

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

Специальность 13.02.11

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

### **Изучение аналогового электронного вольтметра**

**по дисциплине: "Измерительная техника"**

Методические рекомендации  
АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

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.....	14
6	Содержание отчёта.....	18
7	Контрольные вопросы.....	18
8	Литература.....	19
	Приложение А. Вольтметр В7-15.....	20
	Приложение Б. Генератор Г3-106.....	21
	Приложение В. Генератор Г5-54.....	22

Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

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

<b>АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Цепляев		
	Пров.	Ветлугин		
	Н.контр.			
	Утв.			
<b>Изучение аналогового электронного вольтметра</b>			<b>Методические рекомендации</b>	
		Лит.	Лист	Листов
			2	22
<b>АКВТ</b>				

## 1 Цель работы

1.1 Изучить устройство и технические показатели аналогового вольтметра, а также порядок пользования ими при измерении переменных напряжений.

1.2 Приобретение навыков практических измерений и определения параметров переменного синусоидального напряжения.

## 2 Приборы и оборудование

2.1 Вольтметр В7-15.

2.2 Генератор Г5-54.

2.3 Генератор Г3-106.

## 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 Переменные напряжения характеризуются:

- пиковым (амплитудным);
- действующим (эффективным);
- средним;
- средневыпрямленным значением.

4.2 Пиковое значение  $U_m$  (амплитудное для гармонических сигналов) - наибольшее мгновенное значение напряжения за время наблюдения (или за период).

При разнополярных несимметричных кривых напряжения различают два пиковых значения:

- положительное

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
3

- отрицательное.

4.3 Действующее значение  $U$  (его также называют эффективным) - это среднеквадратичное из мгновенных значений напряжения за время измерения (или за период).

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int U^2(t) dt}$$

Квадрат действующего значения периодического напряжения несинусоидальной формы равен сумме квадратов действующих значений постоянной и всех гармонических составляющих этого напряжения, или действующее значение периодического напряжения сложной формы равно:

$$U^2 = U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots$$

4.4 Среднее значение (постоянная составляющая) - определяется средним арифметическим из мгновенных значений за время изменения (или за период):

$$U_0 = \frac{1}{T} \int U(t) dt$$

4.5 Средневыпрямленное значение - это среднее арифметическое из абсолютных мгновенных значений:

$$U_{\text{ср.в}} = \frac{1}{T} \int |U(t)| dt$$

При однополярных напряжениях среднее значение (постоянная составляющая) равно средневыпрямленному.

При разнополярных напряжениях эти две величины различны.

Так, например, для гармонического напряжения  $U = 0$ , а  $U_{\text{ср.в}} = 0,637U_m$ .

4.6 Связь между пиковым (амплитудным), действующим (среднеквадратичным) и средневыпрямленным значениями напряжения данной формы устанавливается посредством коэффициента амплитуды, равного отношению пикового значения к действующему:

$$K_a = \frac{U_m}{U}$$

и коэффициента формы кривой, определяемого отношением действующего значения к средневыпрямленному:

$$k_\phi = \frac{U}{U_{\text{ср.в}}}$$

Для синусоидального напряжения справедливы соотношения:

$$U_m = \sqrt{2} U_d = 1,41 U_d$$

$$U_{\text{ср.в}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_d = 0,9 U_d$$

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
4

Следовательно, коэффициент амплитуды  $K_a=1,41$ , а коэффициент формы  $K_\phi=1,11$ .

4.7 Напряжение в радиоэлектронной технике преимущественно измеряют электронными вольтметрами.

Для них характерны:

а) весьма слабая зависимость показаний от частоты измеряемого напряжения в широком диапазоне частот: например, у вольтметров ВЗ-24 диапазон от 20 Гц до 1000 МГц;

б) ничтожное потребление мощности от объекта измерения, т.е. малозаметное влияние на режим работы объекта, иначе говоря, большое входное активное сопротивление (и малая входная емкость): например, у прибора В7-2А  $R_{вх} = 10 \text{ МОм}$ ;

в) высокая чувствительность при значительном диапазоне измерения: например, у милливольтметра ВЗ- 6 пределы измеряемых величин от 150 мкВ до 200 В;

г) малое время установления показаний;

д) способность выдерживать перегрузки ( напряжения на входе прибора, превышающие допустимые);

е) необходимость источника питания.

4.8 Классифицировать электронные вольтметры можно по различным признакам:

а) по назначению:

- постоянного напряжения,
- переменного напряжения,
- фазочувствительные,
- селективные,
- универсальные;

б) по способу измерения:

- непосредственного измерения,
- измерения сравнением;

в) по типу индикатора:

- стрелочные, цифровые,
- с осциллографическим индикатором,
- неоновым индикатором,
- с печатающим устройством;

г) по характеру измеряемого значения напряжения:

- пиковые (амплитудные),

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
5

- действующего значения,
- средневыпрямленного;
- д) по типу основных электронных приборов, на которых выполнена схема:
  - ламповые,
  - полупроводниковые;
- е) по частотному диапазону:
  - низкочастотные,
  - высокочастотные,
  - сверхвысокочастотные;
- ж) по схеме входа (относительно постоянной составляющей тока):
  - с открытым ,
  - закрытым входом.

4.9 При рассмотрении электронных вольтметров встречаются все признаки классификации, но прежде всего, они делятся на две большие группы:

- стрелочные вольтметры ;
- цифровые вольтметры.

4.10 Шкалы подавляющего большинства электронных вольтметров, предназначенных для измерения переменных напряжений, градуируют в действующих значениях синусоидального напряжения.

4.11 Структурная схема аналогового электронного вольтметра приведена на рисунке 1.

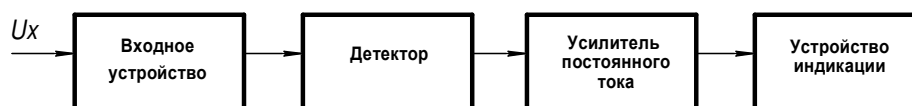


Рисунок 1 - Структурная схема аналогового электронного вольтметра

Тип детектора в структурной схеме определяет принадлежность вольтметра к вольтметрам амплитудного, среднеквадратического или средневыпрямленного напряжения. Виды входа (открытый или закрытый) вольтметра приведены на рисунке 2.

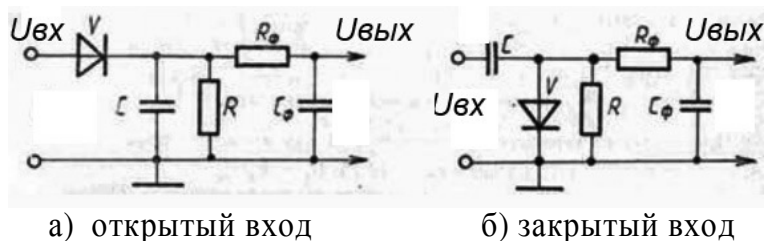


Рисунок 2- Виды входа

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

4.12 Амплитудное  $U_m$ , действующее  $U$  и средневыпрямленное значения  $U_{ср.в}$  синусоидального напряжения связаны строго определенными соотношениями:

$$U_m = 1,41 \cdot U$$

$$U_{ср.в} = 0,9 \cdot U$$

Но эти соотношения справедливы только для гармонических сигналов.

4.13 При измерении несинусоидальных периодических напряжений вольтметрами различных типов получают отсчеты, соответствующие различным значениям измеряемого напряжения.

Для того, чтобы правильно переводить отсчеты по шкале вольтметра в показания, необходимо знать тип детектора, его характеристику и градуировку шкалы (см.таблицу 1).

Таблица 1- Показания вольтметра в зависимости от вида входа

Тип вольтметра	Показания вольтметра	
	открытый вход	закрытый вход
Вольтметр постоянного напряжения	$U_{шк} = U_{ср} = \int_0^T u(t) dt$	-----
Вольтметр с преобразователем среднеквадратического значения	$U_{шк} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$	$U_{шк} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (u(t) - U_{ср})^2 dt}$
Вольтметр с преобразователем средневыпрямленного значения	$U_{шк} = \frac{1,11}{T} \int_0^T  u(t)  dt$	$U_{шк} = \frac{1,11}{T} \int_0^T  u(t) - U_{ср}  dt$
Вольтметр с пиковым (амплитудным) детектором	$U_{шк} = \max\{u(t)\}$ импульсный вольтметр - исключение из общего правила градуировки	$U_{шк} = 0,707 \max\{u(t) - U_{ср}\}$ такой вольтметр иногда некорректно называют амплитудным вольтметром

4.14 В процессе изготовления вольтметры градуируют по образцовому синусоидальному напряжению.

4.15 При различных типах детекторов на шкалы обычно наносят действующие (эффективные) значения синусоидального напряжения (так как основное назначение этих вольтметров - измерять напряжения синусоидальной формы), хотя схема детектора может быть такова, что отклонение указателя индикатора пропорционально пиковому или средневыпрямленному значению.

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
7

**Например.** Пусть на входы четырех градуируемых приборов одновременно подается одно и то же образцовое напряжение с амплитудой 141 В.

У первого и четвертого приборов пиковые детекторы, у второго - квадратичный, у третьего - детектор средневыпрямленного значения.

Первый, второй и третий приборы предназначены для измерения гармонического напряжения и их шкалы градуируются в действующих значениях этого напряжения, четвертый прибор - импульсный вольтметр и его шкала градуируется в пиковых значениях.

После того, как стрелки всех четырех приборов отклонятся, будут сделаны следующие надписи у отметок шкал, против которых установятся стрелки: у первых трех приборов 100, у четвертого 141.

Таким образом, не у всех вольтметров градуировка шкалы соответствует фактически измеряемому значению напряжения.

В рассмотренном случае соответствие имеется только у второго и четвертого приборов, у первого и третьего приборов соответствия нет.

Такое несоответствие, встречающееся во многих приборах, осложняет измерения несинусоидальных напряжений и создает трудности при сравнении результатов измерений, производимых различными приборами.

Поэтому необходимо уметь правильно определять показания вольтметров, сравнивать показания приборов различных типов между собой, ясно представлять зависимость показаний вольтметра от формы кривой напряжения.

4.16 Остановимся на конкретных примерах, полагая для упрощения задачи, что у всех приборов открытые входы.

4.16.1 Отсчет по шкале амплитудного вольтметра при измерении напряжения несинусоидальной формы составляет  $\alpha = 100$  В, это позволяет заключить, что пиковое значение измеряемого напряжения

$$U_m = 1,41\alpha = 141 \text{ В}$$

Каковы действующее и средневыпрямленное значения, можно сказать только в случае, если определены коэффициенты амплитуды  $K_a$  и формы  $K_f$ , т.е. если известна форма кривой измеряемого напряжения.

4.16.2 При подаче напряжения несинусоидальной формы на вход квадратичного вольтметра получен отсчет по шкале  $\beta = 60$  В.

Это означает, что действующее значение измеряемого напряжения 60 В.

Пиковое и средневыпрямленное значения неизвестны, они могут быть определены только, если известны коэффициенты амплитуды и формы.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР</i>	Лист
						8



Так, если данным вольтметром измеряется синусоидальное напряжение, то, получив отсчет 60 В, можно сразу сказать, что действующее значение 60 В, амплитудное 84,6 В ( $60 \cdot 1,41$  В), среднев्यпрямленное - 54 В ( $60 \cdot 0,9$  В).

4.16.3 На вольтметр среднев्यпрямленного значения подано напряжение несинусоидальной формы и получен отсчет  $\gamma = 90$  В.

Закключаем, что среднев्यпрямленное значение измеряемого напряжения

$$U_{\text{ср.в}} = 81 \text{ В.}$$

Если известны коэффициенты амплитуды и формы, то при открытых входах приборов остальные значения могут быть найдены из выражений:

$$U = k_{\phi} U_{\text{ср.в}}$$

$$U_{\text{м}} = k_{\alpha} U$$

Итак, если измеряется напряжение несинусоидальной формы вольтметрами, предназначенными для измерения гармонических напряжений, шкалы которых проградуированы в действующих значениях синусоидального напряжения, то полученные отсчеты при открытых входах вольтметров переводят в показания следующим образом:

а) отсчет  $\alpha$  по шкале амплитудного вольтметра умножается на коэффициент 1,41. Это дает показание, соответствующее пиковому значению измеряемого напряжения. Остальные значения могут быть определены, если известны коэффициенты амплитуды и формы.

б) отсчет  $\beta$  по шкале вольтметра действующего значения (квадратичный детектор) дает непосредственно действующее значение измеряемого напряжения. Пиковое и среднев्यпрямленное значения могут быть вычислены, если известны коэффициенты  $K_{\alpha}$  и  $K_{\phi}$ .

в) отсчет  $\gamma$  по шкале вольтметра среднев्यпрямленного значения умножается на коэффициент 0,9 (делится на 1,11), в результате чего получается показание, соответствующее среднев्यпрямленному значению. Пиковое и действующее значения находятся по коэффициентам  $K_{\alpha}$  и  $K_{\phi}$ , если последние известны.

г) отсчет  $\delta$  по шкале пикового вольтметра, проградуированного в пиковых значениях, дает непосредственно пиковое значение измеряемого напряжения, остальные значения определяются по известным коэффициентам  $K_{\alpha}$  и  $K_{\phi}$ .

4.17 Измеряя напряжения синусоидальной формы вольтметрами, предназначенными для измерения гармонических напряжений, нужно также учитывать следующее:

а) при закрытом входе вольтметры измеряют напряжение без постоянной составляющей. Так, например, отсчет по вольтметру с пиковым детектором

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
9

соответствует пиковому значению только переменной составляющей;

б) при измерении амплитудным вольтметром несинусоидального периодического напряжения  $U_m$  с весьма узкими пиками (например, коротким выбросом на вершине широкого импульса) возможны значительные погрешности - конденсатор пикового детектора не будет успевать заряжаться в течение очень малой длительности пика до напряжения  $U_m$ ;

в) иногда напряжение на вход вольтметра подается через переходную RC цепь. В случае, если постоянная времени этой цепи намного превышает длительность измеряемого импульса, такая цепь передает импульсы без искажений. Если постоянная времени RC цепи соизмерима с длительностью импульса или меньше его, то последний дифференцируется и результаты измерений искажаются;

г) при измерении амплитудным вольтметром высокочастотного напряжения несинусоидальной формы, частота которого  $f = f_0/n$ , может иметь место заметная резонансная погрешность, связанная с наличием гармоник в измеряемом напряжении (даже при небольших коэффициентах нелинейных искажений). Дополнительная резонансная погрешность обусловленная наличием гармоник, может быть одного порядка с резонансной погрешностью чисто синусоидального сигнала;

д) при использовании вольтметра, выполненного по схеме усилитель - детектор, возможны большие погрешности вследствие передачи усилителем измеряемого напряжения с искажениями из-за недостаточной широкополосности усилителя.

4.18 Изложенное показывает, что измерение несинусоидальных напряжений нужно проводить очень вдумчиво, с большим вниманием.

Применять приборы с детекторами не того значения напряжения, которое нужно измерить, целесообразно лишь тогда, когда отсутствуют вольтметры, непосредственно реагирующие на интересующее нас значение.

4.19 Для измерения напряжения необходимо правильно выбрать прибор с учетом:

- его диапазона измерения,
- частотного диапазона,
- класса точности,
- потребления мощности из измерительной цепи,
- влияния формы сигнала на результат измерения.

Эти параметры указаны в технической документации на прибор. При этом следует обратить внимание на следующие важные обстоятельства.

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
10

При измерении гармонических напряжений частота измеряемого сигнала должна находиться в пределах рабочего диапазона частот (желательно не у крайнего предела).

Следует проверить по паспорту, не имеет ли место дополнительная частотная погрешность в измеряемой точке.

4.20 При измерении сигналов сложной формы частотный диапазон должен выбираться с учетом частот высших гармоник.

В этом случае правильную информацию о действующем значении сигнала отображают только электронные приборы, имеющие преобразователи среднего квадратического значения.

4.21 Если используется электронный прибор с амплитудным детектором, то по его показаниям можно определить действующее значение только для случая, когда известен коэффициент амплитуды измеряемого сигнала.

4.22 При измерениях на переменном токе с помощью электронных приборов необходимо иметь в виду, что основная их масса имеет «закрытый вход» для постоянной составляющей сигнала.

Это обстоятельство позволяет производить измерения в электронных схемах, где уровень сигнала значительно меньше, чем постоянные напряжения режима покоя схемы.

Однако при измерении импульсных сигналов приборами с амплитудными преобразователями на это следует обратить особое внимание.

С помощью временных диаграмм (см.рисунок 3) показано, как можно определить параметры однополярных прямоугольных импульсов, амплитуда  $U_p$ , длительность  $\tau$  и частота  $f = 1/T$  следования которых известны.

Пример. Пусть шкала измерительного прибора отградуирована в действующих значениях синусоиды. Тогда показание прибора с амплитудным преобразователем измеряемого напряжения должно быть:

$$U_p = \frac{U_m}{1,41}$$

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
11

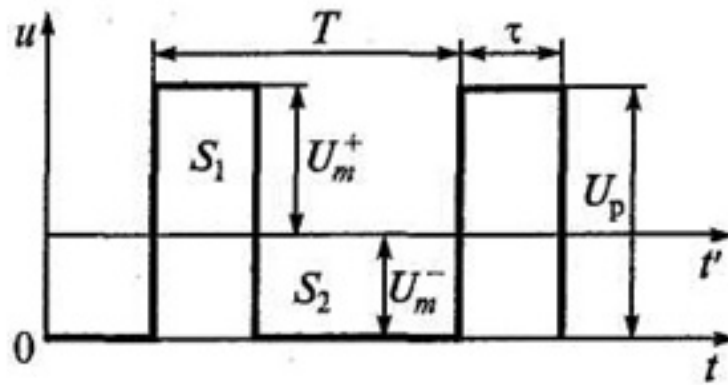


Рисунок 3 - Параметры однополярных прямоугольных импульсов

Вследствие того, что прибор реагирует только на переменную составляющую сигнала, представленную на рисунке 3 по отношению временной оси  $t$  показания прибора будут

$$U_p = U_m^+ / 1,41 \text{ или } U_p = U_m^- / 1,41$$

в зависимости от полярности его подключения

где  $U_m^+ = U_p \cdot ((T - \tau) / T)$  - положительное амплитудное значение;

$U_m^- = U_p \cdot (\tau / T)$  - отрицательное амплитудное значение.

Формулы перевода напряжений получены из условия равенства нулю постоянной составляющей, т.е. площади  $S_1$  и  $S_2$  относительно временной оси  $t$  равны:

$$S_1 = U_m^+ \tau, \quad S_2 = U_m^- (T - \tau)$$

4.23 Импульсные напряжения измеряют с помощью импульсных вольтметров. Специальные импульсные вольтметры градуируются в амплитудных (пиковых) значениях.

4.24 Для обеспечения высокой точности измерений их следует производить в точках шкалы, где измеряемая величина близка к номинальному значению, т.е. в конце шкалы.

Кроме того, перед началом процесса измерений прибор следует вывести в номинальный режим, откалибровать и установить нулевое значение при замкнутых входных зажимах.

4.25 Универсальный вольтметр типа В7-15 (см. приложение А) для измерения переменных напряжений имеет пиковый детектор, закрытый вход.

Шкала градуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения.

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Прибор измеряет пиковое значение без постоянной составляющей.

При этом необходимо учесть, что показания шкалы прибора уменьшены в  $K_a = 1,41$  раз, так как его шкала проградуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения.

4.26 Генератор ГЗ-106 снабжен индикатором выходного напряжения. Основная приведенная погрешность установки выходного напряжения  $\pm 4\%$  во всём диапазоне частот. Шкала среднеквадратичная.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 5 Порядок выполнения работы

5.1 Ознакомиться с техническим описанием аналогового 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 приведены на рисунке 4.

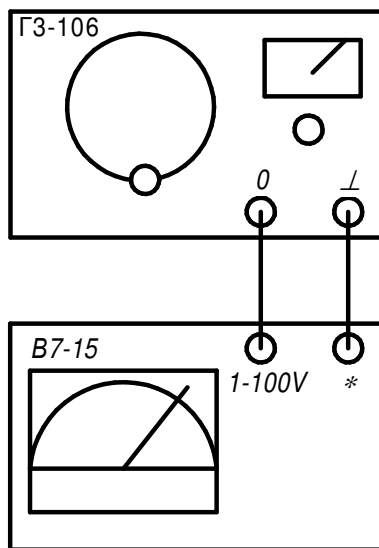


Рисунок 4 - Схема измерения напряжения синусоидального сигнала

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 В7-15.

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.

5.2.4 Расчётные формулы:

- вычисление амплитудного значения  $U_m$  измеренного напряжения:

$$U_m = 1,41U_{\text{изм}}$$

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

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

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
14

в) вычисление абсолютной погрешности  $\Delta$  измерения напряжения:

$$\Delta = \frac{K_t \cdot U_{\text{ном}}}{100}$$

г) вычисление относительной погрешности  $\delta$  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.

5.2.5 Результаты измерений и расчета занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты измерений и расчета

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

5.3 Измерение напряжения импульсного сигнала.

5.3.1 Схема измерения приведена на рисунке 5.

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

Поочередно установить по прибору генератора значения выходного напряжения равными 2, 3, 4, 5 В и произвести замеры значений выходного напряжения вольтметром В7-15.

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 3.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
15

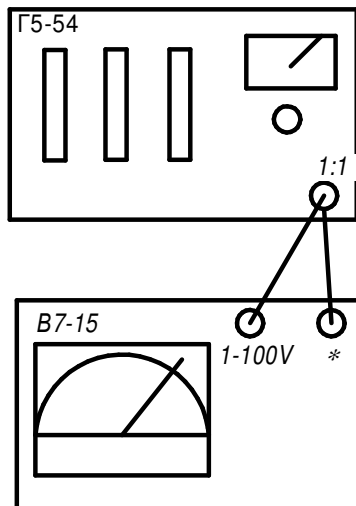


Рисунок 5 - Схема измерения напряжения импульсного сигнала

Таблица 3- Результаты расчета

Выходное напряжение генератора, В	Измеренное напряжение, В	U <sub>m</sub> , В	U <sub>св</sub> , 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 U<sub>0</sub> определится:

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

в) вычисление амплитудного значения U<sub>m</sub> измеренного напряжения для вольтметра с пиковым детектором и закрытым входом, а шкала градуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения, определится:

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР



$$U_m = 1,41U_{изм} \frac{Q}{Q-1}$$

г) вычисление амплитудного значения  $U_m$  измеренного напряжения для вольтметра с квадратичным детектором и закрытым входом, а шкала градуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения, определится:

$$U_m = U_{изм} \frac{Q}{\sqrt{Q-1}}$$

д) вычисление амплитудного значения  $U_m$  измеренного напряжения для импульсного вольтметра с пиковым детектором и закрытым входом, а шкала градуирована в пиковых значениях, определится:

$$U_m = U_{изм} \frac{Q}{Q-1}$$

е) вычисление амплитудного значения  $U_m$  измеренного напряжения для импульсного вольтметра с пиковым детектором и открытым входом, а шкала градуирована в пиковых значениях, определится:

$$U_m = U_{изм}$$

ж) вычисление значения средневыпрямленного  $U_{ср.в}$  измеренного напряжения:

$$U_{ср.в} = 0,9U_{изм}$$

и) вычисление абсолютной погрешности  $\Delta$  измерения напряжения:

$$\Delta = \frac{K_T \cdot U_{ном}}{100}$$

к) вычисление относительной погрешности  $\delta$  измерения напряжения:

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

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

$U_{изм}$  - показания измерительного вольтметра;

$U_{ном}$  - верхний предел шкалы, на которой было произведено измерение.

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

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

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
17

## 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, применённых в работе.

6.6 Выводы о проделанной работе.

## 7 Контрольные вопросы

7.1 Что называется амплитудным, средним, средневыпрямленным и средним квадратическим значениями напряжения?

7.2 Какие коэффициенты устанавливают связь между амплитудным и средним квадратическим, между средним квадратическим и средним значениями напряжения?

7.3 Чему равны коэффициенты амплитуды и формы для гармонической формы сигнала?

7.4 Перечислить основные системы электромеханических приборов и дать сравнительные характеристики по параметрам.

7.5 Почему магнитоэлектрический механизм работоспособен только на постоянном токе? Что предпринимается для использования его в приборах переменного тока?

7.6 Привести основные схемы построения электронных аналоговых вольтметров и их отличия.

7.7 Объяснить работу амплитудного диодного преобразователя переменного тока в постоянный. Почему амплитудный преобразователь является наиболее высокочастотным?

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР

Лист  
18

## 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	АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

**Приложение А.  
Вольтметр В7-15**

А.1 Вольтметр В7-15 универсальный предназначен для измерения постоянных и среднеквадратического значений гармонических напряжений, а также активного сопротивления.

А.2 Технические характеристики вольтметра В7-15:

а) диапазон измерения постоянного напряжения: 30мВ-1000В, с делителем ДН-105 1кВ-20кВ;

б) входное сопротивление при измерении постоянного напряжения: 15 МОм, с делителем ДН-105 350 МОм;

в) диапазон измерения низкочастотного напряжения: 0,2В-1000В;

г) входное сопротивление при измерении низкочастотного напряжения: 3МОм на частоте 1кГц;

д) входная емкость: 10пФ-30пФ;

е) диапазон измерения высокочастотного напряжения: 0,2В-100В, с делителем ДН-106 100В-1000В;

ж) диапазон частот при измерении высокочастотного напряжения: 20Гц-70МГц, с делителем ДН-106 диапазон 5кГц-300МГц;

и) входное сопротивление при измерении высокочастотного напряжения: 50кОм-100кОм на частоте 100МГц;

к) входная емкость: 1,8пФ, с делителем ДН-106 4пФ;

л) диапазон измерения сопротивления 10 Ом-100 МОм;

м) относительная погрешность при измерении:

- постоянного напряжения 2,5%;

- низкочастотного напряжения 2,5%-4%;

- высокочастотного напряжения 2,5%-4%, с делителем ДН-106 на частоте 100кГц 6%;

- сопротивления 2,5%-4%;

н) питание от сети переменного тока частотой  $50\text{Гц} \pm 0,5\text{Гц}$ , напряжением  $220\text{В} \pm 22\text{В}$ ;

п) потребляемая мощность: 25Вт;

р) габаритные размеры - 270x180x175мм;

с) масса - 5,5кг.

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

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

*АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР*

Лист  
20

**Приложение Б.  
Генератор ГЗ-106**

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

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

Б.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.

Б.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.

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

Б.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:  $220 \pm 22$  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.ЛР34.0004МР

Лист  
21

**Приложение В.  
Генератор Г5-54**

В1 Генератор Г5-54 источник простых видов выходных последовательностей импульсов.

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

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

В.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.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

*АКВТ.13.02.11.ЛР34.0004МР*