

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электротехники

**ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И  
ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Методические указания к лабораторной работе

ВОЛГОГРАД 2000

### **УДК 621.3.06**

Изучение электронных измерительных приборов и основы измерений в электрических цепях переменного тока: Методические указания к лабораторной работе / Сост. канд. техн. наук, доцент А. Н. Шилин, канд. техн. наук, доцент С. Б. Сластинин, канд. техн. наук, С.В. Поляков; Волгоград. гос. тех. ун-т. – Волгоград, 2000. – 10 с.

Методические указания содержат краткие сведения об основных методах измерения параметров в цепях переменного тока, с использованием частотных генераторов, электрических осциллографов и цифровых вольтметров. Работа рассчитана на 2 часа аудиторных и 2 часа домашних занятий.

Работа предназначена для студентов всех форм обучения.

Ил. 9, библиогр.: 6 - назв.

Рецензент П.П. Бобков.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета.

© Волгоградский государственный технический  
университет, 2001.

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение устройства и работы двухканального осциллографа, универсального цифрового вольтметра, генератора синусоидальных колебаний, а также приобретение навыков работы с электронными измерительными приборами.

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 2.1. Электронный осциллограф

Электронный осциллограф является прибором для визуального наблюдения электрических сигналов и измерения их параметров (амплитуды, частоты, фазы и др.). Основным элементом осциллографа является электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с узлами управления отклонением электронного луча.

Принцип отображения формы электрического сигнала на экране осциллографа можно представить следующим образом. Исследуемый сигнал, представляемый обычно напряжением электрического тока, является функцией времени, отображаемой в прямоугольных координатах графиком  $U=f(x)$ . Две пары пластин ЭЛТ отклоняют электронный луч в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, которые можно рассматривать как координатные оси. Для того, чтобы луч отклонялся по горизонтальной оси пропорционально времени, к горизонтальным пластинам ЭЛТ подводится линейно изменяющееся напряжение, которое перемещает луч по горизонтали с постоянной скоростью слева направо, а затем быстро возвращает его обратно. Расстояние, проходимое лучом вдоль горизонтальной оси, является линейной функцией времени.

На вертикальные пластины ЭЛТ подается исследуемое напряжение и, следовательно, положение луча в каждый момент времени однозначно соответствует значению исследуемого сигнала в этот момент. За время действия линейно изменяющегося напряжения электронный луч вычерчивает кривую исследуемого сигнала. Наблюдаемое на экране изображение называется осциллограммой. Для количественной оценки параметров осциллограммы осциллографы снабжают устройствами калибровки трактов вертикального и горизонтального отклонения луча. Более подробное описание устройства и принципа действия осциллографа С1-77 приведено в [1].

### 2.2. Генератор синусоидальных колебаний

Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-124 представляет собой высококачественный источник синусоидального напряжения с частотой от 2 до 200 кГц. Дополнительно генератор позволяет получать случайные шумовые сигналы (в данной работе эта функция прибора не используется). Генератор построен на принципе биений двух высокочастотных сигналов с выделением разностной частоты фильтрами нижних частот. В генераторе имеется возможность ручной и автоматической перестройки частоты по линейному и логарифмическому законам. Для точного отсчета установленного значения частоты-

ты выходного сигнала генератора используется встроенный частотомер, табло которого обеспечивает цифровую индикацию показаний. Органы регулирования выходного напряжения генератора допускают плавную и дискретную установку требуемой величины сигнала. Более подробное описание устройства и принципа действия генератора ГЗ-124 приведено в [2].

### 2.3. Цифровой вольтметр

Применение цифрового отсчета значений измеряемой величины в электронных приборах дает возможность повысить точность измерений, исключить глазомерные ошибки, автоматизировать процесс измерения. Общая идея, положенная в основу устройства подобных приборов, заключается в использовании аналого-цифрового преобразования сигнала, т.е. преобразования непрерывных (аналоговых) величин напряжения, тока и т.п. в числовой код.

К достоинствам цифровых вольтметров, выгодно отличающих их от стрелочных приборов, относятся: высокая точность измерений, широкий диапазон измеряемых напряжений, представление результатов измерений в цифровой форме, возможность автоматического выбора шкал и полярности измеряемого напряжения, подключения цифropечатающих устройств для регистрации результатов измерения, ввода измеряемой информации в ЭВМ. Более подробное описание устройства и принципа действия цифрового вольтметра приведено в [3].

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед началом проведения работы необходимо ознакомиться с описанием устройства и принципа действия приборов, приведенных в [1-3]. Особое внимание необходимо обратить на назначение переключателей и ручек управления на передней панели приборов. При проведении операций установки и регулирования выходных и измеряемых величин не прилагать чрезмерных усилий к ручкам переключателей и потенциометров во избежание их повреждения.

Категорически запрещается бессистемно переключать элементы настройки и регулирования, расположенные на передней панели приборов, а также производить какие-либо переключения на задней панели.

### 3.1. Работа с генератором синусоидальных колебаний РГЗ-124

3.1.1. Ознакомиться с расположением органов управления и настройки генератора и изучить их назначение.

3.1.2. Перед началом работы установить органы управления в следующие положения:

СЕТЬ – в нижнее;


РЕЖИМЫ – в *sin*;


ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТ – в ЛИНЕЙНОЕ;

УСРЕДНЕНИЕ – в «1», вторую ручку вольтметра – в положение ВЫХ  $U$ ;

ВЫХ  $U$  – в среднее;

КАЛИБРОВКА КОНТРОЛЬ – в отключенное;

«» в среднее;

«» в « $R_i < 5\Omega$ »;

БЫСТРОДЕЙСТВИЕ - в откл.;

ПРЕДЕЛЫ РАЗВЕРТКИ НИЖ. – в крайнее левое;


ПРЕДЕЛЫ РАЗВЕРТКИ ВЕРХ. – в крайнее правое;

РАЗВЕРТКА ЧАСТОТЫ – «» ;

ВРЕМЯ РАЗВЕРТКИ – в «1»;


ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ – в «15».


3.1.3. Включить генератор, для чего тумблер «СЕТЬ» поставить в положение «ВКЛ». Время установки рабочего режима составляет до 15 мин. По встроенному измерителю напряжения убедиться, в плавном изменении выходного напряжения до 10 В, вращая ручку ВЫХ  $U$ .

3.1.4. Подключить выход генератора «» через нагрузку « $5\Omega$ » к осциллографу и убедиться в наличии на выходе генератора выходного сигнала синусоидальной формы. Приобрести навыки установки определенной частоты и напряжения выходного сигнала.

### 3.2. Работа с двухканальным осциллографом С1-77

3.2.1. Ознакомиться с назначением переключателей и ручек управления на передней панели осциллографа и изучить их назначение.

3.2.2. Включить осциллограф тумблером «СЕТЬ». Произвести калибровку I-го канала по амплитуде, для чего переключатель режима работ усилителя перевести в положение «I»; перевести переключатель «V/дел» в положение «» и ручкой плавной регулировки коэффициента усиления установить амплитуду калибровочных импульсов равной пяти делениям (от нижней пунктирной линии до верхней). Аналогично произвести калибровку II-го канала, переведя переключатель режима работы усилителя в положение «II».


3.2.3. Произвести калибровку осциллографа по частоте развертки. Для этого ручку «» переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ» установить в крайнее правое положение.

3.2.4. Подключить выход генератора синусоидальных колебаний к входу одного из каналов осциллографа. При измерении параметров одного сигнала лучше использовать первый канал, поскольку он имеет внутреннюю синхронизацию (переключатель вида синхронизации устанавливается в положение «ВНУТР.1», переключатель режима работы усилителя – в положение «I»).

3.2.5. Установить тумблер «~,  $\cong$ » в положение «~», поскольку измерение постоянной составляющей сигнала не предполагается.

3.2.6. Установить переключатель « V/ДЕЛ » в такое положение, чтобы амплитуда сигнала на экране была максимальной.

3.2.6. Ручкой «УРОВЕНЬ» добиться устойчивого изображения, а переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» установить в такое положение, при котором наблюдается несколько периодов исследуемого сигнала.

3.2.7. Для измерения амплитуды синусоидального напряжения ручкой «» вертикального перемещения установить изображение сигнала так, чтобы минимальный уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки экрана, а максимальный находился в пределах экрана (Рис. 1). Измерить расстояние в делениях (целых и долях) между крайними точками размаха сигнала, умножить на масштабный коэффициент переключателя «V/ДЕЛ» и разделить пополам.

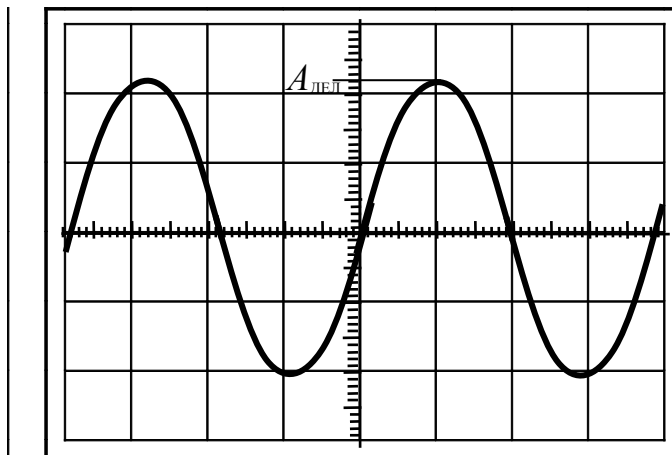



Рис. 1

Предположим, масштабный коэффициент переключателя «V/ДЕЛ» - 5, тогда амплитуда синусоидального сигнала, изображенного на рисунке, определится формулой

$$A[\text{в}] = \frac{A_{\text{ДЕЛ}} \cdot k_{V/\text{ДЕЛ}}}{2} = \frac{4,2 \cdot 5}{2} = 10,5\text{в}$$

3.2.8. Для измерения периода и частоты синусоидального сигнала установить переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» в такое положение, при котором на экране наблюдается минимальное количество периодов сигнала.

3.2.9. Для измерения периода  $T$  синусоидального сигнала совместить ручкой горизонтального перемещения изображения «» начало изображения синусоиды с началом координат сетки, затем определить в делениях (целых и долях) величину периода  $T$  (Рис. 2).

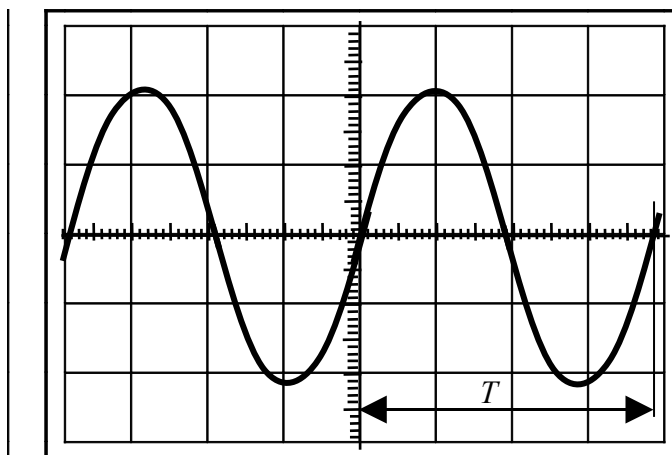


Рис. 2

Полученную величину умножаем на значение коэффициента развертки «ВРЕМЯ/ДЕЛ».

Частоту сигнала вычислим по формуле  $f = \frac{1}{T}$ .

3.2.10. Зарисовать две осциллограммы и показать на них процесс определения периода и амплитуды колебаний.

### 3.3. Работа с универсальным цифровым вольтметром.

3.3.1. Ознакомиться с назначением переключателей и ручек управления на передней панели вольтметра.

3.3.2. Включить вольтметр тумблером «СЕТЬ».

3.3.3. Произвести калибровку вольтметра, для чего переключатель рода работ перевести в положение «▲». Ручкой «▲» установить на табло калибровочное число (указано на табличке передней панели прибора).

3.3.4. Произвести установку нуля прибора. Для этого переключатель рода работ перевести в положение «0». Ручкой «0» установить на табло показатель «0000» с равновероятным изменением знака полярности.

3.3.5. Подключить измерительный кабель к клеммам « $\cong U$ », «0» и «ЭКРАН», проследив за тем, чтобы провод экранной оболочки был соединен с двумя последними клеммами.

3.3.6. При измерении активного сопротивления предварительно необходимо выполнить пункты 3.3.2 – 3.3.4.

3.3.7. Подключить измерительный кабель к клеммам «R-R». Для повышения точности измерений проверить установку нуля прибора при замкнутых накоротко проводниках кабеля.

3.3.8. Переключатель рода работ перевести в положение «R». Прибор готов к измерению величины активного сопротивления.

### 3.4. Проведение измерений.

3.4.1. Собрать схему измерений в соответствии с рис. 3, обращая внимание на то, чтобы провода экранных оболочек измерительных кабелей соединялись с корпусными клеммами приборов.

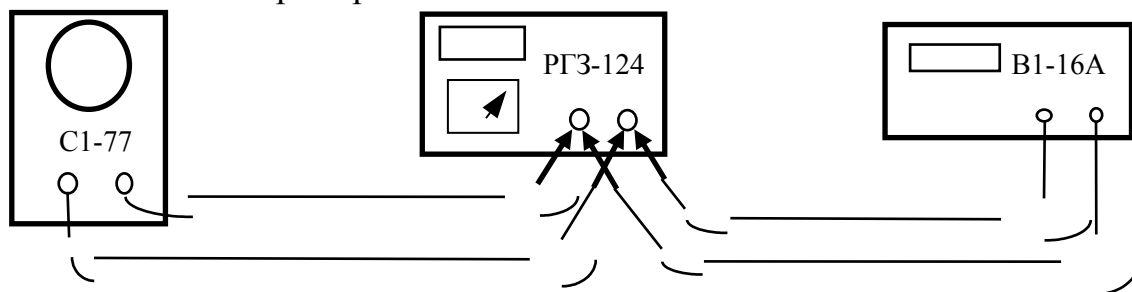


Рис. 3.

3.4.2. По указанию преподавателя установить частоту и напряжение колебаний генератора. Данные занести в табл. 1 и 3.

3.4.3. Определить период, частоту и амплитуду напряжения синусоидальных колебаний осциллографом С1-77, результаты занести в табл. 1, 2, 3.

Таблица 1	
Прибор	Напряжение (В)
Осциллограф	
Вольтметр	
Абс. погрешность	
Отн. погрешность(%)	

Таблица 2	
Прибор	Напряжение (В)
Вольтметр	
Генератор	
Абс. погрешность	
Отн. погрешность(%)	

Таблица 3	
Прибор	Частота (Гц)
Генератор	
Осциллограф	
Абс. погрешность	
Отн. погрешность(%)	

3.4.4. Определить величину напряжения синусоидальных колебаний цифровым вольтметром В1-16А, результаты занести в табл. 2 и 3.

### 3.5. Расчет погрешности измерений.

Всякое измерение, как бы тщательно оно не было произведено, неизбежно сопровождается погрешностями, которые в той или иной степени искажают результат измерений. Поэтому при всяком измерении определяется только приближенное значение измеряемой величины  $A$ . Поскольку истинное значение физической величины экспериментально определить невозможно, вместо него используют действительное значение  $Q$ , т.е. такое, которое максимально приближается к истинному значению. Обычно действительное значение физической величины получают с помощью измерения её посредством высокоточных (эталонных) средств измерения.

Абсолютной погрешностью измерения называется разность между измеренным значением физической величины  $A$  и её действительным значением  $Q$ .

$$\Delta x = A - Q$$

Абсолютная погрешность имеет ту же размерность, что и измеренная величина и может быть положительной или отрицательной.

Относительная погрешность

$$\gamma = \frac{\Delta x}{Q} \cdot 100\%$$

выражается обычно в процентах. Она более объективно характеризует качество измерения и, являясь безразмерной величиной, позволяет сравнивать по точности результаты измерений различных физических величин.

Для нормирования погрешности средств измерения применяется приведенная погрешность

$$x_{np} = \frac{\Delta x}{x_k} \cdot 100\%$$

где  $x_k$  - величина протяженности диапазона измерения прибора.

Приведенная погрешность удобна тем, что для многопредельных средств измерений она имеет одно и то же значение для всех точек каждого поддиапазона.

Более подробные сведения о погрешности измерений можно найти в [4].



3.5.1. Вычислить абсолютную  $\delta$  и относительную  $\gamma$  погрешности измерения напряжения синусоидальных колебаний осциллографом, принимая за эталонный прибор цифровой вольтметр. При вычислениях учесть, что шкала вольтметра проградуирована в действующих значениях напряжения, которые меньше амплитудных в  $\sqrt{2}$  раз.

$$\delta = U_O - \sqrt{2} U_B$$

где  $\delta$  - абсолютная погрешность измерения;

$U_O$  - величина напряжения, измеренная осциллографом;

$U_B$  - величина напряжения, измеренная вольтметром.

$$\gamma = \frac{\delta}{U_O} \cdot 100\%$$

где  $\gamma$  - относительная погрешность измерений в %.

3.5.2. Вычислить абсолютную и относительную погрешность измерения частоты синусоидальных колебаний по формулам, аналогичным (1) и (2). За эталонный прибор принять цифровой измеритель частоты генератора.

3.5.3. Вычислить абсолютную и относительную погрешность измерения напряжения синусоидальных колебаний стрелочным прибором генератора, принимая за эталонный прибор универсальный стрелочный прибор. При этом следует учесть, что оба прибора проградуированы в действующих значениях напряжения.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных в лабораторной работе исследований знакомятся с основными методами измерения параметров синусоидальных колебаний в электрических цепях с применением частотных генераторов, электронных осциллографов и вольтметров.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите область применения осциллографа.
2. Объясните принцип работы осциллографа.
3. Назовите основные блоки и элементы осциллографа.
4. Объясните по осциллограмме методику измерения амплитуды синусоидальных колебаний
5. Объясните методику измерения периода и частоты синусоидальных колебаний с применением осциллографа.
6. Назовите область применения генераторов синусоидального напряжения.
7. Объясните устройство и принцип работы генератора ГЗ-124.
8. Каковы преимущества цифровых вольтметров перед стрелочными?
9. Объясните методику калибровки и измерения напряжения вольтметром В1-16А.
10. Как производится измерение активных сопротивлений вольтметром В1-16А?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Осциллографические измерения: Метод. указания. / Сост. А. Н. Шилин; Волг.ГТУ. – Волгоград, 1993. – 21 с.
2. Низкочастотный генератор сигналов: Метод. указания. / Сост. А. М. Сухо-руков; ВолгГТУ. – Волгоград, 1993. – 9 с.
3. Цифровой вольтметр: Метод. указания. / Сост. П. П. Бобков; ВолгГТУ. – Волгоград, 1993. – 18 с.
4. Основы теории измерений: Учебное пособие. Сост. А. Н. Шилин, С. Б. Сластинин, В. С. Юрьев; ВолгГТУ. – Волгоград, 1998. – 68 с.

Составители:

Александр Николаевич Шилин  
Станислав Борисович Сластинин  
Сергей Владимирович Поляков

Редактор Е. И. Кагальницкая  
Темплан 2001 г. Поз. № 129

Подписано в печать 13.07.01г. Формат 60х84 1/16  
Бумага газетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,69  
Уч. -изд.л. 0,6 Тираж 200 экз. Заказ \_\_\_\_\_ Бесплатно.

Волгоградский государственный технический университет.  
400131 Волгоград, пр. Ленина, 28.

РПК «Политехник» Волгоградского государственного технического университета.  
400131 Волгоград, ул. Советская, 35