

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
среднего и профессионального образования  
«АРХАНГЕЛЬСКИЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ  
ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I  
(ГОУ СПО «АЛТК Императора Петра I)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ПРОВЕДЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
по дисциплине  
«ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»**

Для специальности 140613 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования

Составитель: Е.Л. Попова, преподаватель ГОУ СПО «АЛТК Императора Петра I»

Рецензенты: С.В. Бабкин, преподаватель ГОУ СПО «АЛТК Императора Петра I»  
Л.П. Шестаков, преподаватель Архангельского морского рыбопромышленного колледжа.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии 140613

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г. протокол № \_\_\_\_\_

Зам. председателя

В.Н. Щетинин

## **Предисловие**

Методические указания предназначены для студентов 2 курсов очной формы обучения специальности 140613.

В теоретической части приводятся сведения по предлагаемой лабораторной работе на основе минимума содержания по данному разделу дисциплины, пояснительные схемы, формулы, рисунки и характеристики.

В экспериментальной части приведены необходимые для выполнения лабораторных работ характеристики измерительных приборов и оборудования: методика их применения и порядок (ход) выполнения работы.

# Лабораторная работа №1

## «Поверка рабочего амперметра»

### 1 Цель работы

Ознакомиться с методикой поверки показывающих приборов прямого действия для выявления соответствия прибора обозначенному на нем классу точности.

### 2 Пояснения к работе

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

- назначение поверки;
- процесс проведения поверки.

уметь:

- делать выводы о пригодности прибора;
- определять приведенную и абсолютную погрешность.

### 3 Теоретические сведения

Поверка – установление пригодности системы измерения к применению или определение соответствия прибора нормам или требованиям ГОСТа. Для поверки СИ используют СИ классом точности на четыре порядка выше.

Отклонение результата от истинного значения называется погрешностью. Погрешности делятся по:

- способу выражения (абсолютная, относительная, приведенная погрешности);
- причине и условиям возникновения (основная, дополнительная погрешности);
- характеру изменения (систематическая, случайная погрешности и промахи);
- зависимости от значения измеряемой величины (аддитивная, мультипликативная погрешности).
- влиянию характера изменения измеряемой величины (статическая, динамическая погрешности).

При поверке учитывают абсолютную и приведенную погрешности

Абсолютная погрешность – погрешность СИ, выраженная в единицах измеряемой физической величины:

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_{\text{д}}$$

Приведенная погрешность – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности СИ к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона:

$$\gamma_{\text{приве}} = (\Delta X / X_{\text{норм}}) \cdot 100\%$$

### 4 Задание

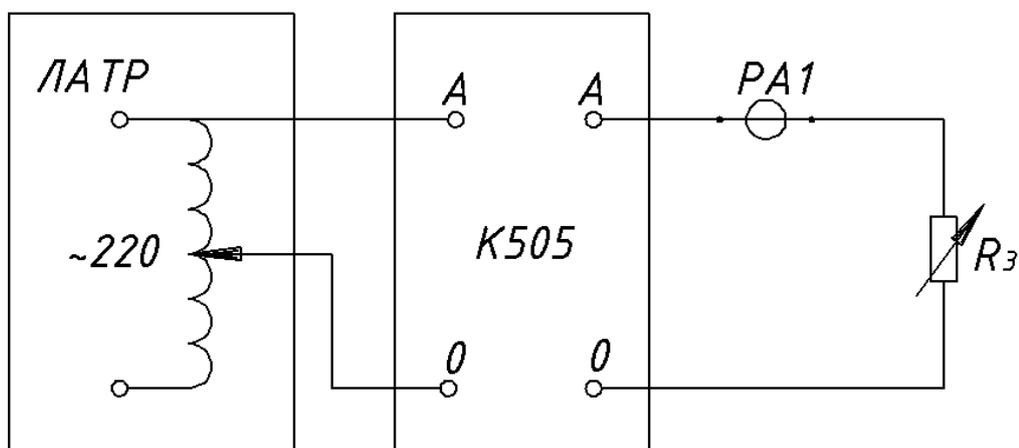
Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- изучить теорию, состав оборудования;
- ответить на программированные вопросы;
- доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

### 5 Работа в лаборатории

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде



**Рисунок 1 – Схема лабораторной установки**

Ход работы:

- 1 Ознакомиться с приборами, аппаратурой и схемой работы.
- 2 Собрать схему (рис. 1) и предъявить для проверки руководителю.
- 3 Включить питание и регулятором «ЛАТР» плавно переместить стрелку РА 7 от «0» до «1» и обратно (трение стрелки должно отсутствовать).
- 4 Прогреть прибор в течении 15 мин. током, соответствующим номинальному значению шкалы. После выключения проверить, находится ли указатель на нулевой отметке шкалы.
- 5 Указатель испытуемого прибора установить последовательно на всех числовых отметках шкалы сначала при возрастании измеряемой величины от «0» до «max» и затем по тем же точкам при убывании от «max» до «0». По эталонному прибору определить действительное значение измеряемой величины на этих отметках.
- 6 Вычислить абсолютные и приведенные погрешности и поправки, выбирая для этого большее значение для каждой пары абсолютной погрешности, полученной для данной точки.

Вычислить вариацию показаний:

$$\Delta X = X_{II} - X$$

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_n} \cdot 100\%$$

$$-\Delta X = X - X_{II}$$

$$\sigma_{вар.} = \frac{\gamma_{восх.} - \gamma_{нисх.}}{X_n} \cdot 100\%$$

$\Delta X$  - абсолютная погрешность

$X_{II}$  - показания поверяемого прибора

$X$  - показания эталонного прибора

$\gamma$  - приведенная погрешность в %

$X_n$  - нормирующее значение поверяемого прибора

$-\Delta X$  - поправка

$\sigma_{вар.}$  - вариация показаний в %

- 7 Результаты показаний и вычислений занести в таблицу.

Таблица 1

№ п/п	Показания поверяемого прибора (А)	Показания эталонного прибора (А)		Абсолютная погрешность $\Delta X$ (А)		Приведенная погрешность $\gamma$ (%)		Вариации показаний $\sigma_{var}$ (%)
		при $\uparrow$	при $\downarrow$	при $\uparrow$	при $\downarrow$	при $\uparrow$	при $\downarrow$	
1	0							
2	0,1							
3	0,2							
4	0,3							
5	0,4							
6	0,5							
7	0,6							
8	0,7							
9	0,8							
10	0,9							
11	1,0							

8 По данным опыта и расчетов построить кривую поправок в зависимости от показаний поверяемого прибора –  $\Delta X = f(X_{п})$

9 Проверить, не превосходят ли полученные погрешности прибора пределов допустимых для него основных абсолютных погрешностей и вариаций показаний.

## 6 Содержание отчета

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схему лабораторной установки
- 4 Таблицу измерений (таблица 1)
- 5 Кривую поправок –  $\Delta X = f(X_{п})$
- 6 Ответы на контрольные вопросы
- 7 Вывод

## 7 Контрольные вопросы

- 1 Какие операции выполняются при поверке прибора прямого действия?
- 2 По какой погрешности определяют класс точности прибора?
- 3 Что такое вариация прибора?
- 4 Как классифицируются погрешности измерений?
- 5 Почему при поверке приборов различных систем, кроме магнитоэлектрической, рекомендуется применять в качестве эталонного электродинамической системы?
- 6 Перечислите системы измерительных приборов, пригодных для работы:
  - а) только на постоянном токе;
  - б) только на переменном токе;
  - в) как на постоянном, так и на переменном токе.
- 7 В каких случаях оправдано применение приборов электронной системы в качестве эталонных?
- 8 Как выбирают эталонный для поверки? (с каким классом точности?)

## 8 Список использованных источников

- 1 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

## **Лабораторная работа №2**

### **«Расширение пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы при помощи шунтов и добавочных сопротивлений»**

#### **1 Цель работы**

Изучить способы расширения пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы (амперметров и вольтметров).

#### **2 Пояснения к работе**

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

- область применения добавочных сопротивлений и шунтов;
- схему подключения добавочных сопротивлений и шунтов.

уметь:

- определять множитель и коэффициент шунтирования;
- рассчитывать сопротивление шунта и добавочного резистора.

#### **3 Теоретические сведения**

Для расширения пределов измерения магнитоэлектрической системы используют измерительные масштабные преобразователи, такие как шунты (расширение диапазона по току) и добавочные резисторы (расширение диапазона по напряжению).

Шунт представляет собой четырехзажимный резистор, для подключения необходимо токовые зажимы включить последовательно в цепь, а к выходным – измерительный прибор. Принцип работы основан на том, что большая часть тока пропускается через шунт, меньшая – через ИМ. Шунты имеют класс точности 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5.

Для того чтобы расширить диапазон измерения по напряжению используют добавочные сопротивления (резисторы). Добавочные сопротивления используют почти со всеми видами систем измерения, кроме электростатических и электронных, а также других приборов с параллельной цепью. Добавочные сопротивления бывают: внутренние (многопредельные) и наружные (индивидуальные, комбинированные).

Добавочные сопротивления работают на постоянном и переменном токе, включаются в цепь последовательно с измерительным прибором, рассчитываются на 150 В.

#### **4 Задание**

Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- а) изучить теорию, состав оборудования;
- б) ответить на программированные вопросы;
- в) доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

#### **5 Работа в лаборатории**

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде

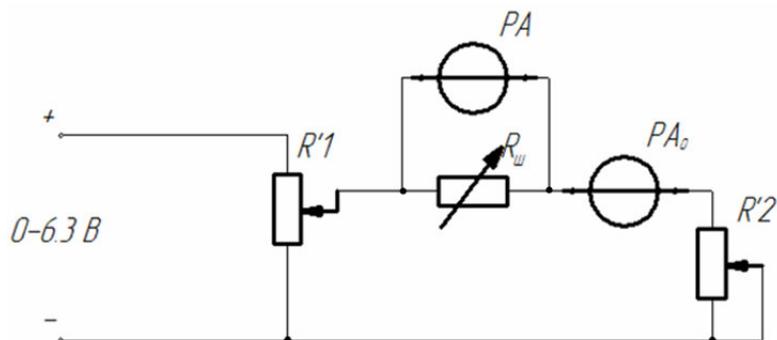


Рисунок 1 – Схема расширения диапазона измерения по току при помощи шунта

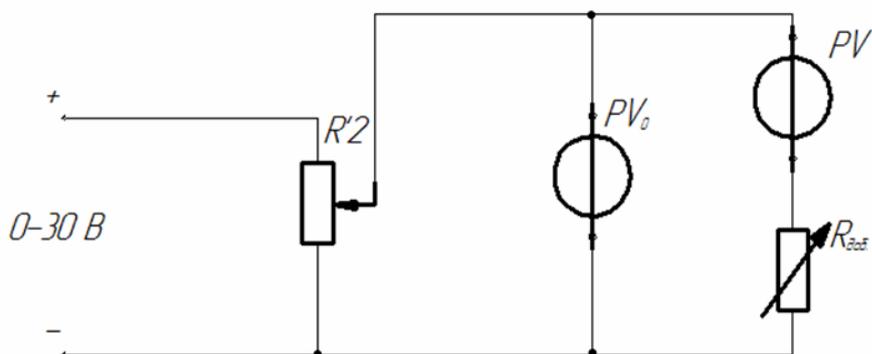


Рисунок 2 – Схема расширения диапазона измерения по напряжению при помощи добавочного сопротивления

Ход работы:

- 1 Рассчитать сопротивление шунта для использования PA при изменении им тока 100 мА и 200 мА по формуле:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}$$

где  $R_A$  - сопротивление измерительного механизма PA ( $R_A = 1,45 \text{ Ом}$ )

$n$  - коэффициент шунтирования, показывающий во сколько раз измеряемый ток больше номинального тока

Результаты расчетов записать в таблицу 1

Таблица 1

Номинальный ток ИМ, (мА)	Предел измерения, (мА)	Коэффициент шунтирования, $n$	Сопротивление шунта (Ом)	
			вычислено	измерено

- 2 Собрать схему (рис. 1) и предъявить для проверки руководителю.  
 PA – миллиамперметр на 50 мА  
 PA<sub>0</sub> – Э 536  
 R<sub>ш</sub> – Р 33
- 3 Установить на магазине R<sub>ш</sub> рассчитанное сопротивление шунта на предел 100 мА  
 Включить источник питания. Изменяя напряжение питания, а также положение движков R'1 и R'2, установить стрелку прибора PA<sub>0</sub> на конечное значение шкалы на предел

100 мА. Изменяя сопротивление  $R_{ш}$ , добиться наибольшей точности показаний РА. Результат эксперимента занести в таблицу 1

Повторить все операции на пределе 200 мА.

- 4 Собрать схему (рис. 2) и предъявить для проверки руководителю.

$PV_0$  – вольтметр (15 В, 50 В)

$PV$  – вольтметр (3 В)

$R_{доб.}$  – Р 33

- 5 Рассчитать сопротивление добавочного резистора для использования  $PV$  при измерении им напряжения 15 В и 30 В по формуле:

$R_{доб.} = R_v (n - 1)$ , где  $R_v$  – сопротивление измеряемого механизма  $PV$  ( $R_v=5900$  Ом)

$n$  – множитель, показывающий во сколько раз необходимо расширить предел измерения им по напряжению. Результаты расчетов записать в таблицу 2.

Таблица 2.

Номинальное напряжение (В)	Предел измерения (В)	Множитель, $n$	Сопротивление добавочного резистора (Ом)	
			вычислено	измерено

- 6 Установить на магазине сопротивлений рассчитанное сопротивление добавочного резистора на предел 15 В.

Включить источник питания. Изменяя напряжение питания, а также положение движка  $R'2$ , установить стрелку прибора  $PV_0$  на конечное значение шкалы на пределе 15 В. Изменяя сопротивление  $R_{доб.}$ , добиться наибольшей точности показаний  $PV$ . Результаты эксперимента занести в таблицу 2.

Повторить все операции на пределе 30 В ( $PV_0$  на 50 В, на отметке 30 В).

## 6 Содержание отчета

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схемы лабораторной установки
- 4 Таблицу измерений (таблица 1,2)
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 6 Вывод

## 7 Контрольные вопросы

- 1 Назначение и типы шунтов.
- 2 Из чего изготавливаются шунты?
- 3 Схема подключения шунта.
- 4 С применением добавочного сопротивления как меняется температурная погрешность?
- 5 Почему шунты не применяют с приборами переменного тока?

## 8 Список использованных источников

- 1 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. / Евтихийев Н.Н., Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н.; под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
- 2 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

## **Лабораторная работа №3** **«Измерительный трансформатор тока»**

### **1 Цель работы**

Изучить принцип действия и устройство измерительных трансформаторов тока.

### **2 Пояснения к работе**

При выполнении лабораторной работы студент должен:

знать:

- назначение измерительного трансформатора тока;
- схему включения измерительного трансформатора тока.

уметь:

- определять коэффициент трансформации ТТ.

### **3 Теоретические сведения**

Измерительные трансформаторы тока и напряжения предназначены для преобразования больших переменных токов и напряжений в меньшие, удобные для измерения обычными аналоговыми электромеханическими приборами, а также для разделения цепей измерительных приборов и цепей высокого напряжения.

Преимущество их применения в сравнении с делителями напряжения и шунтами — меньшее потребление мощности при измерении больших токов и напряжений, обеспечение безопасности для работы обслуживающего персонала.

Измерительные трансформаторы (ИТ) состоят из двух изолированных друг от друга обмоток, помещенных на ферромагнитный сердечник. Принцип действия ИТ совпадает с принципом действия трансформаторов. Во вторичную обмотку трансформаторов тока включаются амперметры, последовательные обмотки счетчиков, ваттметров, цепи релейной защиты и управления; во вторичную обмотку трансформаторов напряжения — вольтметры, параллельные цепи ваттметров, счетчиков и др.

Стационарные измерительные трансформаторы имеют следующие эксплуатационные характеристики: частота переменного тока 50 Гц; номинальное напряжение  $U_{1ном}$  (для трансформаторов напряжения) — от 0,38 до 750 кВ; вторичные напряжения  $U_{2ном}$  — 150; 100;  $100\sqrt{3}$  В; номинальный первичный ток  $I_{1ном}$  трансформаторов тока — 1 А..40 кА, номинальный вторичный ток  $I_{2ном}$  — чаще всего 5 А; номинальная нагрузка вторичной цепи — 2,5; 5; 10; 25; 30; 40; 60; 75; 100 Вт; классы точности трансформаторов тока — 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0; классы точности трансформаторов напряжения - 0,05; 0,01; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0.

### **4 Задание**

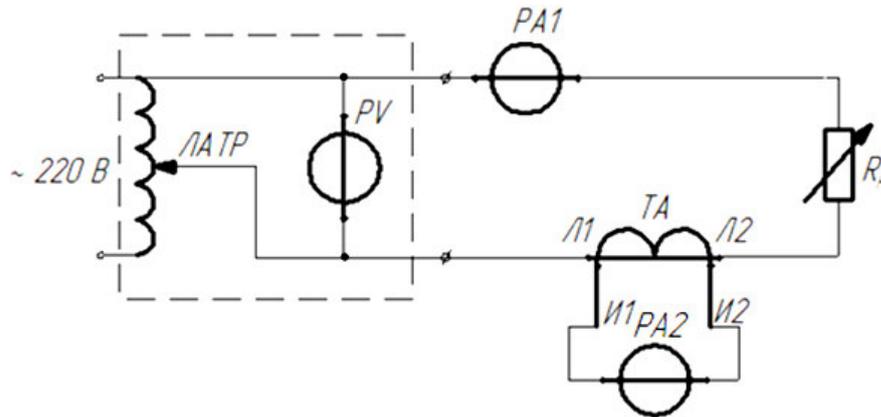
Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- а) изучить теорию, состав оборудования;
- б) ответить на программированные вопросы;
- в) доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

### **5 Работа в лаборатории**

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде



**Рисунок 1 – Схема измерения тока, через измерительный трансформатор**

Ход работы:

- 1 Ознакомиться с приборами и оборудованием, расположенных на стенде и необходимых для выполнения работы. Записать их технические данные.
- 2 Собрать схему (рисунок 1).
- 3 Подать питание на стенд.

При различных значениях первичных токов в пределах 20-100% определить коэффициент трансформации

$$k = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\gamma_k = \frac{k_n - k}{k} \cdot 100\%$$

- 4 Данные экспериментов и вычислений занести в таблицу 1

Таблица 1

№ опыта	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	k	$k_n$	$\gamma_k$	$I_{1н}$ (A)
1						1
2						2
3						5
4						10
5						20

## 6 Содержание отчета

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схему лабораторной установки
- 4 Таблицу измерений (таблица 1)
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 6 Вывод

## 7 Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение измерительных трансформаторов?
- 2 Что является нагрузкой измерительных трансформаторов?
- 3 Какими способами можно уменьшить погрешности трансформаторов тока?

- 4 Почему нельзя размыкать вторичную цепь, включенного в сеть трансформатора тока?
- 5 На что влияет изменение нагрузки трансформатора тока?

## **8 Список использованных источников**

- 1 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. / Евтихийев Н.Н., Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н.; под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
- 2 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

## Лабораторная работа №4

### «Измерение мощности в цепях трехфазного переменного тока»

#### 1 Цель работы

Ознакомиться с методами измерения и приборами, предназначенными для измерения активной мощности в цепях трехфазного переменного тока, при симметричной и несимметричной нагрузке.

#### 2 Пояснения к работе

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

- схему включения ваттметра;
- методы измерения мощности при симметричной и несимметричной нагрузке.

уметь:

- анализировать полученные результаты измерений и вычислений.

#### 3 Теоретические сведения

Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока. Метод одного ваттметра. Этот метод применяют только в симметричной системе с равномерной нагрузкой фаз, одинаковыми углами сдвига по фазе между векторами  $I$  и  $U$  и с полной симметрией напряжений (рисунке 1). На рисунке 1, а нагрузка соединена звездой и нулевая точка доступна. На рис, б нагрузка соединена треугольником и ваттметр включен в фазу. На рисунке 1, в нагрузка соединена треугольником с искусственной нулевой точкой. Искусственная нулевая точка создается с помощью двух резисторов, каждый из которых равен сопротивлению цепи обмотки напряжения ваттметра (указывается в техническом паспорте на ваттметр).

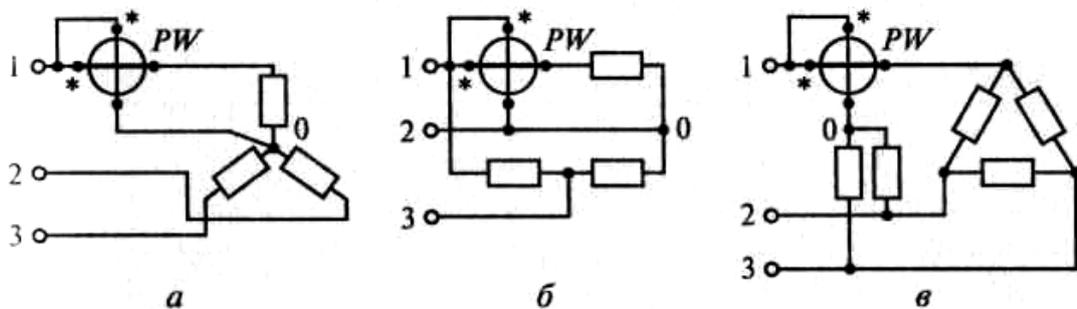


Рисунок 1 – Схемы включения ваттметра в трехфазную трехпроводную цепь при полной симметрии при соединении нагрузки: а — звездой; б — треугольником; в — с искусственной нулевой точкой

Показания ваттметра будут соответствовать мощности одной фазы, а мощность трехфазной сети во всех трех случаях включения прибора будет равна мощности одной фазы, умноженной на три, т.е.  $P = 3PW$ .

Метод двух ваттметров. Этот метод применяют в трехфазной трехпроводной цепи независимо от схемы соединения и характера нагрузки как при симметрии, так и при асимметрии токов и напряжений. Асимметрия — это система, в которой мощности отдельных фаз различны. Токовые обмотки ваттметров включаются в любые две фазы, а обмотки напряжения — на линейные напряжения (рисунок 2).

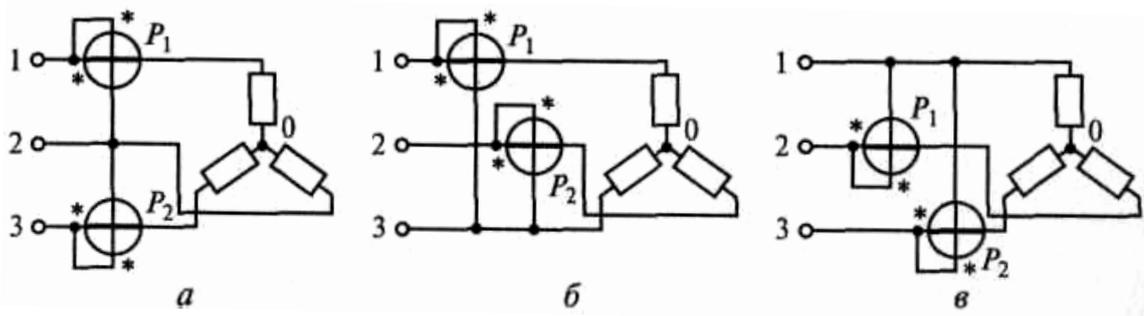


Рисунок 2 – Схемы включения двух ваттметров в трехфазную цепь: *a* — в 1-ю и 3-ю фазы; *б* — в 1-ю и 2-ю; *в* — во 2-ю и 3-ю

Полная мощность может быть выражена в виде суммы показаний двух ваттметров. Так, для схемы, приведенной на рисунке 2, *a*,

$$P = P_1 + P_2 = I_1 U_{12} \cos \psi_1 + I_3 U_{32} \cos \psi_2,$$

где  $\psi$  — угол сдвига фаз между током  $I_1$  и линейным напряжением  $U_{12}$ ,  $\psi_2$  — угол сдвига фаз между током  $I_3$  и линейным напряжением  $U_{32}$ . В частном случае при симметричной системе напряжений и одинаковой нагрузке фаз —  $\psi_1 = 30^\circ - \varphi$  и  $\psi_2 = 30^\circ + \varphi$  — показания ваттметров будут:

$$P_1 = I_1 U_{12} \cos(30^\circ - \varphi); P_2 = I_3 U_{32} \cos(30^\circ + \varphi).$$

При активной нагрузке ( $\varphi = 0$ ) показания будут одинаковы, так как  $P_1 = P_2 = IU \cos 30^\circ$ .

При нагрузке с углом сдвига  $60^\circ$  показания второго ваттметра равны нулю, так как  $P_2 = IU \cos(30^\circ + \varphi) = IU \cos(30^\circ + 60^\circ) = 0$ , и в этом случае мощность трехфазной цепи измеряется одним ваттметром. При нагрузке с углом сдвига  $\varphi$  больше  $60^\circ$  мощность, измеряемая вторым ваттметром, будет отрицательной, так как  $(30^\circ + \varphi)$  больше  $90^\circ$ . В этом случае подвижная часть ваттметров повернется в обратную сторону. Для отсчета необходимо изменить на  $180^\circ$  фазу тока в одной из цепей ваттметра. В этом случае мощность цепи трехфазного тока равна разности показаний ваттметров:

$$P = P_1 + (-P_2) = P_1 - P_2$$

#### 4 Задание

Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- изучить теорию, состав оборудования;
- ответить на программированные вопросы;
- доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

#### 5 Работа в лаборатории

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде

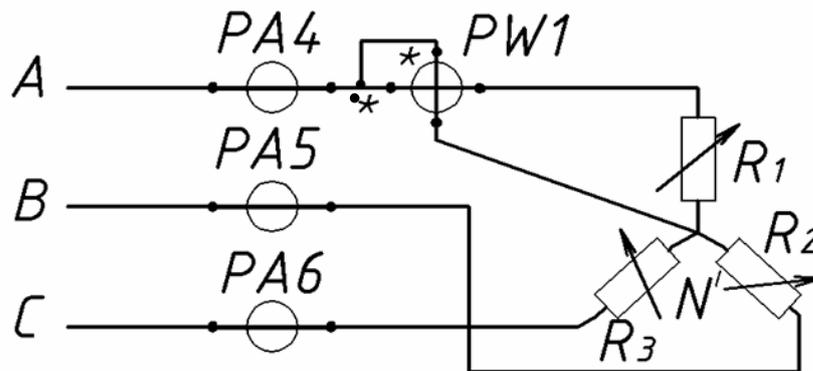


Рисунок 3 – Схема замера активной мощности методом одного прибора

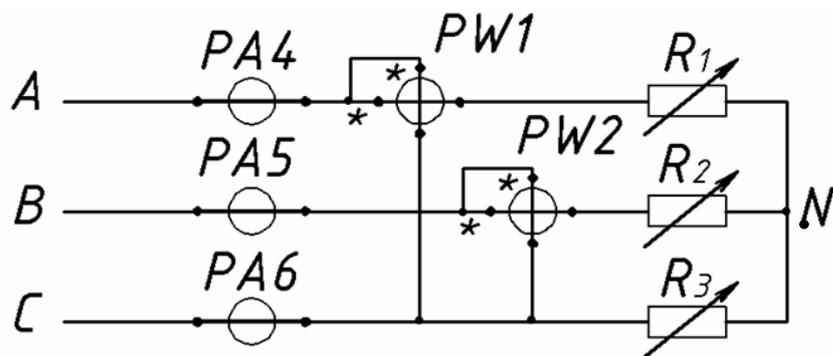


Рисунок 4 – Схема замера активной мощности методом двух приборов

Ход работы:

- 1 Собрать схему (рисунок 3).
- 2 Напряжение по фазам при симметричной нагрузке одинаковое, его измеряют вольтметром (PV1) путем переключения переключателя на фазное напряжение.
- 3 Создать в системе симметричную нагрузку. Замерить амперметрами фазные токи, вольтметром (PV1) фазные напряжения, а ваттметром (PW1) мощность одной фазы. Данные занести в таблицу 1

Таблица 1

Положение реостатов			Измеренные						Рассчитанные			Нагрузка	
			$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$P_A$	$P_B$	$P_C$		$P_{\Sigma}$
$R_1$	$R_2$	$R_3$	A	A	A	B	B	B	Вт	Вт	Вт	Вт	
4	4	4											Симметр.
1	4	5											Несимметр.

- 4 Создать реостатами несимметричную нагрузку, произвести теми же приборами все нужные замеры, заноса данные в таблицу 1
- 5 После производства замеров и расчетов сравнить данные полученные обоими способами (методом замеров и расчетами).
- 6 Замер активной мощности при симметричной нагрузке методом двух приборов.
- 7 Собрать схему (рисунок 4).
- 8 Создать в системе симметричную нагрузку. Амперметрами замерить токи по фазам ( $I_{\phi}$ ), вольтметром (PV1) замерить фазные напряжения, а ваттметрами (PW1, PW2) замерить мощности «А» и «В» Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2.

Положение реостатов			Измеренные						Рассчитанные		Нагрузка		
			$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$P_A$	$P_B$		$P_C$	$P_\Sigma$
$R_1$	$R_2$	$R_3$	A	A	A	B	B	B	Вт	Вт		Вт	Вт
4	4	4											Симметр.
1	4	5											Несимметр.

9 Создать реостатами несимметричную нагрузку, снять показания приборов, занося их в таблицу 2.

10 После производства замеров и расчетов сравнить данные, полученные методом замеров и методом расчетов.

## 6 Содержание отчета

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схемы лабораторной установки
- 4 Таблицы измерений (таблица 1,2)
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 6 Вывод

## 7 Контрольные вопросы

- 1 Какой способ замера мощности 3-х фаз можно применить при симметричной нагрузке?
- 2 Какой способ замера мощности 3-х фаз можно применить при несимметричной нагрузке?
- 3 По какой формуле рассчитывается мощность трехфазной системы при симметричной нагрузке?
- 4 По какой формуле рассчитывается мощность трехфазной системы при несимметричной нагрузке?
- 5 Сколько ваттметров нужно для замера мощности в трехфазной системе, если нагрузка симметричная?
- 6 Нарисовать схему включения ваттметра для замера мощности при симметричной нагрузке, если она собрана в треугольник.

## 8 Список использованных источников

- 1 Методы и средства измерений: учебник для вузов / Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 336 с.
- 2 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. / Евтихийев Н.Н., Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н.; под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
- 3 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

## Лабораторная работа №5 «Измерение сопротивления изоляции и сопротивления заземления»

### 1 Цель работы

Ознакомиться с методами измерения сопротивления изоляции и сопротивления заземления.

### 2 Пояснения к работе

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

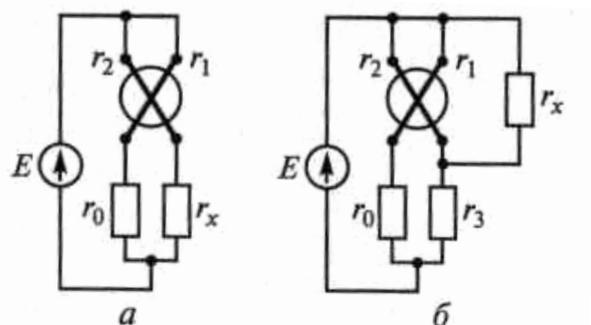
- назначение элементов схемы;
- область применения и устройство мегомметра.

уметь:

- пользоваться мегомметром;
- косвенно вычислять сопротивление заземления.

### 3 Теоретические сведения

Для измерения сопротивления изоляции применяют омметры, мегомметры - логометры магнитоэлектрической системы. В зависимости от измеряемой величины различают 2 схемы – для измерения больших и малых сопротивлений,



**Рисунок 1 – Схемы устройства магнитоэлектрических омметров с логометрическим механизмом**

где  $E$  – напряжение питания;  $r_1$  и  $r_2$  – сопротивления обмоток рамок;  $r_0$  – известное сопротивление;  $r_x$  – неизвестное сопротивление. Независимо от величины напряжения питания  $E$  и при постоянных  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_0$  отклонение подвижной части является однозначной функцией  $r_x$  и шкала прибора может быть проградуирована в единицах сопротивления. В приборах с параллельным включением  $r_x$  при постоянном напряжении  $E$  сила тока  $I_1$  не зависит, а сила тока  $I_2$  зависит от  $r_x$ . Отношение токов  $a$ , следовательно, и угол не зависят от напряжения питания и являются однозначной функцией  $r_x$ , т.е. и здесь шкала может быть проградуирована в омах. Обе схемы обычно объединяют в одном приборе – омметре; переход от одной схемы к другой осуществляется с помощью переключателя.

Изоляция – это один из важнейших факторов состояния электрооборудования, измерения сопротивления заземления проводят методом двух приборов, амперметр + вольтметр. В установках до 1000 В заземление должно быть не ниже 4 Ом, свыше 1000 В – 10 Ом.

### 4 Задание

Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- а) изучить теорию, состав оборудования;
- б) ответить на программированные вопросы;

в) доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

## 5 Работа в лаборатории

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде

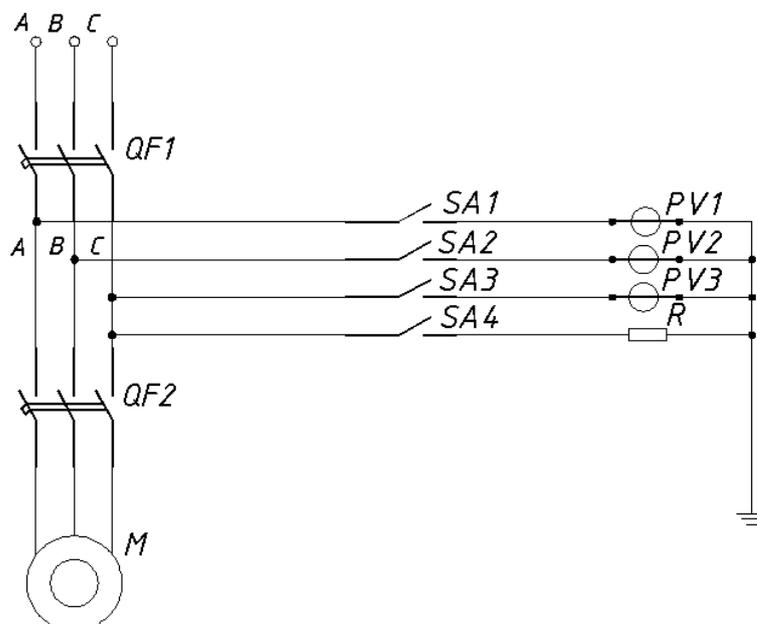


Рисунок 2 – Схема для измерения сопротивления изоляции

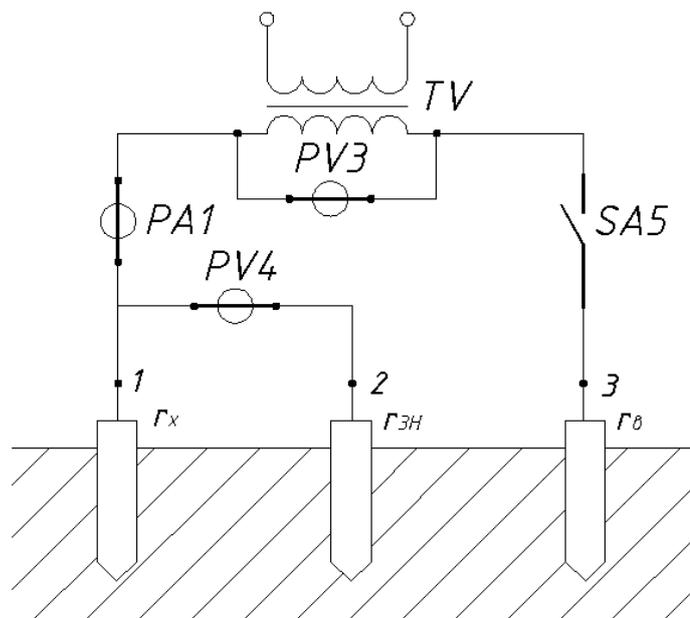


Рисунок 3 – Схема измерения сопротивления заземления

Ход работы:

- 1 Собрать схему (рисунок 2.).
- 2 Включить QF1 (SA1-SA3 – «Вкл.», SA4 – «Выкл.»), убедиться в наличии напряжения.

- 3 Подать питание на электродвигатель (QF2), убедиться в исправности собранной схемы. Отключить электродвигатель.
- 4 Снять показания вольтметров занести в таблицу 1

Таблица 1

Положение SA4	Показания вольтметров (В)		
	PV1	PV2	PV3
«Выкл.»			
«Вкл.»			

- 5 Включить SA4, имитируя пониженное сопротивления изоляции. Снять показания вольтметров и занести в таблицу 1
- 6 Снять питание со стенда (QF1). Сделать вывод по результатам эксперимента.
- 7 Подготовить переносный мегомметр. Провод «земля» присоединить к клемме «⊥» на стенде.
- 8 Измерить сопротивление изоляции фазных проводов линии и «⊥» (потребители электрической энергии должны быть отключены, вольтметры должны быть отключены)
- 9 Измерить сопротивление изоляции между проводами трехфазной линии.
- 10 Разобрать схему. Измерить сопротивление изоляции всех обмоток статора двигателя. (обмотки должны быть разомкнуты). Результаты всех измерений занести в таблицу 2. Сделать вывод по результатам

Таблица 2.

R из. «фаза» - «⊥»			R из. «фаза» - «фаза»			R из. «фаза» - «корпус» эл./двиг.			R из. «фаза» - «фаза» эл./двиг.		
A	B	C	AB	BC	CA	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> -C <sub>1</sub>

- 11 Собрать эквивалентную схему для измерения сопротивления заземления (рисунок 3).
- 12 Пользуясь методом амперметра и вольтметра, определить сопротивление испытуемого заземления. Данные измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3.

U (В)	I (А)	R <sub>x</sub> (Ом)

$$R_x = \frac{U}{I}$$

- 13 Выключить стенд, разобрать схему, сделать вывод по результатам эксперимента.

## 6 Содержание отчета

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схемы лабораторной установки
- 4 Таблицы измерений (таблица 1,2,3)
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 6 Вывод

## 7 Контрольные вопросы

- 1 Перечислите и объясните возможные повреждения в линии, в установках.
- 2 Что называется заземлением, заземлителем?

## **8 Список использованных источников**

- 1 Методы и средства измерений: учебник для вузов / Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 336 с.
- 2 Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. / Евтихий Н.Н., Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н.; под общ. ред. Н.Н. Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
- 3 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

## Лабораторная работа №6 «Изучение и применение цифрового вольтметра»

### 1 Цель работы

Ознакомиться с цифровым прибором и его применением в качестве эталонного прибора для проверки показывающего аналогового вольтметра.

### 2 Пояснения к работе

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

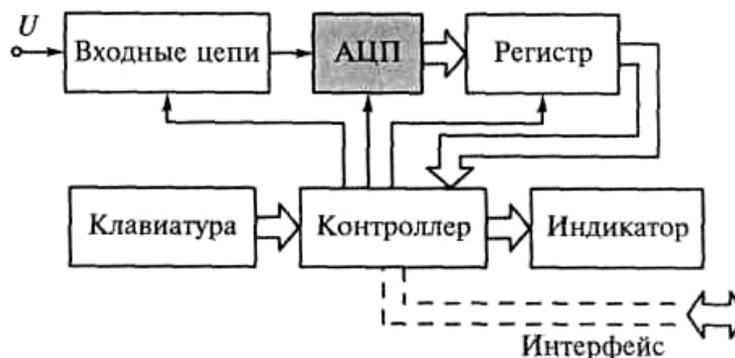
- назначение и устройство цифрового вольтметра;

уметь:

- снимать показания цифровым вольтметром;
- определять классы точности приборов;
- производить процесс поверки прибора.

### 3 Теоретические сведения

Структура ЦВ показана на рисунке 1. На вход прибора подается измеряемое напряжение  $U$  (постоянное или переменное, в частности, периодическое).



**Рисунок 1 – Упрощенная структура цифрового вольтметра**

Входные цепи ЦВ предназначены для преобразования входного напряжения в унифицированный сигнал, обычно — в небольшое напряжение постоянного тока, пропорциональное значению информативного параметра измеряемой величины (например, действующему значению периодического напряжения). В общем случае во входных цепях ЦВ выполняются функции усиления, ослабления, выпрямления, фильтрации, коммутации сигнала, защиты от перегрузки и др. Например, входное периодическое напряжение с помощью выпрямителя преобразуется в постоянное напряжение, сигнал малого уровня усиливается, сигнал большого уровня ослабляется и т.д. Основным узлом прибора — аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который автоматически реализует переход от аналоговой формы входной величины к цифровой форме выходной величины (т.е. к пропорциональному коду). В ЦВ для статических измерений применяются, как правило, интегрирующие АЦП. Результат этого преобразования временно хранится в запоминающем регистре. Контроллер управляет работой всех узлов прибора. Взаимодействие человека (оператора) с прибором осуществляется с помощью клавиатуры и индикатора. Клавиатура позволяет задавать режимы работы ЦВ. Цифровой индикатор показывает результаты измерения. В структуре прибора может быть предусмотрен интерфейс, позволяющий прибору общаться с внешними устройствами, в частности с компьютером.

#### 4 Задание

Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- изучить теорию, состав оборудования;
- ответить на программированные вопросы;
- доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

#### 5 Работа в лаборатории

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде

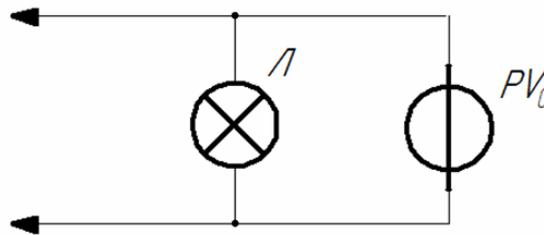


Рисунок 2 – Схема измерения напряжений

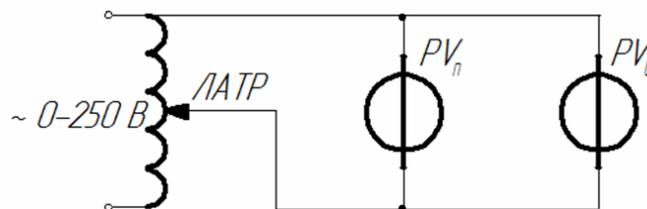


Рисунок 3 – Схема проверки показывающего вольтметра цифровым прибором

Ход работы:

- Приобрести навыки пользования цифровым прибором, для этого произвести измерение постоянных и переменных напряжений, имеющихся на стенде. Результаты измерений занести в таблицу 1

Таблица 1

Напряжение										
0-250	0-30		0-6,3		0-120	0-250	127	220	A-B	A-O
-	~	-	~	-	-	~	~	~	~	~

- Собрать схему по рисунку 3.
- Включить питание и с помощью регулятора (ЛАТР) плавно переместить стрелку от нулевого показания до «max» и обратно (трение стрелки должно отсутствовать). Прогреть прибор в течении 15 минут током соответствующим номинальному значению измеряемой величины. После выключения питания проверить находится ли указатель на нулевой отметке шкалы.
- Определить основную погрешность и вариации показаний поверяемого прибора. Для этого:
  - плавно увеличивая напряжение, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы и записывают соответствующие им пока-

заяния эталонного прибора; указатель должен каждый раз подходить к отметке шкалы с одной стороны.

б) дойдя до максимальной отметки шкалы, необходимо дать небольшую перегрузку, чтобы указатель дошел до упора, а затем, плавно уменьшая значение напряжения, вновь устанавливают (также с одной стороны) указатель поверяемого прибора на каждую числовую отметку и записывают соответствующие показания эталонного прибора в таблицу 2.

Таблица 2.

№ п/п	Показания поверяемого прибора (В)	Показания эталонного прибора (В)		Абсолютная погрешность $\Delta X$ (В)		Приведенная погрешность $\gamma$ (%)		Вариации показаний $\sigma_{вар}$ (%)
		при $\uparrow$	при $\downarrow$	при $\uparrow$	при $\downarrow$	при $\uparrow$	при $\downarrow$	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								

5 Вычислить абсолютные и приведенные погрешности и поправки, выбирая для этого большее значение для каждой пары абсолютных погрешностей для данной точки. Вычислить вариации показаний.

$$\Delta X = X_{II} - X$$

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_n} \cdot 100\%$$

$$-\Delta X = X - X_{II}$$

$$\sigma_{вар.} = \frac{\gamma_{восх.} - \gamma_{нисх.}}{X_n} \cdot 100\%$$

$\Delta X$  - абсолютная погрешность (в единицах измеряемой величины)

$X_{II}$  - показания поверяемого прибора

$X$  - показания эталонного прибора

$\gamma$  - приведенная погрешность в %

$X_n$  - нормирующее значение поверяемого прибора

$-\Delta X$  - поправка

$\sigma_{вар}$  - вариация показаний в %

6 Результаты вычислений занести в таблицу 2.

7 По данным опыта и расчетов, построить кривую поправок в зависимости от показаний поверяемого прибора  $-\Delta X = f(X_{II})$

Проверить, не превосходит ли полученные погрешности прибора, пределов допускаемых для него основных абсолютных погрешностей и вариаций показаний.

## **6 Содержание отчета**

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схемы лабораторной установки
- 4 Таблицы измерений (таблица 1,2)
- 5 Графики зависимостей
- 6 Ответы на контрольные вопросы
- 7 Вывод

## **7 Контрольные вопросы**

1. Что такое цифровой прибор?
2. Начертить обобщенную структурную схему цифрового вольтметра.
3. Какие знаете цифровые измерительные приборы по виду измеряемой величины?
4. Перечислить достоинства и недостатки ЦИП.
5. В каких случаях оправдано применение ЦИП в качестве эталонных?

## **8 Список использованных источников**

- 1 Методы и средства измерений: учебник для вузов / Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 336 с.
- 2 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

# Лабораторная работа №7

## «Измерение коэффициента мощности в цепи однофазного переменного тока»

### 1 Цель работы

Ознакомиться с методами измерения коэффициента мощности в цепи однофазного переменного тока при различных нагрузках, способами его повышения и его роль в электротехнических установках.

### 2 Пояснения к работе

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

- схему включения фазометра;
- параметры R,L,C цепи

уметь:

- определять коэффициент мощности;
- снимать показания фазометра.

### 3 Теоретические сведения

Два периодических сигнала одной частоты (например, напряжения и тока в цепи) могут быть сдвинуты во времени по отношению друг к другу на некоторый интервал  $\Delta t$ . Если сигналы синусоидальны, то можно говорить об угле сдвига фаз (фазовом сдвиге)  $\varphi$  (Рисунок 1).

Фазовый сдвиг  $\varphi$  измеряется обычно в градусах, °:

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} 360,$$

где  $\Delta t$  – временной сдвиг между сигналами;  $T$  — период.

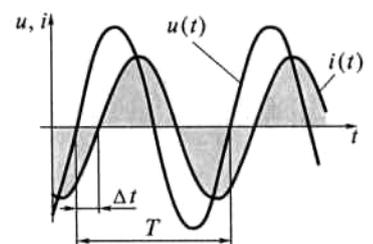
Параметры  $\cos\varphi$  и коэффициент мощности  $k_m$  (Power Factor — PF) определяют эффективность преобразования, передачи и использования электрической энергии. Чем ближе к единице значения этих параметров, тем лучше (т. е. тем выше эффективность использования электрической энергии).

Формально понятие  $\cos\varphi$  можно использовать только для синусоидальных сигналов. Однако на практике им часто пользуются в предположении, что форма реальных сигналов достаточно близка к синусоиде.

Нагрузка в реальной электрической цепи не является ни чисто активной, ни чисто реактивной, а представляет собой комплексное сопротивление. Если нагрузка имеет индуктивный характер (т.е. комплексное сопротивление нагрузки содержит активную и индуктивную составляющие), то синусоидальный ток в цепи отстает от приложенного синусоидального напряжения на некоторый угол  $\varphi$ , определяемый соотношением активной и индуктивной составляющих. При емкостном характере нагрузки ток в цепи опережает напряжение на угол, также зависящий от соотношения активной и емкостной составляющих. Именно угол  $\varphi$  определяет соотношение между активной и реактивной мощностями. Чем ближе к нулю значение  $\varphi$  (чем ближе к единице значение  $\cos\varphi$ ), тем лучше.

Для более общего случая, т. е. для сигналов любых форм, применяется понятие коэффициента мощности  $k_m$ , который определяется отношением активной мощности  $P$  к полной  $S$ . Коэффициент  $k_m$  находится так:

$$k_m = P / S = P / (U_{с.к.} I_{с.к.}).$$



**Рисунок 1 –  
Фазовый сдвиг**

#### 4 Задание

Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- изучить теорию, состав оборудования;
- ответить на программированные вопросы;
- доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

#### 5 Работа в лаборатории

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде

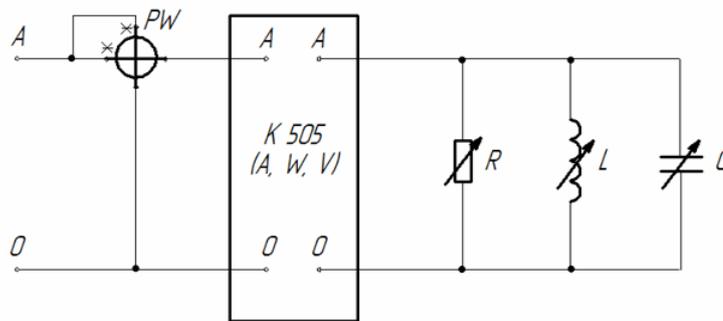


Рисунок 2 – Схема лабораторной установки

Ход работы:

- Собрать схему по рисунку 2.
- Включить питание стенда автоматическим выключателем. Подключить активную нагрузку с помощью SA1 в положении 1 Снять показания приборов и занести в таблицу 1
- Подключить активно-индуктивную нагрузку SA3. Снять показания приборов и занести в таблицу 1
- С помощью магазина емкостей SA2 добиться наилучшей компенсации реактивной мощности. Снять показания приборов и занести в таблицу 1

Таблица 1

Вид нагрузки	Измерено			Вычислено		
	показания фазометра	I (A)	U1 (B)	P (Вт)	$S = UI$ (ВА)	$\cos \varphi = \frac{P}{S}$
R						
R-L						
R-L-C						

- Подсчитать для каждого измерения значения S и  $\cos \varphi$ . Сравнить полученные результаты с показаниями фазометра. Сделать сравнение  $\cos \varphi$  для всех опытов.

#### 6 Содержание отчета

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схемы лабораторной установки
- 4 Таблица измерений (таблица 1)
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 7 Вывод

## **7 Контрольные вопросы**

- 1 Каково устройство и принцип действия фазометра?
- 2 Перечислите методы измерения коэффициента мощности.
- 3 Как влияет  $\cos\varphi$  на энергетические показатели предприятий?
- 4 Какие способы существуют для повышения  $\cos\varphi$  в электроустановках?

## **8 Список использованных источников**

- 1 Методы и средства измерений: учебник для вузов / Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 336 с.
- 2 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

## Лабораторная работа №8 «Однофазный счетчик энергии»

### 1 Цель работы

Изучить принцип действия, устройство и характеристики индукционных счетчиков электрической энергии.

### 2 Пояснения к работе

При выполнении лабораторной работы студент должен знать:

- устройство однофазного счетчика.

уметь:

- оценивать работу счетчика, включенного через измерительный трансформатор тока;  
- снимать показания приборов.

### 3 Теоретические сведения

Принцип действия индукционных приборов основан на взаимодействии двух или нескольких переменных магнитных потоков с токами, индуцированными в подвижном проводнике (например, диске). Типичным представителем этой системы является классический индукционный счетчик – измеритель активной энергии.

Рассмотрим устройство и принцип действия индукционного однофазного счетчика активной энергии. На рисунке 1 показана упрощенная конструкция такого прибора. Основными элементами прибора являются два магнитопровода со своими обмотками (напряжения и токовой), вращающийся диск и счетный механизм. Как и ваттметр, счетчик содержит обмотки тока и напряжения. Включается счетчик в цепь так же, как и ваттметр.

Схема и векторная диаграмма поясняют принцип действия этого прибора.

Рассмотрим работу счетчика на примере входных сигналов напряжения и тока синусоидальной формы с действующими значениями, равными, соответственно,  $U$  и  $I$ . Входное напряжение  $U$ , приложенное к обмотке напряжения 2, создает в ней ток  $I_u$ , имеющий по отношению к напряжению  $U$  сдвиг по фазе, близкий к  $90^\circ$  (из-за большого индуктивного сопротивления этой обмотки). Ток  $I_u$  рождает магнитный поток  $\Phi_u$  в среднем сердечнике магнитопровода обмотки напряжения 1. Этот поток  $\Phi_u$  делится на два потока: нерабочий поток  $\Phi_{u1}$  который замыкается внутри магнитопровода 1; и основной поток  $\Phi_{u2}$ , пересекающий диск 6, закрепленный на оси 7 и вращающийся вместе с ней. Этот основной поток замыкается через противоположный полюс 5.

Входной ток  $I$ , текущий в обмотке тока 4, создает в магнитопроводе 3 магнитный поток  $\Phi_I$ , который дважды пересекает диск 6.

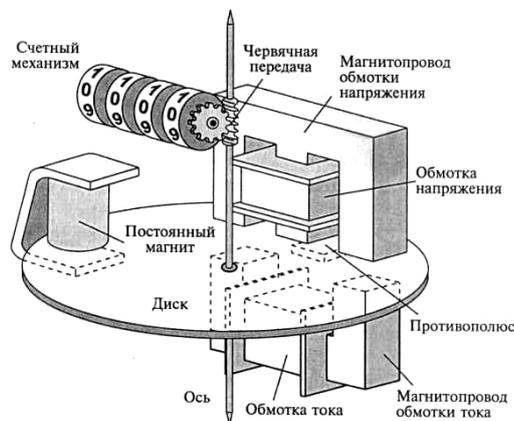
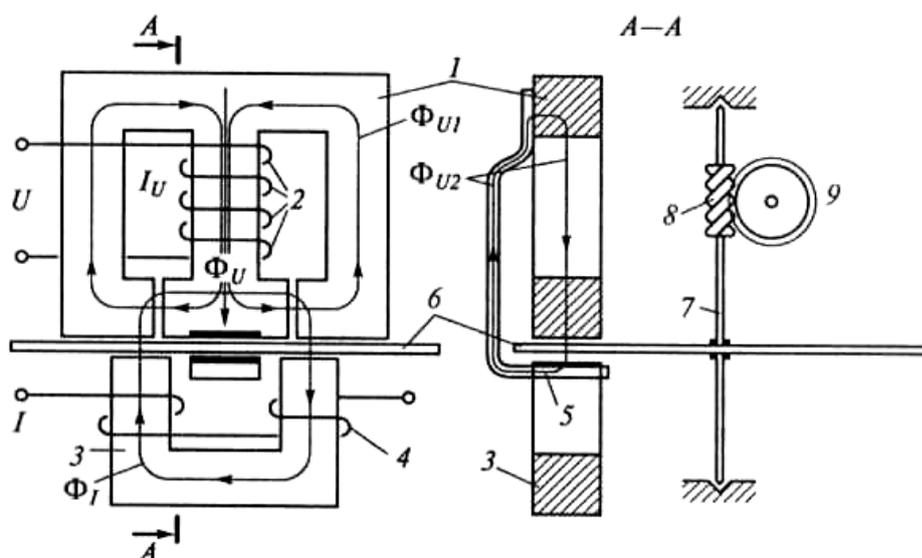


Рисунок 1 – Упрощенная конструкция индукционного однофазного счетчика



**Рисунок 2 – Схема, поясняющая принцип действия счетчика:**

- 1 – магнитопровод обмотки напряжения; 2 – обмотка напряжения;  
 3 – магнитопровод обмотки тока; 4 – обмотка тока; 5 – противоположус; 6 – диск; 7 – ось;  
 8 – червячная передача; 9 – счетный механизм

Таким образом, диск пересекают два магнитных потока  $\Phi_{U2}$  и  $\Phi_I$  с совпадающих в пространстве и имеющих фазовый сдвиг  $\psi$ . При этом и диске возникает вращающий момент  $M$ .

Для получения результата определения потребленной активной энергии достаточно проинтегрировать значения текущей мощности. Это интегрирование реализовано счетным механизмом 9, связанным с осью 7 червячной передачей 8.

Постоянный магнит служит для создания тормозного момента и обеспечения угловой скорости вращения, пропорциональной текущему значению активной мощности. Кроме того, в реальной конструкции есть элементы, обеспечивающие дополнительный момент, компенсирующий момент трения, а также элементы устранения «самохода».

#### 4 Задание

Изучить методические рекомендации по проведению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы:

- изучить теорию, состав оборудования;
- ответить на программированные вопросы;
- доложить преподавателю о готовности к проведению работы и получить разрешение к работе.

#### 5 Работа в лаборатории

Экспериментальная часть проводится в лаборатории измерительной техники, на лабораторном стенде

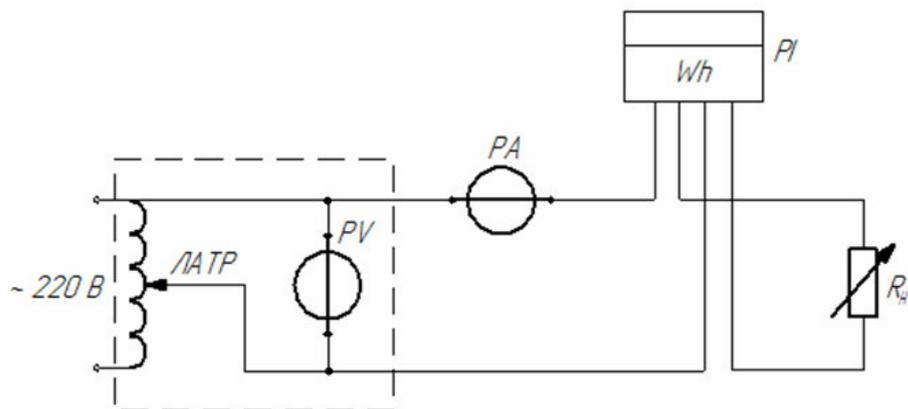


Рисунок 1 – Схема установки.

Ход работы:

- 1 Собрать схему по рисунку 1
- 2 Проверить счетчик на отсутствие самохода. Для этого при  $I = 0$  (нагрузка включена) по вольтметру с помощью регулятора напряжения установить напряжение питания счетчика равное  $110\% U_{ном}$ . Если при этом диск счетчика не совершает более одного оборота, то самоход у счетчика отсутствует.
- 3 Определить относительную погрешность счетчика при  $U = U_{ном}$ . и  $I = I_{ак}$ . (при полностью выключенной нагрузке)

$$\delta = \frac{W_{сч}}{W} \cdot 100\%$$

Перед включением счетчика  $W_0 =$

Показания счетчика после 15 минут работы  $W_{15}$ , где  $W_{сч} = W_{15} - W_0$  – значение учтенной счетчиком энергии за 15 минут.

$W = P$  (кВт/час) – действительное значение энергии за 15 минут.

(определяем по показаниям вольтметра и амперметра)

- 5 Определить действительную постоянную

$$C_d = \frac{Pt \cdot t}{Nt} \text{ (Вт сек/об.)}$$

Для этого при  $U = U_{ном}$ . и  $PW = const$  отсчитать целое число оборотов  $Nt$  диска и время по секундомеру, соответствующее этому числу оборотов. Для повышения точности: а) время  $t = 50-70$  сек, б) опыт повторить 3 раза при равных значениях  $Pt$ , в) за действительную постоянную принять среднее значение  $C_d$ . Сравнить действительную постоянную  $C_d$  с номинальной величиной счетчика  $C_{ном}$ .

- 6 Данные занести в таблицу 1

Таблица 1

t (с)	$Pt = IU$ , Вт	Nt	$C_d = \frac{Pt \cdot t}{Nt}$
50			
60			
70			

## **6 Содержание отчета**

Отчет выполнять в соответствии с требованиями стандарта колледжа. Отчет должен содержать следующие разделы:

- 1 Наименование работы
- 2 Цель работы
- 3 Схемы лабораторной установки
- 4 Таблица измерений (таблица 1,)
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 7 Вывод

## **7 Контрольные вопросы**

- 1 Каковы причины возникновения самохода и какие существуют средства его устранения?
- 2 Что такое средневзвешенный коэффициент мощности?
- 3 Чем регулируется порог чувствительности счетчика?
- 4 Как определить по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии коэффициент мощности установки?

## **8 Список использованных источников**

- 1 Электрические измерения: Учебник для сред. проф. образования / Панфилов В.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.