

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального об-
разования**
“Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
“ЛЭТИ”
им. В.И.Ульянова (Ленина)” (СПбГЭТУ)

Кафедра теоретических основ радиотехники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
“ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА РАДИОИЗМЕРЕНИЙ”

ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Санкт-Петербург

2012 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>ОГЛАВЛЕНИЕ.....</u>	<u>2</u>
<u>1 Методы осциллографических измерений.....</u>	<u>3</u>
<u>2 Универсальный осциллограф с цифровым измерительным блоком.....</u>	<u>12</u>
<u>3 Технические характеристики параметры осциллографа GOS-6200</u>	<u>21</u>
<u>.....</u>	<u>22</u>
<u>4 Задание и указания к выполнению работы.....</u>	<u>23</u>
<u>5 Подготовка осциллографа GOS-6200 к работе.....</u>	<u>23</u>
<u>6 Измерение параметров трапецеидальных импульсов методом калиброванных шкал и с помощью курсоров.....</u>	<u>24</u>
<u>7 Измерение параметров прямоугольных импульсов</u>	<u>25</u>
<u>8 Измерение параметров колоколообразных импульсов</u>	<u>28</u>
<u>9 Измерение отношения сигнал/шум для гармонического сигнала (по указанию преподавателя).....</u>	<u>29</u>
<u>Содержание отчета по лабораторной работе.....</u>	<u>30</u>
<u>Рекомендуемые формы таблиц.....</u>	<u>31</u>
<u>Контрольные вопросы.....</u>	<u>31</u>
<u>Список литературы.....</u>	<u>32</u>

В лабораторной работе изучаются основные методы измерений параметров гармонических и импульсных сигналов с помощью универсального электронно-лучевого осциллографа GOS-6200 с цифровым измерительным блоком. Для получения сигналов сложной формы используется цифровой генератор сигналов произвольной формы фирмы Agilent 33220A.

1 Методы осциллографических измерений

Осциллограф – радиоизмерительный прибор, предназначенный для отображения временных зависимостей сложных сигналов и измерения их параметров – напряжения и временных интервалов. Название – **Осциллограф** произошло от двух слов (лат. *Oscillo* «осцилло» — *качаюсь* + греч. «графо»- — *пишу*). Исторически название связано с приборами, фиксирующими форму колебаний на светочувствительную пленку (световые самописцы). В отечественной литературе это определение перешло на электронно-лучевые осциллографы, а затем – и на цифровые. В англоязычной литературе для этих приборов используют более точный термин - осцилоскоп («осцилло» + греч. «скопео» - *смотреть*).

Методы осциллографических измерений делят на две группы. Первая группа - это традиционные методы визуального наблюдения сигнала на экране аналогового осциллографа и измерения его параметров по калиброванной сетке (*метод калиброванных шкал*). Более точные методы предусматривают сравнение на экране осциллографа исследуемого сигнала с эталонным (методы замещения и электронных меток). Они используются в цифровых осциллографах и предполагают прямое аналого-цифровое преобразование входного сигнала и сохранение его параметров в оперативной памяти. В этом случае про-

цессы визуализации сигнала и измерения его параметров разорваны во времени. Процедура измерения сводится к извлечению из памяти мгновенных значений сигнала в выбранных временных точках. Калиброванный интервал дискретизации сигнала позволяет определять временные параметры сигнала путем подсчета количества отсчетов в интересующем промежутке.

Метод калиброванных шкал - наиболее часто используемый метод измерения напряжений и временных интервалов с помощью аналоговых осциллографов. Перед измерениями напряжения осциллограф *калибруют* по вертикали. Для этого на вход Y подают сигнал от встроенного калибратора. Обычно используют сигнал прямоугольной формы (меандр) с точно известными амплитудой и периодом. При калибровке используют плавную подстройку усиления канала Y специальным потенциометром. Цель регулировки - добиться соответствия вертикального размера изображения калибрационного сигнала установленному масштабу (коэффициенту отклонения, нанесенному на шкалу аттенюатора канала). Отметим, что ручка плавного изменения коэффициента отклонения при калибровке должна быть отключена или установлена в крайнее правое положение, обозначаемое обычно КАЛИБР.

В некоторых осциллографах в процессе калибровки проводят *балансировку* (исключение смещения нуля) усилителя канала Y. Регулировкой потенциометра БАЛАНС добиваются минимального сдвига осциллограммы при переключении коэффициента отклонения.

После калибровки получают изображение исследуемого сигнала. Выбирают коэффициент отклонения так, чтобы размер изображения составлял 80.. 90 % от высоты шкалы осциллографа. Это позволяет уменьшить относительную погрешность дискретности шкалы. Затем определяют интересующий размер изображения по вертикали в деле-

ниях шкалы. Умножив число делений на установленный коэффициент отклонения, находят искомое значение напряжения.

Измерение временных интервалов методом калиброванных шкал выполняют аналогично. Калибровку осциллографа по оси X проводят плавной подстройкой коэффициента развертки по сигналу калибратора с известным периодом. Это делают специальным потенциометром, позволяющим в небольших пределах менять время прямого хода развертки. Ручка плавного изменения коэффициента развертки должна быть отключена или находиться в положении КАЛИБР. Определяемый временной интервал (в делениях шкалы) умножают на установленный коэффициент развертки. При использовании режима растяжки его надо помножить на коэффициент растяжки (обычно $\times 0.1$).

Метод калиброванных шкал прост, нагляден, не требует дополнительных устройств и является основным методом измерений для осциллографа. Точность метода калиброванных шкал определяется погрешностью установки коэффициентов отклонения и развертки, конечной шириной луча и дискретностью шкалы, нелинейностью масштабов по вертикали и по горизонтали.

Компенсационный метод измерения (метод замещения) основан на замещении измеряемого параметра образцовым. При этом осциллограф выступает как устройство сравнения (нуль-индикатор).

Измерение напряжения методом замещения производят с помощью двухканального осциллографа в режиме сложения (вычитания) входных сигналов. Можно использовать также осциллограф с дифференциальным усилителем в канале Y. Структурная схема подключения сигнала и источника образцового опорного напряжения U_0 к осциллографу представлена на рис. 1

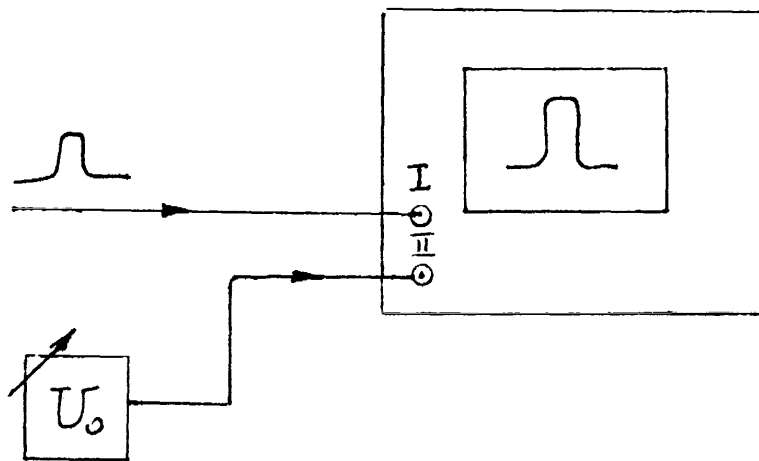
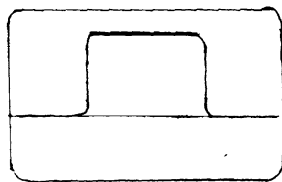
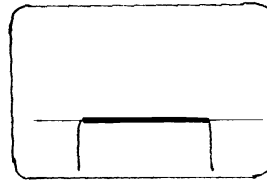


Рис.1 Структурная схема измерения напряжения методом замещения

На первый вход подают исследуемый сигнал (например, импульс, амплитуду U_m которого надо измерить), на второй – опорное напряжение. Затем опорное напряжение регулируют так, чтобы пьедестал импульса совпал с выбранной заранее горизонтальной линией шкалы (рис.2 а).



а)



б)

Рис.2 Осциллограммы сигнала при измерении амплитуды методом замещения

Фиксируют значение опорного напряжения U_{01} . Затем устанавливают такое значение опорного напряжения U_{02} , при котором с этой же линией шкалы совпадет вершина импульса (рис. 2 б). При необходимости меняют полярность опорного напряжения. Разность напряжений ($U_{02}-U_{01}$) пропорциональна амплитуде импульса. Коэффициент пропор-

циональности найдем, приравнивая высоту импульса на экране U_m/K_{o1} и величину перемещения изображения $(U_{02}-U_{01})/K_{o2}$:

$$\frac{U_m}{K_{o1}} = \frac{(U_{02} - U_{01})}{K_{o2}}.$$

Здесь K_{o1} и K_{o2} – коэффициенты отклонения по первому и второму входам. Отсюда следует расчетная формула:

$$U_m = \frac{(U_{02} - U_{01}) * K_{o1}}{K_{o2}}$$

Источником погрешностей данного метода является неточность установки опорного напряжения (погрешность меры), погрешность совмещения точек изображения с линией шкалы (погрешность сравнения) и погрешность установки отношения коэффициентов отклонения.

В методе замещения исключены погрешности, связанные с нелинейностью отклонения по вертикали, дискретностью шкалы, уменьшено влияние конечной ширины луча осциллографа. Метод не требует предварительной калибровки осциллографа, поскольку результат зависит только от отношения масштабных коэффициентов каналов.

Измерение временных интервалов методом замещения производят осциллографами с *двойной разверткой*. В таких осциллографах установлено два генератора развертки (А и Б). Изображение на экране можно получать как с использованием напряжения развертки А, так и Б. Для измерения длительности методом замещения используют режим, когда развертка Б запускается от развертки А с плавно регулируемой задержкой (поэтому ее иногда называют *задержанной разверткой*).

Рассмотрим в качестве примера методику измерения длительности импульса методом замещения. Коэффициент развертки А регулируют так, чтобы получить устойчивое, неподвижное изображение импульсов в удобном масштабе. Переключив осциллограф на генератор

Б, подбирают задержку и коэффициент развертки Б так, чтобы получить изображение в центре экрана в крупном масштабе.

Управление запуском генератора Б осуществляется компаратором, сравнивающим постоянное опорное напряжение U_0 с напряжением развертки А. В момент равенства этих напряжений вырабатывается импульс запуска развертки Б. Регулируя опорное напряжение от нуля до амплитуды развертки А, можно перемещать начало развертки Б в пределах длительности прямого хода развертки А. При этом изображение (в режиме задержанной развертки Б) будет смещаться по горизонтали. Регулировку опорного напряжения делают калиброванной в долях коэффициента развертки А и обозначают МНОЖИТЕЛЬ ЗАДЕРЖКИ. В осциллографах с цифровыми измерительными блоками задержка градуируется непосредственно в единицах времени.

Регулировкой задержки в режиме развертки Б устанавливают фронт импульса на любую вертикальную линию шкалы и фиксируют значение задержки t_1 (рис.3 а).

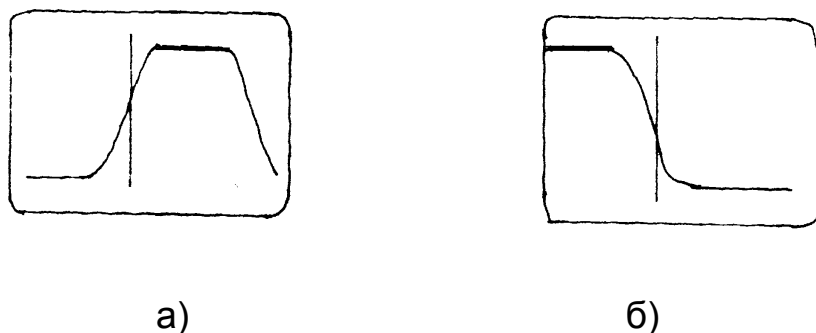


Рис.3 Осциллограммы при измерении длительности методом замещения

Далее совмещают с этой же линией срез импульса (см. рис.3 б) и фиксируют задержку t_2 . Длительность импульса будет равна разности задержек. Для калиброванного множителя задержки эту разность необходимо умножить на коэффициент развертки Kp_A :

$$\tau_u = (t_2 - t_1) * Kp_A$$

Для цифрового блока двойной развертки длительность будет равна просто разности задержек.

Метод замещения обеспечивает точность измерения временных интервалов выше, чем метод калиброванных шкал. Причины появления погрешности в методе замещения – неидеальная калибровка канала А, нелинейность развертки А, погрешность градуировки задержки, погрешность совмещения точек осциллограммы с линией шкалы. Остальные источники погрешности, характерные для метода калиброванных шкал, здесь исключены.

Метод сравнения с эталоном (метод электронных меток) позволяет значительно увеличить точность осциллографических измерений и повысить их производительность. Суть метода - создание на экране эталонных меток в виде линий (курсоров) или точек (маркеров) и совмещение их с измеряемыми частями изображения сигнала.

Рассмотрим вариант реализации метода сравнения для измерения напряжения (рис.4 а). Электронный коммутатор поочередно под-

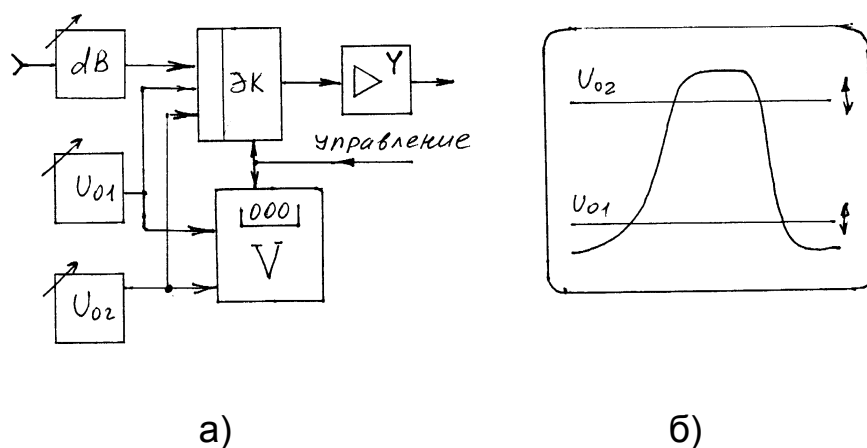


Рис.4 Принцип создания курсоров для измерения напряжения методом сравнения

ключает к каналу Y измеряемый сигнал и два постоянных напряжения U_{01} и U_{02} . Значения этих напряжений можно плавно менять. Разность их измеряется и отображается на табло встроенного цифрового вольтметра. На экране формируется изображение сигнала и двух го-

горизонтальных линий – курсоров (см.рис.4 б). Процесс измерения сводится к перемещению курсоров в нужные точки изображения и отсчету значения измеряемого напряжения. Точность измерения зависит от погрешности цифрового вольтметра и неточности совмещения курсоров с выбранными точками сигнала.

Подобным способом измеряют и временные интервалы. Метки времени на экране можно создать с помощью схемы, представленной на рис.5 а.

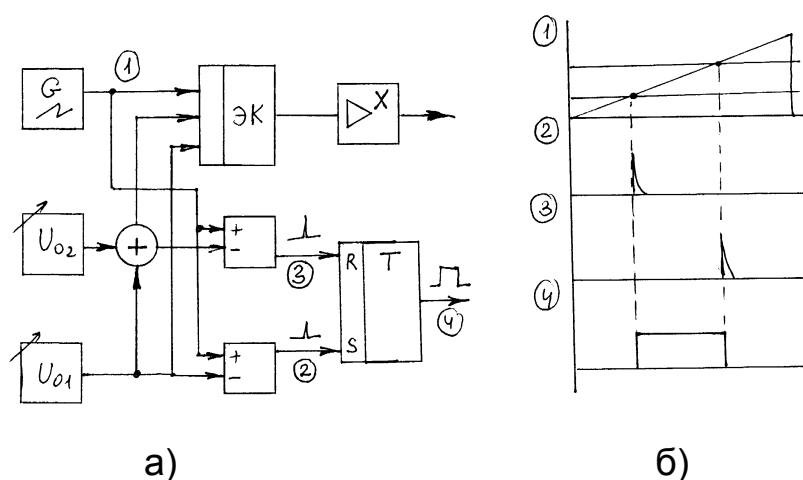


Рис.5 Создание электронных меток по оси времени

Опорные напряжения U_{01} и U_{02} можно плавно регулировать. Эти напряжения сравниваются с напряжением развертки с помощью двух компараторов. На первый подают напряжение U_{01} , на второй – сумму напряжений $U_{01}+U_{02}$. В моменты равенства напряжения на выходах компараторов образуются импульсы. Триггером формируется прямоугольный импульс, длительность которого соответствует расстоянию между точками пересечения линии развертки опорными напряжениями (см. рис.5 б). Длительность импульса измеряется встроенным электронно-счетным частотомером.

Опорные напряжения и напряжение развертки через электронный коммутатор поочередно подключаются к усилителю канала X. При

подаче развертки высвечивается исследуемый сигнал, при подаче опорных напряжений луч находится в точках, соответствующих границам измеряемого интервала. Таким образом, на экране формируются две точки - маркеры длительности. Совмещая маркеры с границами интересующего интервала, получают его значение на табло частотомера.

Погрешность метода включает погрешность измерения временного интервала, нестабильность порога срабатывания компараторов, неточность совмещения меток с точками изображения. Отметим, что при таком способе создания меток на результат не влияет нелинейность напряжения развертки.

Метод электронных меток реализуют в аналоговых осциллографах с встроенными цифровыми измерительными блоками. Схемы формирования меток, подобные рассмотренным выше, в таких блоках часто совмещены. Эталонные сигналы воспроизводятся на экране в виде двух ярких точек - электронных меток (маркеров). Значения напряжения и времени, соответствующие расстоянию между метками по вертикали и горизонтали, выводятся на цифровое табло или прямо на экран электронно-лучевой трубки.

2 Универсальный осциллограф с цифровым измерительным блоком

В лабораторной работе используется универсальный аналоговый осциллограф GOS-6200 (рис.6).



Рис.6 Универсальный двухканальный аналого-цифровой осциллограф GOS -6200

Это широкополосный аналоговый двухканальный осциллограф с электронной коммутацией каналов, имеющий расширенные функциональные возможности:

- Курсорные измерения и экранная графика (7 функций);
- Режим автоматической установки размера изображения;
- Режим двойной развертки с калиброванной задержкой;
- Автоматическое измерение параметров (частота, период, длительность)
- ТВ-синхронизация (построчная, покадровая), возможность выделения ТВ-строк ;
- Автоматическая установка уровня синхронизации;
- Память на 10 установок органов управления.

Основными блоками осциллографа GOS -6200 являются электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с устройством ускорения и фокусировки электронов, каналы вертикального (Y) и горизонтального (X) отклонений луча, блок синхронизации и запуска, канал модуляции луча по яркости (Z) и калибратор. Органы управления блоками объединены в группы на передней панели прибора (рис.7).

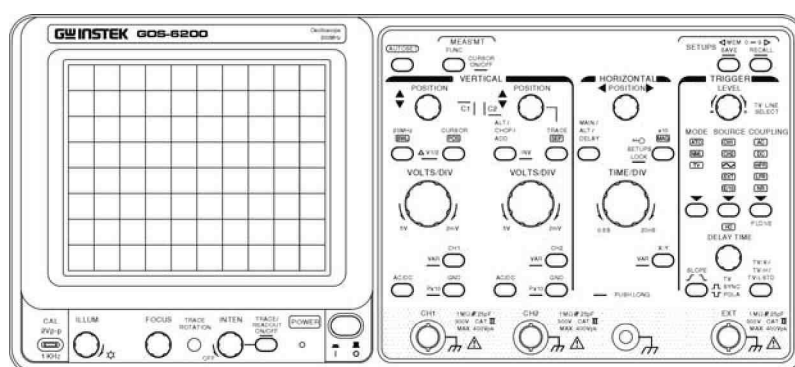


Рис.7 Органы управления осциллографа GOS -6200

Некоторые кнопки имеют двойное назначение. При кратковременном нажатии выполняется одна функция, при длительном - другая (обозначенная надписью с подчеркиванием). Кнопки и ручки каналов вертикального отклонения сгруппированы в блоке VERTICAL, органы управления разверткой – HORIZONTAL, блок синхронизации

и запуска обозначен TRIGGER. Работа цифрового измерительного блока управляется кнопкой MEAS'MT.

Запоминание и вызов установленных режимов осциллографа осуществляют кнопками SAVE и RECALL блока SETUPS. Предусмотрено хранение в энергонезависимой памяти осциллографа до 10 предварительных установок режима. Кратковременное нажатие одной из кнопок вызывает на экран номер памяти (MEM0...MEM9), которые можно выбирать этими же кнопками.

Осциллограф имеет режим автоматической настройки AUTOSET. При нажатии этой кнопки коэффициенты отклонения устанавливаются автоматически так, чтобы изображение сигнала заняло бы 3..6 деления по вертикали в одноканальном режиме и 3 – в двухканальном. Коэффициент развертки подбирается так, чтобы отразить на экране от 1,6 до 4 периодов сигнала.

Упрощенная структурная схема осциллографа представлена на рис.8

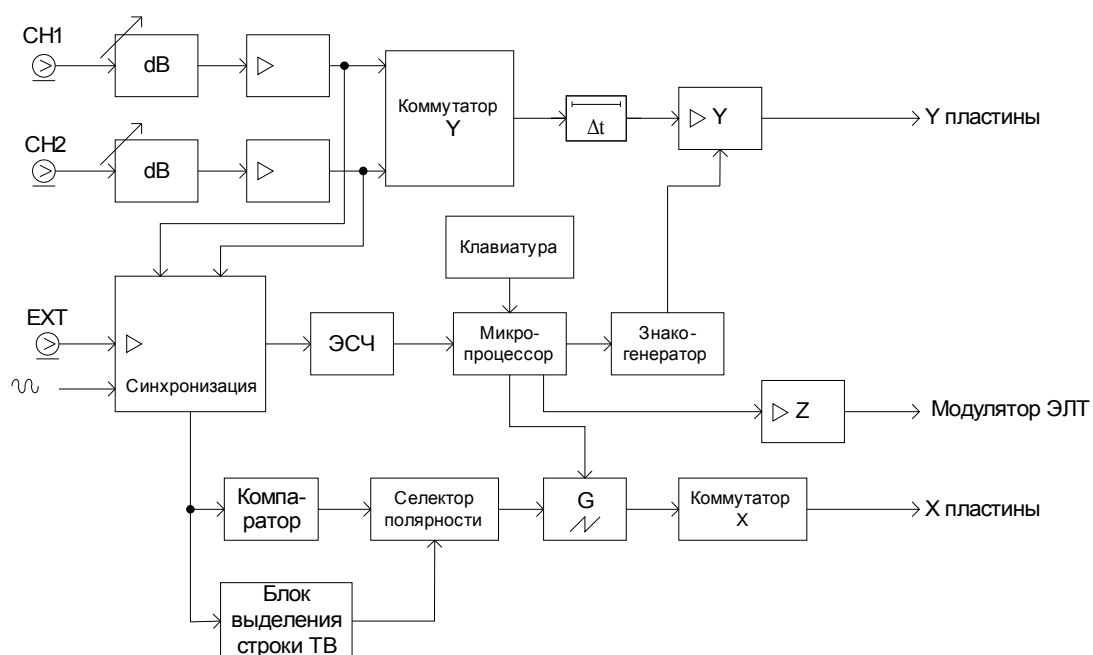


Рис.8 . Структурная схема осциллографа GOS -6200

В осциллографе два канала вертикального отклонения луча(CH1 и CH2), содержащие идентичные входные устройства, аттенюаторы и предварительные усилители. После электронного коммутатора сигнал поступает на общие линии задержки, окончательный усилитель и на ЭЛТ.

Входное устройство каждого канала управляется кнопкой AC/DC. Оно представляет собой коммутируемый разделительный конденсатор, позволяющий при необходимости убрать или оставить постоянную составляющую сигнала ("закрытый" – AC или «открытый» - DC входы). Можно замкнуть вход на общий провод (\perp) – это делается кратковременным нажатием кнопки GND. Калиброванный аттенюатор и предварительный усилитель обеспечивают регулировку уровня и усиление исследуемого сигнала. Аттенюатор отградуирован в коэффициенте отклонения VOLTS/DIV (В/дел). Пределы изменения коэффициента отклонения 2 мВ/дел ...5 В/дел.

Предварительный усилитель обеспечивает основное усиление исследуемого сигнала, возможность смещения изображения по вертикали (ручки POSITION). Режим некалиброванного плавного изменения коэффициента отклонения ручкой VOLTS/DIV включают длительным нажатием кнопки VAR. Для исследования сигналов в ограниченном частотном диапазоне (например, при наличии широкополосного шума) используют переключение осциллографа в узкополосный режим (20 MHz). Включение режима подтверждается индикатором BWL (ограниченная полоса).

Коммутатор каналов обеспечивает независимое наблюдение двух сигналов. Включение и выключение канала реализуют кратковременным нажатием кнопок CH1 или CH2. Совместное наблюдение сигналов реализуют в режиме коммутации каналов кнопкой ALT/CHOP/ADD. В осциллографе применен автовыбор режима комму-

тации ALT, при котором в диапазоне коэффициентов развертки 2мс....0,1мкс/дел включен поочередный режим. На один ход развертки создается изображение одного из сигналов, на другой – второго. Этот режим неудобен при медленных развертках, так как создает мелькание изображения. В этом случае (для коэффициентов развертки 0,5с...5мс/дел) используют прерывистый режим переключения каналов (CHOP) с частотой 250 кГц. Этот режим можно включить вручную при любом коэффициенте развертки (кнопка CHOP нажата). Режим суммирования (ADD) позволяет складывать сигналы каналов. Поскольку во втором канале предусмотрена возможность инвертирования сигнала (его включают длительным нажатием кнопки INV), то в этом режиме можно вычитать сигналы каналов.

Линия задержки в канале Y обеспечивает небольшой временной сдвиг сигнала, подаваемого на отклоняющие пластины Y, относительно начала развертки. Это позволяет отобразить на осциллограмме фронт исследуемого импульса в режиме внутренней синхронизации или запуска.

Оконечный усилитель канала Y увеличивает амплитуду сигнала до значения, необходимого для отклонения луча в пределах рабочей части экрана. Малое выходное сопротивление усилителя позволяет уменьшить частотную зависимость канала на верхних частотах, возникающую из-за паразитной емкости отклоняющих пластин.

Канал X обеспечивает отклонение луча по горизонтали. Он содержит блок развертки и окончательный усилитель. Генератор развертки вырабатывает линейно изменяющееся (пилообразное) напряжение. Он имеет три режима работы, переключаемых кнопкой MODE в блоке синхронизации (TRIGGER): автоколебательный (ATO), ждущий (NML) и режим TV. Автоколебательный режим применяют для наблюдения периодических сигналов. Ждущий режим используют для исследова-

ния непериодических сигналов и импульсов большой скважности. Режим TV применяют для исследования стандартных телевизионных видеосигналов.

В ряде случаев (при измерении частоты, фазового сдвига и пр.) генератор развертки отключают, а на оконечный усилитель канала X подают сигналы от внешнего источника развертывающего напряжения (X-Y режим). Его включают кратковременным нажатием кнопки X-Y. Первое нажатие позволяет получить наклонную линию для сигнала только одного канала CH1-X, CH1-Y. Этот режим используют для нормировки осциллограммы. Второе нажатие кнопки X-Y включает режим развертки по горизонтали от первого канала (CH1 – X), по вертикали – от второго (CH2 – Y). Третье нажатие кнопки позволяет получить две фигуры Лиссажу. Отклонение по X производится сигналом, поданным на вход EXT, по оси Y – сигналами каналов CH1 – Y1, CH2 – Y2.

Оконечный усилитель канала X выполняет те же функции, что и оконечный усилитель канала Y. Кроме этого, в усилителе предусмотрен режим растяжки изображения для получения более крупного масштаба осциллограммы по горизонтали. При этом масштаб меняют не регулировкой генератора развертки, а дискретным увеличением коэффициента передачи усилителя канала X в 10 раз (кнопка x10 MAG).

Устройство синхронизации и запуска (TRIGGER) обеспечивает неподвижность изображения на экране. Это устройство вырабатывает импульсы синхронизации (запуска) развертки, которые привязаны к одной и той же характерной точке повторяющегося сигнала (например, фронт, срез импульса и др.). Источник синхроимпульсов (SOURCE) может быть разного происхождения. Предусмотрена внутренняя синхронизация от входных сигналов каналов CH1 или CH2, синхронизация от питающей сети 50 Гц (обозначена «~»). Синхронизация и запуск от внешнего источника, подключенного к гнезду EXT

производится при положении переключателя EXT (или E/10 с ослаблением внешнего сигнала синхронизации в 10 раз).

Для периодических сигналов устройство синхронизации вырабатывает импульсы с периодом, равным периоду входного сигнала. В автоколебательном режиме работы генератора развертки эти импульсы воздействуют на генератор развертки, синхронизируя его с исследуемым сигналом и обеспечивая тем самым неподвижность осциллограммы. В ждущем режиме импульсы вырабатываются только при наличии исследуемого сигнала (внутренний запуск) или сигнала запуска на входе EXT (внешний запуск).

Уровень, по которому вырабатывается сигнал синхронизации или запуска, регулируется ручкой LEVEL. Величина уровня индицируется на экране в правом нижнем углу (только в момент регулировки). Переключение полярности синхронизации (SLOPE) позволяет выбрать точку срабатывания УСЗ на фронте (нарастании) или на срезе (спаде) сигнала. При нестабильной работе устройства синхронизации (в случае сложных сигналов) используют регулировку стабильности (HO – DELAY TIME). Регулировка обеспечивает задержку запуска развертки в пределах 0-100% периода входного сигнала. Значение задержки в % индицируется в верхнем правом углу экрана.

В осциллографе GOS-6200 предусмотрен набор фильтров сигнала синхронизации (переключаемых кнопкой COUPLING). Они позволяют улучшить работу устройства синхронизации и запуска и повысить ее стабильность. Предусмотрены: фильтр высокой частоты (ФВЧ - режим «АС» – из сигнала синхронизации убирается постоянная составляющая), фильтр низкой частоты (ФНЧ - режим «DC» – фильтруются высокочастотные составляющие сигнала). Кроме этого, для устойчивой синхронизации сигналов сложной формы можно использовать два фильтра с частотой среза 40 кГц: ФНЧ (LFR) и ФВЧ (HFR).

Дополнительный фильтр НЧ шумов и наводок (NR) удобен в случае синхронизации ВЧ сигналов с сохранением постоянной составляющей.

При работе с телевизионным сигналом используют специальный режим запуска (TV) по импульсам кадровой (TV-V) и строчной (TV-H) синхронизации. Предусмотрен режим выделения сигнала заданной строки изображения (TV-L) в трех системах телевидения (NTSC, PAL, SECAM). Включение этих режимов производят кнопкой TV-V/TV-H, выбор номера строки производят ручкой TV LINE SELECT.

Система двойной развертки осциллографа GOS-6200 помогает исследовать фрагменты сигналов в удобном масштабе и увеличить точность измерения временных интервалов. В осциллографе предусмотрено два генератора развертки - основной (MAIN) и задержанной (DELAY). Блок двойной развертки осциллографа GOS-6200 управляется кнопкой MAIN/ALT/DELAY. Положение MAIN соответствует работе с основной разверткой. Ее коэффициент развертки MTB устанавливается переключателем TIME/DIV и выводится в правой верхней части экрана. Возможна плавная некалиброванная регулировка MTB, для ее включения необходимо длительно нажать кнопку VAR канала X. На экране некалиброванный режим отражается появлением значка (>).

Комбинированный режим ALT используют для установки коэффициента задержанной развертки DTB, которое производят той же ручкой TIME/DIV. Зону действия задержанной развертки, отмеченную на экране вертикальными пунктирными линиями, перемещают по экрану регулировкой DELAY TIME. Величина задержки DLY выводится в левой верхней части экрана, а вид сигнала при задержанной развертке представлен на экране второй осциллограммой. Ее положение по вертикали можно регулировать независимо от основной осцилло-

граммы при включенной кнопке TRACE SEP. Для наблюдения осциллограммы сигнала при задержанной развертке включают режим DELAY.

Цифровой измерительный блок осциллографа GOS-6200 позволяет реализовать метод сравнения с эталоном. Он создает осциллограммы образцовых (эталонных) сигналов - «электронные метки» или курсоры. Курсоры в осциллографе GOS-6200 выглядят как пара вертикальных или горизонтальных пунктирных линий, расстояние между которыми откалибровано в измеряемых единицах. Для включения курсоров надо нажать и удерживать кнопку FUNC CURSOR ON OFF. Дальнейшее кратковременное нажатие этой кнопки позволяет выбрать одну из семи функций курсорных измерений:

1. Интервал напряжений (в В) в первом или втором каналах ΔV_1 (ΔV_2). Переключение между каналами осуществляется длительным нажатием кнопки CURSOR POS- $\Delta V_{1/2}$.
2. Интервал напряжений (в %) от размера изображения, соответствующего 5 делениям шкалы (100% по шкале осциллографа). Этот режим удобно использовать, например, при измерении выброса импульсного сигнала.
3. Отношение напряжений в дБ (логарифмическая шкала курсоров) относительно 5 делений шкалы (100%=0 дБ). Этот режим можно использовать, например, при измерении ширины АЧХ по заданному уровню.
4. Интервал времени (в мкс, мс, с). Используют вертикальные курсоры, расстояние между которыми (ΔT_m) в единицах времени выводится на экран.
5. Процентное измерение временных интервалов ΔT . За 100% выбирают интервал, занимающий 5 делений по горизонтали.

6. Измерение частоты по периоду осциллограммы $1/\Delta T_m$. Курсоры устанавливают на начало и конец периода сигнала. На экране отображается значение его частоты в Гц, кГц, МГц.
7. Измерение разности фаз двух гармонических сигналов. Проводят при предварительной установке размера периода сигнала 5 делений по шкале осциллографа. Курсоры устанавливают в точки, соответствующие временному сдвигу одного сигнала относительно другого. Результат измерения выводится в градусах.

Для регулировки положения курсоров надо включить режим CURSOR POS и использовать ручки C1 и C2 (POSITION). Меняя положение курсоров и совмещая их с нужными точками исследуемого сигнала, отсчитывают результат измерения, выводимый на экран осциллографа.

В цифровом измерительном блоке осциллографа GOS-6200 реализовано автоматическое измерение частотных и временных параметров входного сигнала. При неподвижном изображении его частота и частота сигнала синхронизации совпадают. Последнюю измеряют внутренним частотомером. Для выбора вида выводимого на экран параметра отключают курсорные измерения длительным нажатием кнопки FUNC. Установку режима автоматических измерений производят кратковременным нажатием кнопки FUNC. Возможны режимы: частота (FREQ), период (PERIOD), ширина (длительность) положительного сигнала (+WIDTH), отношение длительности сигнала к периоду в % (+DUTY).

3 Технические характеристики параметры осциллографа GOS -6200

По точности воспроизведения формы сигнала и измерения его параметров осциллограф GOS-6200 аналогичен отечественным осциллографам 1-го класса (основная погрешность измерения напряжения и временных интервалов не хуже 3 %). Основные технические параметры осциллографа приведены в таблице.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ПАРАМЕТРЫ	ЗНАЧЕНИЯ
КАНАЛ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ	Полоса пропускания	0...200МГц (-3дБ), 0..20 МГц при 2 мВ/дел)
	Коэф. отклонения ($K_{откл.}$)	2мВ/дел...5В/дел (шаг 1-2-5)
	Погрешность установки $K_{откл.}$	±3%
	Время нарастания Выброс ПХ Входной импеданс	≤ 1.75нс (≤17.5нс при 2 мВ/дел) Не более 5% 1МОм/25пФ
КАНАЛ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ	Коэффициент развертки (Кразв.) А (основная)	20 нс/дел...0,5с/дел (шаг 1-2-5), растяжка x10
	Коэффициент развертки (Кразв.) В (задержанная)	20 нс/дел...50 мс/дел (шаг 1-2-5), растяжка x10
	Погрешность установки Кразв.	±3%(±5% при растяжке x10)
	Задержка запуска развертки В	1мкс...5мс (±5%), плавная регулировка
СИНХРОНИЗАЦИЯ	Источники синхронизации	Канал 1, канал 2, сеть, внешний
	Фильтры синхронизации	Связь по постоянному/переменному току, ФВЧ, ТВ
X ВХОД	Полоса пропускания	0...500 кГц (-3дБ)
	Коэффициент отклонения	2мВ/дел...5В/дел (±3%)
КУРСОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ	Режимы измерений	$\Delta V, \Delta V\%, \Delta VdB, \Delta T, 1/\Delta T, \Delta T\%, \Delta \theta$
	Точность	±3% по вертикали ±3 дел., по горизонтали ±4 дел
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ	Режимы измерений	Частота, период, длительность импульса, скважность
	Количество значащих цифр	6
	Точность	±0.01%

4 Задание и указания к выполнению работы

5 Подготовка осциллографа GOS-6200 к работе

Перед работой изучите назначение органов управления осциллографом . Включите осциллограф кнопкой POWER.

Проверьте калибровку осциллографа для второго канала. Для этого соедините осциллографическим щупом 1:1 клемму выхода калибратора [CAL 2 Vp-p 1 kHz] с входом CH2.

Переключатель входа канала CH2 установите в положение AC - "закрытый вход", режим GND надо отключить кратковременным нажатием соответствующей кнопки. Выберите коэффициент отклонения канала 0,5 В/дел, коэффициент основной (MAIN) развертки $MTB = 0,5$ мс/дел. Включите автоколебательный режим работы развертки (АТО), источник синхросигнала (SOURCE) – CH2, фильтр синхронизации (COUPLING) – AC, полярность синхронизации SLOPE - положительная. На экране появится изображение меандра (образцового сигнала калибратора). При необходимости отрегулируйте яркость (INTEN) и фокусировку (FOCUS) луча.

Амплитуда сигнала калибратора 2 В, поэтому при правильно откалиброванном канале Y осциллограмма должна занимать 4 деления по вертикали. С помощью ручки HORIZONTAL POSITION совместите начало первого импульса с левой вертикальной линией шкалы. Совпадение конца пятого периода с последней правой линией шкалы говорит о том, что осциллограф откалиброван по длительности.

Если калибровка по вертикали или по горизонтали нарушены, то осциллограф требует технического обслуживания в метрологической службе.

6 Измерение параметров трапецеидальных импульсов методом калиброванных шкал и с помощью курсоров

В данном пункте лабораторной работы измеряются параметры видеоимпульсов трапецеидальной формы, записанной в энергонезависимую память функционального генератора Agilent 33220A под именем ARB_1. Включите этот сигнал, последовательно выбирая пункты меню генератора [Arb]->[Select Wform]->[Stored Wform]->[Arb Mem 1]->[Select ARB].

Подайте сигнал с выхода генератора [Output] на вход первого канала осциллографа через согласованную нагрузку 50 Ом. Включите канал кратковременным нажатием кнопки CH1. Второй канал отключите нажатием кнопки CH2. Получите изображение одного-двух периодов сигнала в автоколебательном режиме (ATO) основной развертки (MAIN) при синхронизации от первого канала (SOURCE - CH1). Регулировку масштабов по вертикали и горизонтали производите ручками коэффициента отклонения VOLTS/DIV и коэффициента развертки TIME/DIV. Подберите коэффициенты отклонения и развертки так, чтобы импульс занимал большую часть экрана.

Оцените временные и амплитудные параметры импульса методом калиброванных шкал. Измерьте амплитуду импульса, подсчитав количество делений, укладывающихся в вертикальный размер изображения и помножив на коэффициент отклонения первого канала. Затем оцените временные параметры импульса – его длительность по уровню 50% от амплитуды, длительность по основанию, длительность вершины, длительности фронта и среза. Для этого измерьте соответствующие размеры изображения импульса в делениях шкалы. Домножая на коэффициент основной развертки (MTB), получите параметры импульса в единицах времени.

Результаты измерений сведите в таблицу по форме 1. Проведите точные измерения параметров импульса с помощью курсоров (электронных меток). Включите режим курсорных измерений осциллографа длительным нажатием кнопки FUNC. Кратковременным нажатием этой же кнопки установите режим измерения напряжения ΔV_1 . Ручками POSITION C1,C2 установите курсоры на вершину и пьедестал импульса. Запишите точное значение амплитуды импульса. Сфотографируйте экран осциллографа.

Установите режим измерения временных интервалов ΔT_m и с помощью вертикальных курсоров точно измерьте временные параметры импульса (длительность по основанию трапеции, длительность вершины, длительности фронта и среза). Результаты измерений занесите в таблицу по форме 1. Рассчитайте погрешность метода калиброванных шкал относительно курсорных измерений. Постройте график импульса, на который нанесите результаты точных измерений его параметров.

7 Измерение параметров прямоугольных импульсов

В данном пункте лабораторной работы производят измерение параметров прямоугольных импульсов, прошедших через фильтр нижних частот с АЧХ, близкой к прямоугольной. Выходной сигнал такого фильтра имеет на фронте и срезе колебательный процесс с выбросом (рис.9).

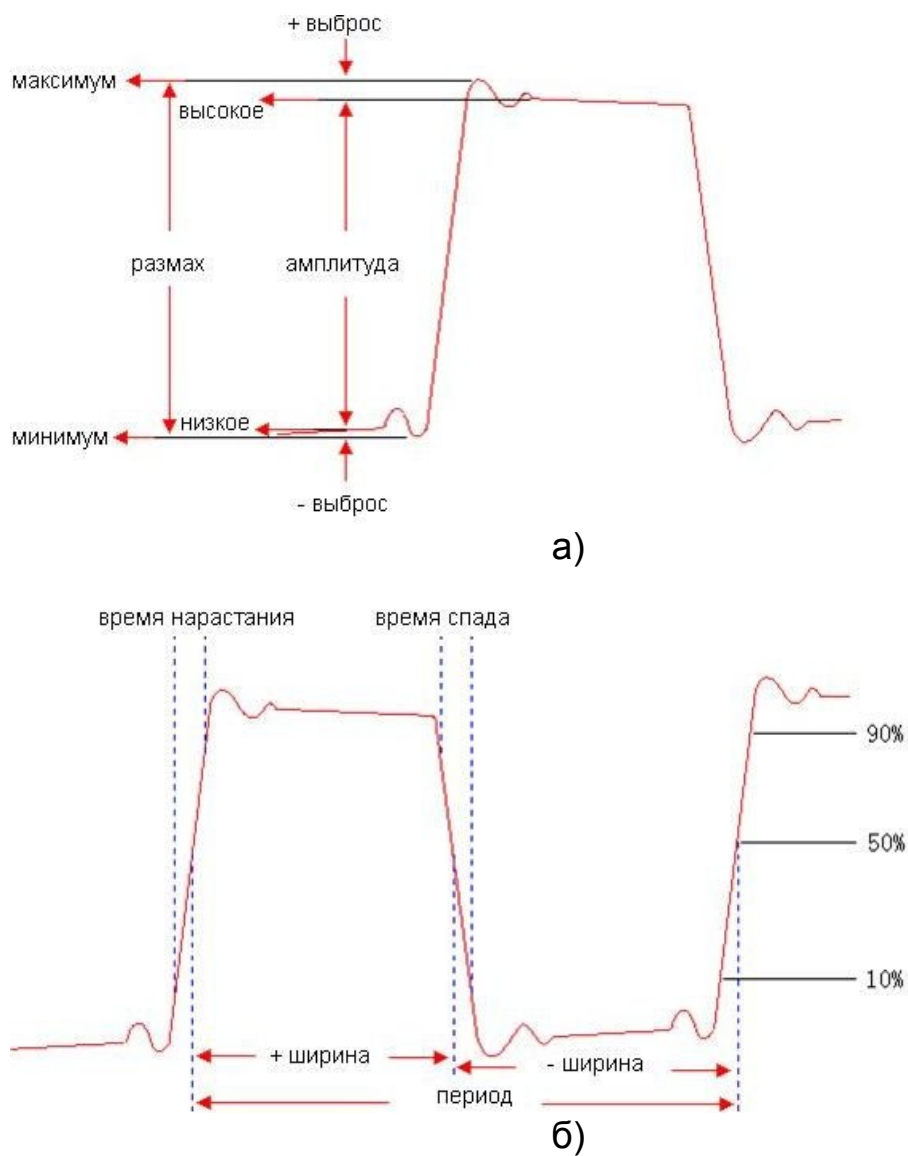


Рис.9 . Параметры реального прямоугольного импульса

а) – амплитудные, б) временные

Этот сигнал записан в энергонезависимую память функционального генератора Agilent 33220A под именем ARB_2. Включите этот сигнал, последовательно выбирая пункты меню генератора [Arb]->[Select Wform]->[Stored Wform]->[Arb Mem 2]->[Select ARB]. Подайте сигнал на первый канал осциллографа через согласованную нагрузку 50 Ом. Включите канал кратковременным нажатием кнопки CH1.

Получите изображение двух-трех периодов сигнала в автоколебательном режиме (ATO) основной развертки (MTB) при синхронизации от первого канала (SOURCE - CH1). Выберите удобный масштаб изображения, используя регулировки VOLTS/DIV и TIME/DIV. Отрегулируйте его положение по вертикали (POSITION).

Включите комбинированный режим двойной развертки (ALT). При этом на экране появится две вертикальные линии, отмечающие область действия задержанной развертки (DTB). Выберите коэффициент задержанной развертки DTB и время задержки DLY так, чтобы получить изображение фронта сигнала в крупном масштабе по оси времени. Коэффициент развертки в комбинированном режиме устанавливается ручкой TIME/DIV, перемещение область действия задержанной развертки по горизонтали осуществляется ручкой DELAY TIME.

Переключите осциллограф в режим задержанной развертки (DELAY).

Измерьте время нарастания сигнала методом замещения. Для этого плавной подстройкой амплитуды сигнала генератора (в режиме [Ampl]) установите амплитуду изображения в 100% по шкале осциллографа (см.рис 9 а). Перемещая изображение по горизонтали ручкой DELAY TIME, совместите с одной и той же вертикальной линией шкалы осциллограмму на уровнях 10% и 90%. Запишите значения задержки $DLY_{10\%}$ и $DLY_{90\%}$. Разность их будет равна длительности фронта импульса (время нарастания). Аналогичным образом измерьте время

среза, длительность импульса по уровню 50% и период его повторения

Отключите задержанную развертку и перейдите в режим основной развертки, нажав кнопку MAIN.

Для оценки величины выброса импульса используйте курсоры. Включите курсоры длительным нажатием кнопки FUNC. Кратковременным нажатием этой же кнопки установите процентный режим измерения напряжения $\Delta V, \%$. Ручками POSITION C1, C2 установите курсоры на максимум выброса и на вершину импульса (на линию 100%). Запишите значение выброса импульса, измеренного в % относительно его амплитуды (100% - 5 делений шкалы).

Переключите курсоры в режим измерения напряжения ΔV_1 и измерьте амплитуду импульса U_m от 0% до 100%, а также полный размах импульса (V_{p-p}) – с учетом выбросов. Сравните с установленным параметром на генераторе и рассчитайте погрешность измерения. Сфотографируйте экран осциллографа.

8 Измерение параметров колоколообразных импульсов

В данном пункте лабораторной работы производят измерения параметров колоколообразных импульсов. Этот сигнал записан в энергонезависимую память функционального генератора Agilent 33220A под именем ARB_3.

Включите этот сигнал, последовательно выбирая пункты меню [Arb]->[Select Wform]->[Stored Wform]->[Arb Mem 3]->[Select ARB]. Подайте его на первый канал осциллографа. Включите канал кратковременным нажатием кнопки CH1. Получите изображение двух-трех периодов сигнала в автоколебательном режиме (ATO) основной развертки (MTB) при синхронизации от первого канала (SOURCE - CH1). Отрегу-

лируйте масштаб изображения по вертикали так, чтобы высота импульса была бы равна 100% по шкале осциллографа. При необходимости используйте подстройку амплитуды импульса на генераторе ([Ampl]). Включите курсоры длительным нажатием кнопки FUNC. Выберите процентный режим измерения времени $\Delta T, \%$ и установите коэффициент развертки ручкой TIME/DIV так, чтобы период импульсов занимал 5 делений по горизонтали (100%). Измерьте относительную длительность импульса $\Delta T/T, \%$ по уровню 50% от его амплитуды. Ручками POSITION C1, C2 установите курсоры на точки пересечения импульса с центральной линией шкалы и отсчитайте значение длительности импульса. Рассчитайте скважность импульсов, как обратную величину относительной длительности. Сфотографируйте экран осциллографа.

9 Измерение отношения сигнал/шум для гармонического сигнала (по указанию преподавателя)

В данном пункте лабораторной работы производят оценку соотношения сигнал шум для смеси синусоидального сигнала со случайным сигналом, имеющим нормальный закон распределения.

Одна реализация сигнала длиной 5000 отсчетов записана в энергонезависимую память функционального генератора Agilent 33220A под именем ARB_4 и периодически воспроизводится с частотой 1 кГц.

Включите этот сигнал , последовательно выбирая пункты меню [Arb]->[Select Wform]->[Stored Wform]->[Arb Mem 4]->[Select ARB]. .

Получите на первом канале осциллографа изображение нескольких периодов сигнала в автоколебательном режиме (АТО)

основной развертки (MTB) при синхронизации от первого канала (SOURCE - CH1). Для получения устойчивого изображения используйте ручную регулировку уровня синхронизации LEVEL.

Оценка отношения сигнал/шум с помощью осциллографа производится следующим образом. Плавной регулировкой амплитуды сигнала на генераторе (режим [Ampl]) установите размах синусоиды 100% по шкале осциллографа. Для этого надо совместить середину шумовой дорожки сигнала с линиями 0% и 100% шкалы. Включите режим курсорных измерений осциллографа длительным нажатием кнопки FUNC. Кратковременным нажатием этой же кнопки установите режим измерения напряжения ΔV , %.

Затем ручками POSITION C1, C2 установите курсоры на края шумовой дорожки и измерьте ее относительную ширину $\Delta U_{ш}$ (в %). Для нормального распределения ширину шумовой дорожки можно примерно считать равной ± 2 среднеквадратического отклонения шума. То есть ширина дорожки равна примерно $4 \cdot \text{СКО}$ шума. Учтем, что размах синусоиды равен удвоенной ее амплитуде $2 \cdot U_m$. Тогда отношение сигнал/шум рассчитайте по формуле

$$C/\text{Ш} = \frac{U_m}{\text{СКО}} = \frac{2}{\Delta U_{ш}, \%} \cdot 100\%$$

или в логарифмических единицах

$$c / ш = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_m}{\text{СКО}}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{200\%}{\Delta U_{ш}, \%}\right), \text{дБ}$$

Такой метод осциллографической оценки часто используют для приближенных измерений шумовых свойств радиоприемных и усилительных устройств. Сфотографируйте экран осциллографа.

Содержание отчета по лабораторной работе

Отчет должен содержать структурную схему измерительной установки, фотографии осциллограмм сигналов, результаты измерений и расчетов.

Рекомендуемые формы таблиц

Форма 1

	Метод калиброванных шкал	Курсорные измерения	Погрешность метода калиброванных шкал, %
Амплитуда импульсов, В			
Длительность импульса по уровню 50%, мкс			
Длительность импульса по основанию, мкс			
Длительность вершины импульса, мкс			
Длительность фронта, мкс			
Длительность среза, мкс			

Контрольные вопросы

1. Объясните назначение цифрового блока в аналоговом осциллографе. Какой метод измерения в нем реализован?
2. Для чего в осциллографе предусматривают регулировку (ограничение) полосы пропускания канала Y?

3. Для чего в двухканальном осциллографе используется электронный коммутатор? Каковы режимы его работы?
4. Какие режимы работы генератора развертки используют в осциллографе?
5. Назовите режимы синхронизации осциллографа. Для чего в осциллографе используют фильтрацию сигнала синхронизации? Какие типы фильтров использованы для этого?
6. Для чего нужна система двойной развертки осциллографа? Какие дополнительные измерительные возможности она дает?
7. Какие режимы курсорных измерений предусмотрены в осциллографе GOS-6200?

Список литературы

1. Дворяшин Б.В. Метрология и радиоизмерения / Учеб. Пособие для студентов ВУЗов, -М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 304с
2. Метрология и радиоизмерения / Учебник для ВУЗов. /Под ред. В.И.Нефедова, -М.: Высшая школа, 2003.
3. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения. - М.: Высш. шк., 1986.
4. Мирский Г.З. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986.
5. Афонский А. А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. – М.: СОЛОН_ПРЕСС, 2007.- 544с.

