа С1-83 и генератора импульсных сигналов Г5-63, вид измерительной установки представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Измерительная установка для изучения параметров импульсных сигналов

Осциллограф С1-83 предназначен для визуального наблюдения и исследования электрических сигналов путем:

- измерения амплитудных и временных параметров исследуемого сигнала;
- одновременного изображения двух исследуемых сигналов на одной развертке;
- изображения функциональных зависимостей между двумя сигналами в режиме X-Y. Осциллограф обеспечивает измерение напряжений в диапазоне от 400 мкВ до 200 В, временных интервалов в диапазоне от 400 нс до 20 с, а также наблюдение напряжений от 200 мкВ до 200 В, временных интервалов – от 100 нс до 20 с. Число каналов вертикального отклонения – два.









Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-118 – это источник синусоидального сигнала прецизионной формы волны и предназначен для исследования, настройки и испытаний систем и приборов.

Генератор импульсов Г5-63 представляет собой источник простых видов выходных последовательностей импульсов напряжения и предназначен для исследования и обслуживания радиотехнических устройств.

Подготовка к проведению измерений

Включение и проверка работоспособности осциллографа


1. Установите ручку органов управления на передней панели в следующие положения:

	в крайнее левое;
	в среднее;
V/ДЕЛ.	«5mV»
	
	в среднее;
	
I, ..., I+II, →→, II, X-Y	→→
+	- +
~	~
	в среднее x1, x10 – в x10
УРОВЕНЬ	крайнее правое
АВТ., ЖДУЩ.	АВТ.
ВРЕМЯ/ДЕЛ.	1ms
Синхронизация	Внутр. I, II


2. Включите тумблер ПИТАНИЕ на передней панели прибора. При этом должна загореться сигнальная лампочка. Дайте прибору прогреться в


течение 2-3 минут. Приступите к калибровке и проверке работоспособности прибора.




Запрещается вставлять и вынимать вилку сетевого кабеля в сеть при включенном тумблере «Питание».




3. Установите яркость изображения удобную для наблюдения ручкой .

4. Установите переключатель рода работы усилителя в положение I.

5. Ручкой  канала I совместите линию развертки с центром экрана.



6. Ручкой  установите одинаковую четкость изображения по всей линии луча.

7. Установите переключатель V/ДЕЛ. канала I в положение  6 ДЕЛ., а ручку  в положение . Величина изображения импульсов должна быть равна 6 делениям.

8. Поверните ручку  канала I влево до упора. Величина изображения должна уменьшиться не менее, чем в 2,5 раза. Возвратите ручку  в положение .

9. Установите переключатель рода работы усилителя I в положение II и повторите операции пп. 5-8.

10. Установите переключатель рода работы усилителя в положение I. При этом на экране ЭЛТ должны наблюдаться изображения сигналов обоих каналов.

11. Установите переключатель рода работы усилителя в положение  .

При этом на экране ЭЛТ должны наблюдаться изображения сигналов обоих каналов.

12. Установите переключатель V/ДЕЛ. канала I в положение 20mV, а переключатель x_1, x_{10} в положение x_{10} .


13. Установите переключатель входа  в положение .

14. Переключатель рода работы установите в положение I.


15. Соедините кабелем вход канала I с выходом калибратора. Величина изображения импульсов должна составлять пять делений шкалы экрана.

16. Переведите переключатель рода работы усилителя в положение II, X-Y.

17. Соедините кабелем вход канала II с выходом калибратора. Величина изображения импульсов должна составлять пять делений шкалы экрана.

18. Установите переключатель развертки в положение $1mS$, переключатель $x_1, x_{0,2}$ – в положение x_1 . Поворотом ручки  совместите начало периода сигнала с первой вертикальной линией экрана ЭЛТ. На всей длине экрана (10 делений) должно помещаться 10 периодов.

19. Установите переключатель $x_1, x_{0,2}$ в положение $x_{0,2}$. На всей длине экрана должно помещаться 2 периода.

20. Установите переключатели V/ДЕЛ. I-го и II-го каналов в положение  6 ДЕЛ. Переключатель синхронизации установите в

положение X-Y. На экране должна наблюдаться линия, представляющая собой диагональ мнимого квадрата со стороной 60 мм.

Проведение измерений

Упражнение 1 Определение параметров синусоидальных сигналов

1.1 Измерение амплитуды и размаха:

1.1.1 с генератора низкочастотных сигналов подайте сигнал на гнездо одного из каналов осциллографа;

1.1.2 установите переключатель режима работы усилителя на требуемый канал;

1.1.3 поставьте переключатели V/ДЕЛ. и x_1 , x_{10} в такое положение, чтобы амплитуда изображения составляла больше половины шкалы;

1.1.4 поставьте переключатель « $\approx \perp \sim$ » в положение « \sim »; переключатель \sqcup , \rightarrow - в положение « \leftarrow »;

1.1.5 ручкой УРОВЕНЬ установите устойчивое изображение; поставьте переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. в положение, при котором наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала;

1.1.6 установите ручку \updownarrow вертикального смещения так, чтобы минимальный уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий, а максимальный – находился в пределах экрана. Ручкой \leftrightarrow горизонтального перемещения сместите изображение таким образом, чтобы один из верхних пиков находился на вертикальной средней линии шкалы, вид сигнала представлен на рисунке 15;

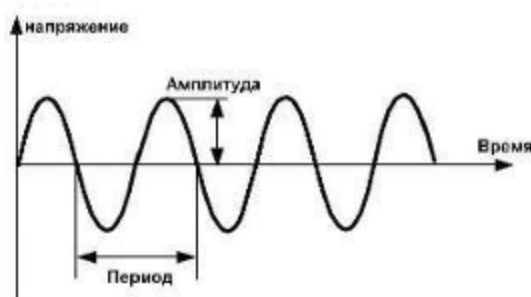


Рисунок 15 – Измерение амплитуды

1.1.7 измерьте расстояние в делениях между нижней и верхней точками амплитуды. Ручка \triangleright должна быть установлена в крайнем правом положении;

1.1.8 умножьте расстояние, измеренное выше, на показания переключателей V/ДЕЛ. и x_1 , x_{10} ;

Пример. Размах вертикального отклонения составляет 7,6 деления, используется делитель 1:10, переключатель V/ДЕЛ. установлен в положение 5mV, а переключатель x_1 , x_{10} установлен в положение x_{10} .

Напряжение амплитуды составляет:

7,6 делен. $x_{10} \times 5\text{mV/делен. } X_{10} = 3800 \text{ мВ.}$

1.2 Измерения длительности сигнала между двумя его точками и частоты периодических сигналов:

1.2.1 подайте исследуемый сигнал с генератора низкочастотных сигналов на входной разъем одного из каналов; **частота исследуемого сигнала устанавливается по указанию преподавателя;**

1.2.2 установите переключатель V/ДЕЛ. в такое положение, чтобы изображение на экране составило около 5-7 делений;

1.2.3 установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. в такое положение, при котором расстояние между измеряемыми точками будет меньше 10 делений;

1.2.4 установите ручкой УРОВЕНЬ устойчивое изображение на экране ЭЛТ;

1.2.5 переместите ручкой « \updownarrow » изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились на горизонтальной центральной линии;

1.2.6 установите ручкой « \leftrightarrow » изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились в пределах десяти центральных делений сетки;

1.2.7 измерьте горизонтальное расстояние между измеренными точками;

1.2.8 умножьте расстояние, измеренное выше, на коэффициент развертки и положение переключателя « $x_1, x_{0,2}$ ».

Пример. Расстояние между измеренными точками составляет 2 деления, рисунок 16, переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. установлен в положение 0,2mS, а переключатель « $x_1, x_{0,2}$ » установлен в положение « x_1 ». Длительность сигнала будет $0,2 \text{ мС} \times 2 \times 1 = 0,4 \text{ мС.}$

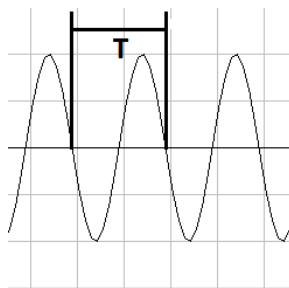


Рисунок 16 – Измерение периода

Для измерения частоты периодических сигналов проделайте следующее:

1.2.9 измерьте длительность времени одного периода сигнала, как описано выше;

1.2.10 рассчитайте частоту сигнала f_c по формуле (13):

$$f_c = \frac{1}{T}, \quad (13)$$

где f_c – частота, Гц;
 T – длительность периода.

Пример. Частота сигнала с длительностью периода 1мс будет равна:

$$f_c = \frac{1}{1 \cdot 10^{-3} \text{с}} = 1 \cdot 10^3 \text{Гц} .$$

1.3 Измерение сдвига фаз и временного сдвига между двумя сигналами одинаковой частоты

Для сравнения фаз выполните следующие операции:

1.3.1 установите переключатели « $\perp \sim$ » в одинаковое положение в зависимости от типа подаваемого сигнала;

1.3.2 установите переключатель режима работы делителя в положение « $\perp \sim$ », или для сравнения фаз выполните следующие операции:

1.3.3 установите переключатели в одинаковое положение в зависимости от типа подаваемого сигнала;

1.3.4 установите переключатель режима работы делителя в положение « $\perp \sim$ » или « $\rightarrow \rightarrow$ ». Режим « $\rightarrow \rightarrow$ » обычно применяется при низкочастотных сигналах;

1.3.5 установите переключатель синхронизации в положение Внутр. I;

1.3.6 подайте опорный сигнал на вход канала I, а сравниваемый - на вход канала II. Опорный сигнал должен предшествовать сравниваемому во времени;

1.3.6 если сигналы противоположной полярности, переключателем полярности второго канала инвертируйте сигнал;

1.3.7 установите переключателями V/ДЕЛ. обоих каналов идентичные изображения около 6-7 делений по амплитуде;

1.3.8 установите ручкой УРОВЕНЬ устойчивое изображение;

1.3.9 установите переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. на скорость развертки, обеспечивающую один цикл сигналов на экране;

1.3.10 переместите кривые сигналов к центру градуированной линии.

1.3.11 измерьте период опорного сигнала l_1 , рисунок 3.17, в делениях шкалы;

1.3.12 измерьте разность по горизонтали между соответствующими точками сигналов l_2 (в делениях шкалы);

1.3.13 фазовый сдвиг φ вычислите по формуле (14):

$$\varphi = \frac{l_2}{l_1} \cdot 360^\circ , \quad (14)$$

где l_2 – горизонтальная разность фаз;

l_1 – период опорного сигнала.

Пример. $l_2=1,1$ деления; $l_1=5$ делений, фазовый сдвиг равен

положительной полярности (изображение находится выше контрольной линии). Переключатель V/ДЕЛ. находится в положении 2mV. Переключатель «x1, x10» находится в положении «x10».

Измеренное мгновенное значение напряжения будет: $2\text{mV}/\text{дел.} \times 6\text{дел.} \times 10 = 120\text{mV}$.

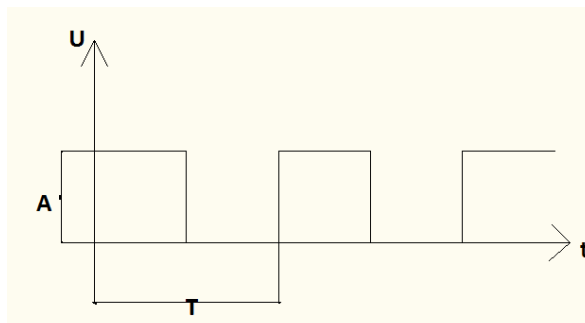


Рисунок 18 – Измерение переменного напряжения с постоянной составляющей

2.4 Измерение времени нарастания сигнала:

2.4.1 измерение времени нарастания основано на том же методе, что и измерение длительности сигнала;

2.4.2 подайте сигнал на гнездо « \oplus 1M Ω 35pF» одного из каналов;

2.4.3 установите переключатель режима работы усилителя на требуемый канал;

2.4.4 установите переключателем V/ДЕЛ. максимально возможное изображение сигнала по амплитуде;

2.4.5 установите изображение симметрично средней горизонтальной линии;

2.4.6 установите переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ. наибольшую скорость развертки, при которой изображение между точками импульса на уровнях 0,1 и 0,9 будет занимать не более 10 делений по горизонтали;

2.4.7 определите точки уровней 0,1 и 0,9 на нарастающей части импульса;

2.4.8 ручкой \leftrightarrow совместите точку уровня 0,1 с одной из вертикальных линий шкалы экрана ЭЛТ в левой части экрана, рисунок 19;

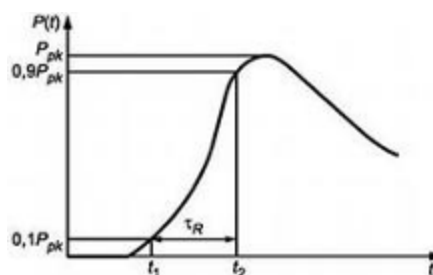


Рисунок 19 – Измерение времени нарастания

2.4.9 измерьте горизонтальное расстояние между точками уровней 0,1 и 0,9;

2.4.10 умножьте расстояние, полученное выше на величину, определяемую переключателем ВРЕМЯ/ДЕЛ.

Пример. Расстояние по горизонтали между точками сигнала на уровнях 0,1 и 0,9 равно 5,4 деления, рисунок 18. Переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. установлен в положение 0,5,μs, использована растяжка. Время нарастания: $5,4 \times 0,5 \times 0,2 = 0,54 \text{ мкс}$.

Упражнение 3 Определение параметров периодических сигналов:

3.1 используя данные из предыдущих упражнений, рассчитайте:

– постоянную составляющую периодического импульсного сигнала по формуле (3.11);

– среднеквадратичное и среднев्यпрямленное значение для синусоидального и импульсного сигналов по формулам (3.10) и (3.12);

3.2 измерьте для синусоидального сигнала среднеквадратичное значение вольтметром. Сделайте выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называется сигналом?
2. Какую кривую будет описывать электронный луч на экране осциллографа, если переменное напряжение подается только на вертикально отклоняющие пластины?
3. Каково назначение генератора развертки?
4. Как определить размах пульсации напряжения?
5. По какой формуле рассчитывается среднеквадратичное значение?
6. Какие колебания называются гармоническими?
7. Что называется периодом, частотой и фазой колебания?

Литература

- 1 Кортнев А.В. Практикум по физике. / А.В. Кортнев, Ю.В. Рублев, А.Н. Куценко. – М.: Высшая школа, 1963. – 516 с.
- 2 Вишенчук И. М., Соголовский Е. П., Швецкий Б. И. Измерительные сигналы и их применение. – М.: Высшая школа, 1997. – 542 с.
- 3 Авдеев Б.Я, Е.М Душин, Антонюк Е.М . Основы метрологии и электрические измерения. – М.: Энегроатомиздат, 1987. – 480с.
- 4 Журавич Л.Г. Методы электрических измерений: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1990.– 212 с.