

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Астраханской области
«Астраханский колледж вычислительной техники»**

Специальность 13.02.11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Изучение цифрового вольтметра

по дисциплине: "Измерительная техника"

Методические рекомендации

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Составил преподаватель:

(Цепляев В.К.)

Рассмотрено на заседании цикловой
комиссии специальности 13.02.11
"Техническая эксплуатация и
обслуживания электрического и электро-
механического оборудования в нефтяной
и газовой промышленности"

Протокол № ____ от _____

Рекомендовано для студентов.

Председатель комиссии:

(Ветлугин В.В.)

2018

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель работы.....	3
2	Приборы и оборудование.....	3
3	Правила техники безопасности.....	3
4	Теоретическая часть.....	3
5	Порядок выполнения работы.....	8
6	Содержание отчёта.....	12
7	Контрольные вопросы.....	12
8	Литература.....	13
	Приложение А. Вольтметр В7-16А.....	14
	Приложение Б. Генератор Г5-54.....	15
	Приложение В. Генератор Г3-106.....	16

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Ине. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Ине. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Цепляев				
Пров.	Ветлугин				
Н.контр.					
Утв.					

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

**Изучение
цифрового вольтметра**
Методические рекомендации

Лит.	Лист	Листов
	2	16

АКВТ

1 Цель работы

1.1 Изучение основных технических характеристик и устройства цифровых вольтметров.

1.2 Приобретение навыков практической работы с цифровыми вольтметрами.

2 Приборы и оборудование

2.1 Вольтметр В7-16А.

2.2 Генератор ГЗ-106.

2.3 Генератор Г5-54.

3 Правила техники безопасности

3.1 Приборы заземлить перед началом работы.

3.2 Соблюдать все требования техники безопасности при работе в лаборатории электротехнических измерений.

3.3 Соблюдать указания мер безопасности, приведённые в руководстве по эксплуатации приборов и оборудования, применяемых в данной работе.

4 Теоретическая часть

4.1 Цифровой вольтметр это средство измерений, в котором измеряемая непрерывная величина - напряжение автоматически преобразуется в дискретную, подвергаясь цифровому кодированию, а результат измерения представляется в цифровой форме.

4.2 Цифровые вольтметры позволяют измерять как постоянное, так и переменное напряжения.

В первом случае применяются цифровые вольтметры постоянного тока, во втором случае переменное напряжение предварительно преобразуют в постоянное напряжение, измеряемое.

По виду измеряемой величины цифровые вольтметры делятся на:

- а) вольтметры постоянного тока;
- б) переменного тока (средневыпрямленного или среднего квадратического

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
3

значения);

в) импульсные вольтметры для измерения параметров видео- и радиоимпульсных сигналов;

г) универсальные вольтметры, предназначенные для измерения напряжения постоянного и переменного тока, а также ряда других электрических и неэлектрических величин (сопротивления, температуры и прочее).

4.3 На рисунке 1 показана обобщенная структурная схема цифрового вольтметра.

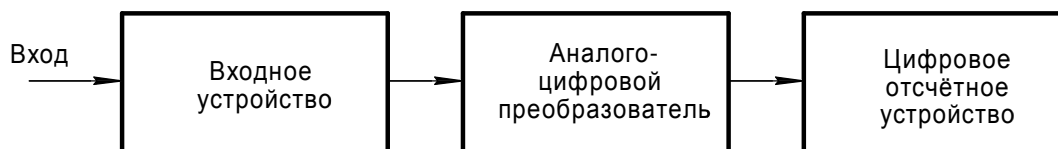


Рисунок 1- Обобщенная структурная схема цифрового вольтметра

При измерении постоянного напряжения оно может поступать на выходное устройство непосредственно или через фильтр, необходимый для подавления помех промышленной частоты 50 Гц и ее гармоник.

Входное устройство обеспечивает высокоомный вход и расширение пределов измерения. С его выхода аналоговый сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) "напряжение код", а цифровой код с выхода последнего на цифровое отчетное устройство, а также на цифровой выход.

4.4 Метрологические характеристики цифрового вольтметра определяются видом используемого АЦП.

Поэтому цифровые вольтметры классифицируются в соответствии с применяемым видом АЦП, из которых наибольшее применение получили преобразователи:

- а) время-импульсные;
- б) частотно-импульсные;
- в) кодо-импульсные.

4.5 Основные метрологические характеристики цифровых вольтметров.

4.5.1 Важнейшими метрологическими характеристиками являются:

- а) диапазон измерений (от 10^{-7} до 10^3 В);
- б) погрешность измерения;
- в) быстродействие;
- г) помехоустойчивость.

Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

4.5.2 Общая погрешность нормируется по двучленной формуле

$$\Delta = (a + bx) \quad \delta = \pm \frac{100\%}{x} = (c + d(\frac{x_k}{x} - 1))\%$$

где $a, b, c \%, d \%$ - постоянные коэффициенты;

x - измеряемая величина;

x_k - значение предела измерения.

Значения коэффициентов c и d можно выразить через a и b :

$$c = 100(b - \frac{a}{x_k})\%, \quad d = 100\% \frac{a}{x_k}$$

Класс точности цифрового вольтметра обозначается в виде $\frac{c}{d}$.

4.5.3 Погрешность меры.

В вольтметрах различных типов применяются разнообразные меры, что обусловлено принципом построения прибора:

а) у вольтметров с время-импульсным преобразованием мерой служит кварцевый генератор счетных импульсов, с помощью которых измеряется интервал времени. Следовательно, погрешность меры - это нестабильность частоты кварцевого генератора;

б) у вольтметров с частотно-импульсным преобразованием мерой является кварцевый генератор образцового интервала времени, используемого для измерения среднего за интервал значения частоты. Поэтому погрешности меры те же, что и у вольтметров с время импульсным преобразованием;

в) у вольтметров с кодо-импульсным преобразованием мера - это источник образцовых напряжений. Ее погрешности обусловлены недостаточной точностью и нестабильностью образцовых напряжений.

4.5.4 Погрешность преобразования:

а) для вольтметров время-импульсного типа с генераторами линейно - изменяющегося напряжения при преобразовании измеряемого напряжения в пропорциональный ему интервал времени возникает погрешность, связанная с нелинейностью и непостоянством скорости измерения пилообразного напряжения, погрешностями сравнивающего устройства и формирования стробирующего импульса;

б) для вольтметров время-импульсного типа с двухтактным интегрированием определяется погрешностью интегратора, нестабильностью образцового напряжения, погрешностями сравнивающего устройства;

в) у вольтметра с частотно-импульсным преобразованием рассматриваемая погрешность - это погрешность преобразования напряжения в частоту;

Инв. № подл.	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. и дата
	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

г) у вольтметров с кодо-импульсным преобразованием зависит от погрешности сравнивающего устройства (от чувствительности и стабильности порога срабатывания).

4.5.5 Погрешность сравнения.

При измерении напряжения сравнение сопровождается погрешностью дискретности. Она возникает в результате квантования непрерывной измеряемой величины и обусловлена конечностью числа уровней квантования.

Замена истинных значений сигнала X квантовыми $X_{кв}$ вносит погрешность округления

$$n_x = X_{кв} - X$$

Эта погрешность равносильна наложению на истинные значения X помехи n_x .

Поэтому последовательность помех (погрешностей округления) n_x в теории сигналов называют шумом квантования.

В измерительной технике погрешность, возникающую в результате квантования, называют погрешностью дискретности.

Погрешность дискретности присуща время-импульсным методам измерения напряжения, характерна для вольтметра с частотно-импульсным преобразованием и проявляется после преобразования напряжения в частоту.

Она возникает в следствии того, что моменты появления счетных импульсов не синхронизированы с фронтом и срезом заполняемы им временных ворот.

В реальной схеме непосредственно подсчитываются счетные импульсы, а не периоды их следования, и поэтому округление может производиться как в сторону большего, так и в сторону меньшего значения.

Максимальная величина абсолютной погрешности (при правильно выбранной схеме стробирования) составляет один период следования счетных импульсов, т. е. единицу младшего разряда счета.

4.5.6 Быстродействие скорость измерений есть максимальное число измерений в единицу времени, выполняемых с нормированной погрешностью.

Быстродействие современных цифровых вольтметров может достигать $10^2 - 10^7$ измерений в секунду (кодо-импульсные).

Быстродействие приборов обычно не выше 10^2 измерений в секунду и определяется полосой пропускания входного устройства и быстродействие АЦП.

4.5.7 Помехоустойчивость нормируется обычно для сетевой помехи и оценивается степенью подавления помехи в децибелах

$$P = 20 \lg(U_{нвх} / U_{нвых})$$

где $U_{нвх}$, и $U_{нвых}$ напряжения помехи на входе и выходе прибора

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
6

соответственно.

4.5.8 Время - импульсные вольтметры наиболее просты по схемному построению, кодо-импульсные наиболее быстродействующие, позволяющие реализовать достаточно высокую точность (10^{-4}), частотно-импульсные наиболее помехоустойчивые (до 60 дБ) имеют более высокую точность измерения (10^{-3}), чем время-импульсные.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
<i>АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР</i>					
Копировал					Формат А4

5 Порядок выполнения работы

5.1 Ознакомиться с техническим описанием цифрового вольтметра, применяемого в данной работе, и выписать для отчета следующие сведения:

- основные технические показатели;
- порядок подготовки работе;
- порядок работы.

5.2 Измерение напряжения синусоидального сигнала.

5.2.1 Схема измерения приведена на рисунке 2.

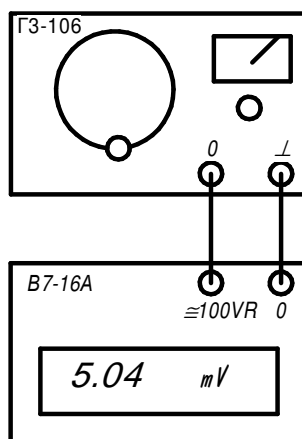


Рисунок 2 - Схема измерения напряжения синусоидального сигнала

5.2.2 Установить частоту генератора ГЗ-106 равную 1000 Гц. Поочерёдно установить по прибору генератора значения выходного напряжения равными 2, 3, 4, 5 В и произвести замеры значений выходного напряжения вольтметром В7-16А.

5.2.3 По результатам измерений рассчитать:

- амплитудное и средневыпрямленное значения измеренных напряжений ;
- абсолютную и относительную погрешности измерений и сравнить их со значениями, указанными в технических описаниях этих приборов.

5.2.3 Расчётные формулы:

- вычисление амплитудного значения U_m измеренного напряжения:

$$U_m = 1,41U_{\text{изм}}$$

- вычисление значения средневыпрямленного $U_{\text{ср.в}}$ измеренного напряжения:

$$U_{\text{ср.в}} = 0,9U_{\text{изм}}$$

- вычисление абсолютной погрешности Δ измерения напряжения:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
8

$$\Delta = \frac{K_T \cdot U_{\text{НОМ}}}{100}$$

г) вычисление относительной погрешности δ измерения напряжения:

$$\delta = \frac{\Delta}{U_{\text{ИЗМ}}} \cdot 100\%$$

где K_T - класс точности (относительная погрешность) измерительного прибора;

$U_{\text{ИЗМ}}$ - показания измерительного вольтметра;

$U_{\text{НОМ}}$ - верхний предел шкалы, на которой было произведено измерение.

5.2.4 Результаты измерений и расчета занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты измерений и расчета

Выходное напряжение генератора $U_{г}, В$	Измеренное напряжение $U_{изм}, В$	$U_{м}, В$	$U_{св}, В$	$\Delta, В$	$\delta, \%$	Предел измерения
2						
3						
4						
5						

5.3 Измерение напряжения импульсного сигнала.

5.3.1 Схема измерения приведена на рисунке 3.

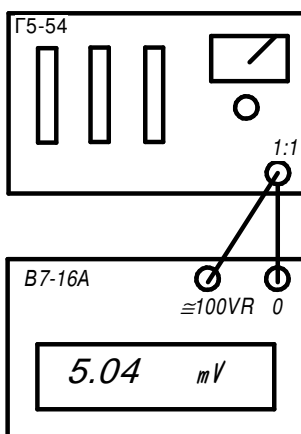


Рисунок 3 - Схема измерения напряжения импульсного сигнала

Ине. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
9

5.3.2 Установить частоту генератора Г5-54 равную 100 Гц и длительность импульса равную 100 мкс.

Поочерёдно установить по прибору генератора значения выходного напряжения равными 2, 3, 4, 5 В и произвести замеры значений выходного напряжения вольтметром В7-16А.

5.3.3 По результатам измерений рассчитать:

- а) амплитудную и постоянную составляющую значений напряжений;
- б) абсолютную и относительную погрешности измерений и сравнить их со значениями, указанными в технических описаниях этих приборов.

Результаты расчета занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчета

Выходное напряжение генератора, В	Измеренное напряжение, В	U _m , В	U _{св} , В	Δ, В	δ, %
2					
3					
4					
5					

5.3.4 Расчётные формулы:

- а) скважность импульсов Q определится:

$$Q = \frac{T}{\tau}$$

где T- период следования импульсов;

τ - длительность импульса.

- б) постоянная составляющая напряжения импульсной последовательности U₀ определится:

$$U_0 = \frac{U_m}{Q}$$

- в) вычисление амплитудного значения U_m измеренного напряжения:

$$U_m = 1,41U_{изм} \cdot Q$$

- г) вычисление абсолютной погрешности Δ измерения напряжения:

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
10

6 Содержание отчёта

6.1 Наименование работы.

6.2 Цель работы.

6.3 Приборы и оборудование.

6.4 Выполнение работы:

6.4.1 Схемы измерений.

6.4.2 Таблицы результатов измерений.

6.4.3 Расчётные формулы.

6.5 Основные технические характеристики измерительных приборов, примененных в работе.

6.6 Выводы о проделанной работе.

7 Контрольные вопросы

7.1 Каковы достоинства и недостатки цифровых вольтметров?

7.2 Какова обобщенная структурная схема цифровых вольтметров?

7.3 Какова структурная схема цифрового вольтметра с время-импульсным преобразованием:

а) с генераторами линейно-изменяющегося напряжения;

б) с двухтактным интегрированием?

7.4 Какова структурная схема цифрового вольтметра с кодо-импульсным преобразованием с развертывающим и следящим уравниванием?

7.5 Какова структурная схема цифрового вольтметра с частотно- импульсным преобразованием?

7.6 Каковы источники погрешности меры в цифровых вольтметрах с время-импульсным, кодо-импульсным и частотно-импульсным преобразованием?

7.7. Что является источником погрешности преобразования в цифровых вольтметрах?

7.8. Как объяснить получение погрешности в дискретности в цифровых вольтметрах?

7.9. По каким формулам рассчитываются погрешности цифровых вольтметров при измерении сопротивления, постоянного напряжения, переменного напряжения?

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
12

8 Литература

8.1 Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. - М. Дрофа, 2005.

8.2 Измерения в электронике. Справочник./Под ред. В. А. Кузнецова. - М. Энергоатомиздат,1987.

8.3 Переносные комбинированные приборы.Справочное пособие. -М. Радио и связь,1991.

8.4 Садченков Д.А. Современные цифровые мультимеры.-М. СОЛОН- Прес, 2002.

8.5 Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. -М: «КноРус», 2011 г.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	<p style="text-align: center;"><i>АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР</i></p>	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение А.

Вольтметр В7-16А

А.1 Назначением вольтметров является измерение напряжения в электрических цепях. Вольтметр В7-16А имеет ряд преимуществ перед другими приборами подобного класса.

А.2 Основные технические характеристики:

- а) число индицируемых разрядов - 4;
- б) измерение напряжения постоянного тока - 100 мкВ...1000В;
- в) измерение напряжения переменного тока - 100 мкВ...1000В;
- г) основная погрешность не более - 0,2%;
- д) частота измеряемого напряжения - 20Гц...30МГц;
- е) измерение сопротивления постоянному току - 0,1...10 МОм;
- ж) активное входное сопротивление - 10 МОм;
- и) габаритные размеры - 384x128x360 мм;
- к) масса - 7 кг.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение Б.

Генератор Г5-54

Б.1 Генератор Г5-54 источник простых видов выходных последовательностей импульсов.

Б.2 Генератор Г5-54 применяется для исследования различных радиотехнических устройств.

Б.3 Измерение амплитуды выходных импульсов в пределах плавной регулировки осуществляется амплитудным вольтметром.

Б.4 Основные технические характеристики генератора Г5-54:

а) частота (период) повторения: 0,01 Гц-100 кГц;

б) погрешность установки частоты: 0,1F;

в) максимальная амплитуда импульса: 50 В (500 Ом);

г) погрешность установки амплитуды: $0.1U + K \times 1$ В;

д) длительность импульсов: 0,1-1000 мкс;

е) неравномерность вершины импульса и исходного уровня в паузе между импульсами: менее 5 %;

ж) временной сдвиг основного импульса относительно синхроимпульса: 0-1000 мкс;

и) потребляемая мощность: 50 ВА;

к) масса: 6 кг;

л) габариты: 370x227x185 мм.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	<i>АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР</i>	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение В.

Генератор ГЗ-106

В.1 Генератор ГЗ-106 - источник синусоидальных и прямоугольных электрических колебаний в диапазоне звуковой и ультразвуковой частоты.

В.2 Генератор ГЗ-106 - малогабаритный портативный генератор РС-типа с плавной установкой частоты в пределах каждого из 4 поддиапазонов.

В.3 Генератор ГЗ-106 может использоваться как источник сигнала в системах контроля радиотехнических средств, в комплектах аппаратуры связи и дальней связи, в селективных и широкополосных системах.

В.4 В режиме синхронизации генератор ГЗ-106 представляет собой активный фильтр и может применяться для уменьшения гармонических искажений синхронизирующего сигнала, повышения его выходного уровня, получения синусоидального сигнала из несинусоидального.

В.5 Выходное напряжение отсчитывается по шкале встроенного вольтметра (шкала вольтметра отградуирована в среднеквадратических значениях синусоидального сигнала - вольтах) и выходному аттенюатору.

В.6 Технические характеристики генератора ГЗ-106:

а) диапазон частот: 20 Гц-200 кГц (4 поддиапазона);

б) основная погрешность установки частоты: $\pm(3+30/f) \%$;

в) нестабильность частоты: $\pm 20 \cdot 10^{-4} f$ (за 15 минут) и $\pm 200 \cdot 10^{-4} f$ (за 3 часа);

г) выходное напряжение: 5 В (600 Ом);

д) ослабление выходного напряжения: 0-60 дБ с дискретностью через 20 дБ (с делителем) и -22 дБ (плавно регулируемое);

е) погрешность установки выходного напряжения: $\pm 6 \%$ (установка опорного уровня) и $\pm 0,8$ дБ (делитель);

ж) нестабильность выходного напряжения: $\pm 1 \%$ (за 15 минут) и $\pm 10 \%$ (за 3 часа);

и) коэффициент гармоник, %: 0,5 (20-200 Гц); 0,3 (200 Гц-20 кГц); 1 (20-200 кГц);

к) параметры сигнала прямоугольной формы:

- амплитуда: 5 В (600 Ом);

- скважность: 2;

- длительность фронта и среза: 150 нс;

л) потребляемая мощность: 20 ВА;

м) питание: 220 ± 22 В, 50 Гц или 115 В, 400 Гц;

н) масса: 4,6 кг.

п) габариты: 225x258x162 мм.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0005МР

Лист
16