

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО РГУПС)
Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта
(ТТЖТ – филиал РГУПС)

М.А. ЩЕРБАКОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

для специальности
27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном
транспорте)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной работе

09 2015 уч. г.

Н.Ю. Шитикова

Методические указания по выполнению лабораторных работ дисциплины Электрические измерения разработаны на основе федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования **27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте)**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ №447 от 07.05.2014г.

Организация-разработчик: Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ТТЖТ – филиал РГУПС)

Разработчик:

Щербакова Мария Анатольевна, преподаватель ТТЖТ - филиала РГУПС

Рекомендована цикловой комиссией № 11 «Специальностей 23.02.01, 27.02.03»

Протокол заседания № 1 от «01» 09 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ:

Введение

Инструкционные карты:

- *Лабораторная работа №1* Изучение отсчетных устройств, изучение типов и классов точности
- *Лабораторная работа №2* Расчет погрешностей приборов различных типов и классов точности
- *Лабораторная работа №3* Определение типа приборов, предела измерений по знакам и надписям на шкале
- *Лабораторная работа №4* Прямые и косвенные измерения
- *Лабораторная работа №5* Ознакомление с устройством магнитоэлектрической системы
- *Лабораторная работа №6* Ознакомление с устройством индуктивной системы
- *Лабораторная работа №7* Измерение тока и напряжение в цепях постоянного и переменного тока
- *Лабораторная работа № 8* Проверка технического амперметра магнитоэлектрической системы
- *Лабораторная работа №9* Изучение способов расширения пределов измерения амперметров и вольтметров.
- *Лабораторная работа №10* Исследование конструкции и работы измерительного трансформатора напряжения .
- *Лабораторная работа №11* Измерение мощности в электрических цепях.
- *Лабораторная работа №12* Исследование работы однофазного индукционного счетчика
- *Лабораторная работа №13* Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом и омметром.
- *Лабораторная работа №14* Измерение сопротивления изоляции электрооборудования , и заземления .
- *Лабораторная работа №15* Измерение ёмкости методом амперметра и вольтметра
- *Лабораторная работа №16* Измерение взаимной индуктивности мостом переменного тока
- *Лабораторная работа №17* Настройка , калибровка электронного осциллографа и измерение с его помощью напряжений , токов и частоты .
- *Лабораторная работа №18* Изучение устройства механизма электронного осциллографа

Используемая литература

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электрические измерения» входит в общепрофессиональный учебный цикл программы подготовки специалистов среднего звена. Проведение лабораторных занятий способствует развитию у студентов первоначальных практических навыков по оформлению конструкторской документации, по подбору необходимых нормативных документов в соответствии с Государственными и отраслевыми стандартами, по решению задач, по сборке электрических схем, методик измерений и обработки результатов.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Студент выполняющий лабораторную работу обязан выполнять следующие действия:

- Заблаговременно готовиться к предстоящему занятию используя инструкции, методические указания к практическим работам и рекомендованную литературу.
- При выполнении лабораторной работы находится только на своем рабочем месте, не трогать оборудование и приборы, не относящиеся к работе, соблюдать тишину и порядок.

Запрещается:

- Без разрешения трогать или переносить приборы, макеты и пр.
- Заниматься делами непосредственно не связанными с выполняемой работой.

Лабораторная работа №1

Изучение отсчетных устройств, изучение типов и классов точности

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с видами отсчетных устройств их типами и классом точности

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ

ХОД РАБОТЫ

1. Изучить виды измерительных приборов.
2. Ознакомиться с погрешностями измерительных приборов.
3. Ознакомиться с классификацией и характеристиками электроизмерительных приборов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

К электроизмерительным приборам относятся приборы для измерения величины тока (амперметры), напряжения (вольтметры), мощности (ваттметры) и сопротивления (омметры) в цепях постоянного и переменного тока.

На панелях электроизмерительных приборов указываются их технические характеристики:

- 1) единицы измеряемых величин ;
- 2) класс точности прибора;
- 3) система прибора ;
- 4) наличие защиты измерительной цепи от магнитных или электрических полей и вид преобразователя ;
- 5) рабочее положение прибора и испытательное напряжение изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу ;
- 6) род тока и число фаз ;
- 7) устойчивость к климатическим воздействиям.

Здесь могут быть также указаны внутреннее сопротивление измерительного механизма, ток, отклоняющий стрелку на всю шкалу прибора, падение напряжения на внутреннем сопротивлении, год изготовления и заводской номер.

По устойчивости к климатическим воздействиям электроизмерительные приборы делятся на группы А, Б, В. Приборы группы А предназначены для работы в сухих, отапливаемых помещениях, Б – в не отапливаемых помещениях, В – для работы в полевых или морских условиях.

Тип прибора

С механическим противодействующим моментом.

Без механического противодействующего момента.

Магнитоэлектрический с подвижной рамкой

Магнитоэлектрический с подвижным магнитом:

Электромагнитный

Электродинамический

Ферродинамический

Индукционный

Электростатический

Вибрационный

Тепловой

Биметаллический

Термоэлектрический

Обозначения, характеризующие вид преобразователя и наличие защиты измерительной цепи.

РОД ТОКА ОБОЗНАЧЕНИЕ

Постоянный —

Переменный •

Переменный и постоянный •

Трехфазный •

Трехфазный с неравномерной нагрузкой фаз •

Кроме того, в соответствии с ГОСТом 1969 г., электроизмерительные приборы классифицируются также:

- а) по положению нулевой отметки на шкале: с односторонней шкалой, с двусторонней симметричной шкалой и двусторонней несимметричной и безнулевой шкалой;
- б) по количеству диапазонов измерений: однопредельные и многопредельные (несколькими диапазонами измерений);
- в) по конструкции отсчетного устройства: со стрелочным, световым или вибрационным указателем, с подвижной шкалой, с пишущим устройством, с цифровой индикацией;
- г) по характеру шкалы: с равномерной шкалой, с неравномерной шкалой, (степенной, логарифмической)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие вы знаете измерительные приборы?
2. Что указывается на панелях электроизмерительных приборов?
3. Какие бывают типы измерительных приборов?

Лабораторная работа №2

Расчет погрешностей приборов различных типов и классов точности

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с видами погрешностей приборов и способами их вычисления

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ, учебник, конспект, измерительные приборы.

ХОД РАБОТЫ

1. Изучить виды погрешностей приборов
2. Ознакомиться с типами и классами точности приборов
3. Ознакомиться с формулами для расчета погрешностей

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Абсолютная погрешность. Относительная погрешность.

Важнейшей характеристикой электроизмерительного прибора является его погрешность. В качестве действительного значения измеряемой величины принимается величина, измеренная образцовым прибором. Разность между показанием образцового прибора a_0 и показанием прибора a , которым определяется искомая величина, **называется абсолютной погрешностью**: $Da = a_0 - a$.

Точность измерения обычно характеризуются **относительной погрешностью** e , которая представляет собой отношение абсолютной максимальной погрешности к действительному значению измеряемой величины.

В большинстве случаев для характеристики электроизмерительных приборов пользуются **приведенной погрешностью** e_n . Приведенной погрешностью называется отношение максимальной абсолютной погрешности к предельному значению измеряемой величины: $e_n = Da_{\max} / a_{\text{пред. max}}$

Если прибор имеет двухстороннюю шкалу, то $a_{\text{пред.}}$ определяется как $a_1 + a_2 / 2$, где a_1 и a_2 – значения максимального предела измерений слева и

справа от нуля. Для приборов с безнулевой шкалой $en = Da_{max}/a_2$, где a_2 – конечное значение рабочей части шкалы.

Необходимость введения приведенной ошибки объясняется тем, что даже при постоянстве абсолютной погрешности по всей шкале прибора относительная погрешность не остается постоянной. Рассмотрим пример:

Прибор предназначенный для измерения постоянного тока до 200 мА.

Максимальная абсолютная погрешность прибора $Da = \pm 3$ мА. Причем эта погрешность условно принимается постоянной для каждой точки шкалы прибора. Относительная же погрешность прибора изменяется, например, при измерении тока величиной 50 мА

при измерении тока величиной 100 мА

при измерении тока величиной 200 мА

То есть наибольшая относительная погрешность в первой части шкалы прибора. В связи с этим измерения рекомендуется проводить в третьей части шкалы прибора, то есть там, где относительная ошибка наименьшая.

Класс точности прибора.

Приведенная погрешность, выраженная в процентах, называется

классом точности прибора: $en = Da_{max}/a_{пред. max} * 100\%$. Класс точности указывается на шкале прибора в одном из трех вариантов, например, для класса точности 1,5 возможны обозначения: 1,5; 1,5 и 1,5. Первые два обозначения следует читать так: приведенная погрешность не превышает 1,5%.

Третий же вариант читается: приведенная погрешность не превышает 1,5% от длины шкалы прибора.

В настоящее время электроизмерительным приборам в соответствии со стандартом присвоено девять классов точности: 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Приборы классов точности от 0,01 до 0,5 включительно называются прецизионными и используются для точных лабораторных исследований. Приборы классов точности от 1,0 до 4,0 включительно – технические, выше 4,0 – внеклассовые.

Чувствительность электроизмерительного прибора.

Важной характеристикой электроизмерительного прибора является **чувствительность**, которая характеризуется способностью прибора реагировать на изменение измеряемой величины. Оценивается она отношением изменения положения указателя на шкале к изменению измеряемой величины, вызвавшему это перемещение: $S = Db/Da$, где b – угловое или линейное перемещение указателя измеряемая; a – измеряемая величина. Если шкала прибора равномерная, чувствительность будет постоянной.

Если шкала не равномерная, чувствительность определяется для каждой точки шкалы: $Sa = db/da$. Величина, обратная чувствительности прибора, называется **постоянной прибора**: $C = 1/S = Da/Db$. Порог чувствительности – такое изменение измеряемой величины, которое вызывает наименьшее изменение его показаний.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие типы и классы точности приборов вы знаете?
2. Какие виды погрешностей вы знаете?
3. По какой формуле вычисляется абсолютная погрешность?
4. По кокой формуле вычисляется относительная погрешность?

Лабораторная работа №3

Определение типа приборов, предела измерений по знакам и надписям на шкале

Цель Работы: Ознакомиться с приборами и изучить знаки и надписи на шкале.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ, учебник, конспект, измерительные приборы.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с типами приборов.
2. Изучить знаки и надписи на шкале.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Магнитоэлектрическая система.

Вольтметр — измерительный прибор, предназначенный для *прямых измерений* напряжения постоянного и (или) переменного тока по методу непосредственной оценки.

Измерительный прибор — средство измерений, показания которого являются непрерывной функцией измеряемой величины.

Отметка шкалы — знак на шкале, соответствующий некоторому значению измеряемой величины.

Шкала является основным элементом для передачи информации от измерительного прибора к человеку. В стандарте [1] даны следующие определения:

Циферблат — часть измерительного механизма, служащая основанием шкалы.

Шкала — ряд определенным образом расположенных отметок и чисел отсчета, соответствующих ряду последовательных значений измеряемой величины.

Деление – расстояние между двумя соседними отметками шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.

1. Циферблаты разделяются:

По форме:

- плоские;
- цилиндрические;
- конические.

По конструкции:

- неподвижные;
- подвижные.

2. Шкалы разделяются:

По форме:

- прямолинейные (горизонтальные и вертикальные);
- дуговые (угол до 180° включительно);
- круговые (угол дуги более 180°).

По характеру расположения отметок:

- равномерные;
- неравномерные.

По светому излучению:

- светящиеся;
- не светящиеся;
- подсвеченные.

По месту расположения нуля:

- односторонние;
- двухсторонние;
- безнулевые;
- прямой направленности;
- обратной направленности.

По количеству строк в одной шкале:

- однострочные;
- строчные;
- многострочные.

Шкалы прямой направленности – это шкалы с положением нулевой отметки слева или сверху от средней линии. Нулевая отметка на шкалах обратной направленности располагается справа или снизу от средней линии.

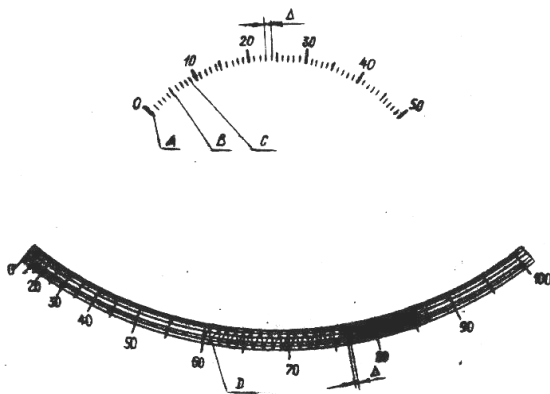
Кроме того, шкалы по характеру зависимости можно разделить на равномерные – с пропорциональным или линейным характером зависимости $a = f(x)$ и неравномерные – с нелинейным характером зависимости $a = f(x)$.

Равномерная шкала имеет одинаковую цену деления, причем отношение наибольшей длины деления к наименьшей на всем протяжении у практически равномерной е превышает 1,3 [1].

Неравномерная шкала, как правило, имеет неодинаковую цену деления на всем протяжении. Технические требования, которые необходимо учитывать при проектировании шкал приведены в [1]. Цвет лицевой стороны циферблатов предпочтителен белый. Изготавливаются также циферблаты черного, желтовато-зеленовато-голубого цвета и других оттенков.

Функциональные участки шкал, отдельные отметки или цифры при необходимости их выделения выполняются в виде штрихов или полос яркого цвета, причем **красным цветом** обозначается участок аварийного значения параметра, **желтым** – участок выхода параметра из нормы, **зеленым** – участок нормального значения параметра.

Шкала по всей длине разделяется отметками А на ряд основных интервалов, основные интервалы делятся отметками В, С и Д на промежуточные интервалы (рис. 12.1). Интервал между соседними отметками образует деление шкалы.



Для увеличения скорости считывания шкалы проектируют с отметками А, В и С различной ширины. Ширина наименьшей отметки должна быть не более ширины конца стрелки. Длина деления шкалы в миллиметрах для приборов с одинаковой ценой деления на всем протяжении шкалы определяется по формуле:

$$l = \frac{L \cdot K \cdot A}{100}, \quad (12.1)$$

где L - длина шкалы в мм;

K - класс точности;

A - коэффициент, показывающий сколько раз расстояние по шкале, соответствующе пределу допускаемой основной погрешности, укладывается в одном делении шкалы.

Значения коэффициента A в зависимости от класса точности указаны в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Класс точности	Значение коэффициента A	
	Для равномерной шкалы	Для неравномерной шкалы
0,5 и более точные	1 – 5, 0,7 (допускается только для приборов класса точности 0,2, шкалы которых имеют отметки Д)	0,5 – 5,0

0,6 – 1,5	0,5 - 5	
2,5 – 6,0		

Наибольшая длина деления равномерной шкалы определяется по табл. 12.2.

Таблица 12.2

Длина шкалы	Наименьшая длина шкалы (в мм) для приборов классов точности										
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0
15	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
30	-	-	-	-	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	1,0
60	-	-	-	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	1,2	2,0
100	-	-	-	0,6	0,6	0,5	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0
150	-	-	0,6	0,6	0,7	0,5	0,7	1,2	2,0	3,0	5,6
300	-	0,6	0,6	0,6	1,5	1,0	1,05	2,5	3,5	6,0	10,0
600	0,6	0,6	0,6	1,2	3,0	2,0	3,0	5,0	7,5	12,0	20,0
1000	0,6	0,6	1,0	2,0	5,0	3,0	5,0	8,0	12,5	20,0	30,0
свыше 1000	0,6	0,6	1,0	2,0	5,0	3,0	5,0	8,0	12,5	20,0	30,0

Исходя из условий скорости и точности считывания предпочтительны подвижные шкалы, неподвижные шкалы с этой точки зрения рекомендуется применять в следующей последовательности:

- круговые;
- дуговые;
- прямолинейные горизонтальные;
- прямолинейные вертикальные.

Цифры и знаки наносят следующим образом. Начало шкал наносят в левой части циферблата – для **прямолинейной горизонтальной шкалы**, в левой и нижней части циферблата – для **дуговой**, в точках пересечения шкалы вертикальным и горизонтальным диаметрами – для **дуговой непрерывной шкалы**.

Контрольные вопросы

1. Назовите определение измерительного прибора и отметки шкалы.
2. Как разделяются циферблаты?
3. Как разделяются шкалы?
4. Что называется шкалой прямой направленности?

Лабораторная работа №4

Прямые и косвенные измерения.

Цель Работы: Изучить какие бывают измерения, научиться их различать.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ, учебник, конспект, измерительные приборы.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с типами приборов.
2. Изучить знаки и надписи на шкале.
3. Изучить виды измерений

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Измерения	
Прямые	Косвенные
Результат получают непосредственно при помощи измерительного прибора.	Результат получают при помощи расчетов по специальным формулам, связывающим результаты прямых измерений с измеряемой величиной.

Измерения делятся на прямые и косвенные. Прямые измерения проводят с помощью приборов, которые измеряют саму исследуемую величину. Так, массу тел можно найти с помощью весов, длину измерить линейкой, а время - секундомером. Те же величины в других случаях могут быть найдены только с помощью косвенных измерений - пересчетом других величин, значения которых получены в результате прямых измерений. Так находят массу Земли, расстояние от Земли до Солнца, продолжительность геологических периодов. Измерение плотности тел по их массе и объему, скорости поезда - по величине пути, пройденного за известное время, также принадлежат к косвенным измерениям.

Получение надежных числовых значений физических величин отнюдь не является простой задачей из-за многочисленных погрешностей, неизбежно возникающих при измерениях. Ниже мы отметим эти погрешности и

приведем формулы для их оценки, а также обратим внимание на запись окончательного результата измерений.

Случайные и систематические погрешности. Обработка результатов прямых измерений. Запись окончательного результата

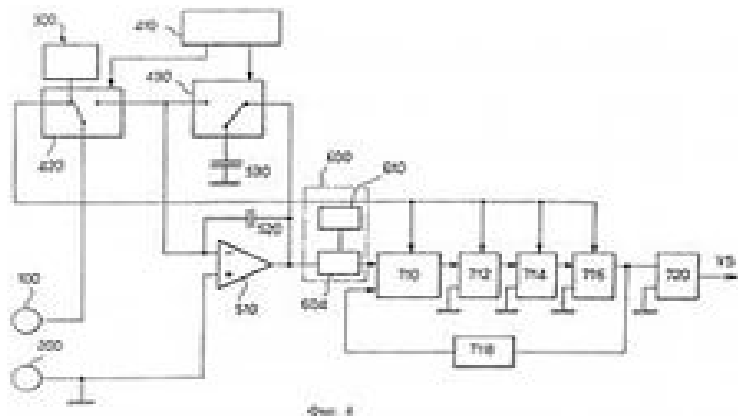
Говоря о погрешностях измерений, следует, прежде всего, упомянуть о грубых погрешностях (промах), возникающих вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности аппаратуры. Такие погрешности происходят, если, например, экспериментатор неправильно прочтет номер деления на шкале, если в электрической цепи произойдет замыкание и вследствие других подобных причин. Грубых погрешностей следует избегать. Если установлено, что они имеют место, соответствующие измерения нужно отбрасывать.

Не связанные с вышеупомянутыми погрешности эксперимента делятся на случайные и систематические. Многократно повторяя одни и те же измерения, можно заметить, что довольно часто их результаты не в точности равны друг другу, а "пляшут" вокруг некоторого среднего. В подобных случаях мы имеем дело со случайными погрешностями.

Случайные погрешности могут быть связаны с сухим трением (из-за которого стрелка прибора вместо того, чтобы останавливаться в правильном положении, "застревает" вблизи него), с люфтами в механических приспособлениях, с тряской, которую в городских условиях трудно исключить, с несовершенством объекта измерений (например, при измерении диаметра проволоки, которая из-за случайных причин, возникающих при ее изготовлении, имеет не вполне круглое сечение). Рассмотрим последний случай.

Вместо одного нужного нам результата мы получили семь. Что делать с полученными цифрами? Как оценить погрешности?

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
диаметр (мм)	0,36	0,36	0,35	0,34	0,36	0,34	0,35

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (1)$$


A 3D diagram of a rectangular block. The vertical edge is labeled L . The horizontal edge along the bottom front is labeled B . The depth edge along the top right is labeled S .

Контрольные вопросы

1. На какие виды делятся измерения?
2. В следствии чего возникают грубые погрешности?
3. Что называется случайными погрешностями?
4. Что называется систематическими погрешностями?

Лабораторная работа №5

Ознакомление с устройством магнитоэлектрической системы

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с приборами магнитоэлектрической системы

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ, учебник, конспект, измерительные приборы.

ХОД РАБОТЫ

1. Изучить виды приборов магнитоэлектрической системы
2. Ознакомиться со схемой и составными частями приборов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Магнитоэлектрическая система.

Приборы этой системы предназначены для измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного тока. Схема отклоняющего механизма показана на рисунке 1.

Прямоугольная рамка с n витками изолированного провода (3), по которым проходит измеряемый ток I , находится в кольцевом зазоре.

За счет постоянного магнита с полюсным наконечником (4) и цилиндрического сердечника (6) в зазоре создается радиальное магнитное поле величиной B . Рамка удерживается в зазоре и может вращаться за счет осей (1). При отсутствии тока, рамка, с прикрепленным к ней указателем (5) (стрелка или зеркальце), удерживается на нулевом делении шкалы двумя пружинами (2). В чувствительных приборах вместо осей и спиральных пружинок используются две ленточные растяжки. Измеряемый ток подводится к виткам через пружины и растяжки.

При протекании через витки измеряемого тока появляется вращающий рамку момент сил.

При включении постоянного тока рамка приходит к равновесию в

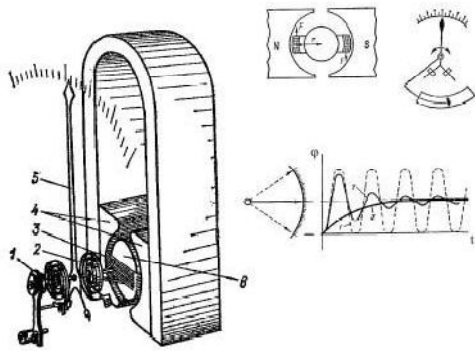


Рис.1. Магнитоэлектрический измерительный механизм с внешним магнитом в режиме затухающего колебательного процесса (рис.1г, кривая 2). Для сокращения времени установления равновесных показаний прибор конструируют так, чтобы частота колебаний подвижной системой стремилась к нулю и время прихода к равновесию было минимальным (рис.1г, кривая 3). Иногда для этого вводят специальные демпфирующие устройства: воздушные, электромагнитные (смотри рис.1в). Если период колебаний тока $T \ll t$, постоянная составляющая вращающего момента пропорциональна среднему току: При $J \sin \omega t$ $\bar{J} = \text{среднее значение тока}$, а соответственно и j , равны нулю, т.е. при любой величине протекающего переменного тока показания прибора отсутствуют. Если период колебаний тока мал, т.е. $T \gg t$, стрелка = 0.

Контрольные вопросы

1. Что измеряют приборы этой системы?
2. Как создается радиальное магнитное поле?
3. Откуда появляется вращающий рамку момент сил?

Лабораторная работа №6

Ознакомление с устройством индуктивной системы

Цель Работы: Ознакомиться с устройством индукционной системы

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомится с устройством индукционной системы.
2. Изучить приборы индукционной системы.

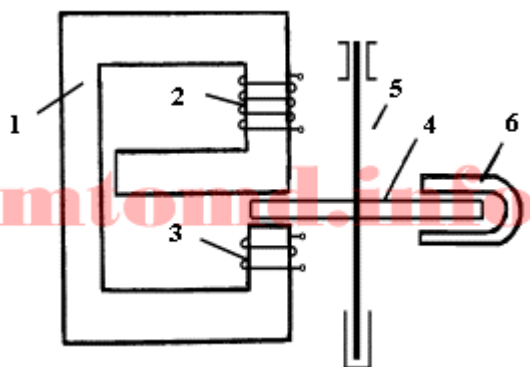
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Приборы индукционной системы получили широкое распространение для измерения электрической энергии. Принципиальная схема прибора приведена на рисунке.

Индукционная система

Принцип действия индукционной системы основан на взаимодействии магнитных потоков, создаваемых катушками тока и напряжения с вихревыми токами, наводимыми магнитным полем в алюминиевом диске.

Прибор индукционной системы



(рис.1)

Электрический счетчик содержит

магнитопровод — 1 сложной конфигурации, на котором размещены две катушки; напряжения — 2 и тока — 3. Между полюсами электромагнита помещен алюминиевый диск — 4 с осью вращения — 5.

Вращающий момент, действующий на диск, определяется выражением:

$$M_{\text{вп}} = k_i \Phi_U \Phi_I \sin \psi$$

где Φ_U — часть магнитного потока, созданного обмоткой напряжения и проходящего через диск счетчика; Φ_I — магнитный поток, созданный обмоткой тока; ψ — угол сдвига между Φ_U и Φ_I . Магнитный поток Φ_U пропорционален напряжению $\Phi_U = k_2 U$. Магнитный поток Φ_I пропорционален току $\Phi_I = k_3 I$.

Для того чтобы счетчик реагировал на активную энергию, необходимо выполнить условие:

$$\sin \psi = \cos \varphi$$

В этом случае вращающий момент пропорционален активной мощности нагрузки:

$$M_{\text{вп}} = k_1 k_2 k_3 U I \cos \varphi = k_4 P$$

Противодействующий момент создается тормозным магнитом — 6 и пропорционален скорости вращения диска:

$M_{\text{пр}} = k_5 \cdot \frac{d\alpha}{dt}$ В установившемся режиме $M_{\text{вп}} = M_{\text{пр}}$ диск вращается с постоянной скоростью. Приравниваем два последних уравнения и решаем полученное уравнение относительно угла поворота диска:

$$\alpha = \frac{k_4}{k_5} \int_0^t P dt = k_6 W$$

Таким образом, угол поворота диска счетчика пропорционален активной энергии. Следовательно, число оборотов диска n тоже пропорционально активной энергии.

Контрольные вопросы

1. Опишите прибор индукционной системы (рис. 1)
2. Как обозначается магнитный поток?
3. Опишите противодействующий момент

Лабораторная работа №7

Измерение тока и напряжение в цепях постоянного и переменного тока.

Цель Работы: Обретение навыка работы с постоянным и переменным током.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Изучить способы измерения тока в цепях постоянного и переменного тока
2. Изучить способы измерения напряжения в цепях постоянного и переменного тока

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Измерение тока. Для измерения тока в цепи амперметр 2 (рис. 2, а) или миллиамперметр включают в электрическую цепь последовательно с приемником 3 электрической энергии.

Для того чтобы включение амперметра не оказывало влияния на работу электрических установок и он не создавал больших потерь энергии, амперметры выполняют с малым внутренним сопротивлением. Поэтому практически сопротивление его можно считать равным нулю и пренебрегать вызываемым им падением напряжения. Амперметр можно включать в цепь только последовательно с нагрузкой. Если амперметр подключить непосредственно к источнику 1, то через катушку прибора пойдет очень большой ток (сопротивление амперметра мало) и она сгорит.

Для расширения пределов измерения амперметров, предназначенных для работы в цепях постоянного тока, их включают в цепь параллельно **шунту** 4 (рис. 2,б). При этом через прибор проходит только часть I_A измеряемого тока I , обратно пропорциональная его сопротивлению R_A . Большая часть $I_{ш}$ этого тока проходит через шунт. Прибор измеряет падение напряжения на шунте,

зависящее от проходящего через шунт тока, т. е. используется в качестве милливольтметра. Шкала прибора градуируется в амперах. Зная сопротивления прибора R_A и шунта $R_{ш}$ можно по току I_A , фиксируемому прибором, определить измеряемый ток:

$$I = I_A (R_A + R_{ш}) / R_{ш} = I_A n \quad (105)$$

где $n = I/I_A = (R_A + R_{ш})/R_{ш}$ — коэффициент шунтирования. Его обычно выбирают равным или кратным 10. Сопротивление шунта, необходимое для измерения тока I , в n раз большего, чем ток прибора I_A ,

$$R_{ш} = R_A / (n - 1) \quad (106)$$

Конструктивно шунты либо монтируют в корпус прибора (шунты на токи до 50 А), либо устанавливают вне его и соединяют с прибором проводами. Если прибор предназначен для постоянной работы с шунтом, то шкала его градуируется сразу в значениях измеряемого тока с учетом коэффициента шунтирования и никаких расчетов для определения тока выполнять не требуется. В случае применения наружных (отдельных от приборов) шунтов на них указывают номинальный ток, на который они рассчитаны, и номинальное напряжение на зажимах (калиброванные шунты). Согласно стандартам это напряжение может быть равно 45, 75, 100 и 150 мВ. Шунты подбирают к приборам так, чтобы при номинальном напряжении на зажимах шунта стрелка прибора отклонялась на всю шкалу. Следовательно, номинальные напряжения прибора и шунта должны быть одинаковыми. Имеются также индивидуальные шунты, предназначенные для работы с определенным прибором. Шунты делят на пять классов точности (0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5). Обозначение класса соответствует допустимой погрешности в процентах.

Для того чтобы повышение температуры шунта при прохождении по нему тока не оказывало влияния на показания прибора, шунты изготавливают из

материалов с большим удельным сопротивлением и малым температурным коэффициентом (константан, манганин, никелин и пр.). Для уменьшения влияния температуры на показания амперметра последовательно с катушкой прибора в некоторых случаях включают добавочный резистор из константана или другого подобного материала.

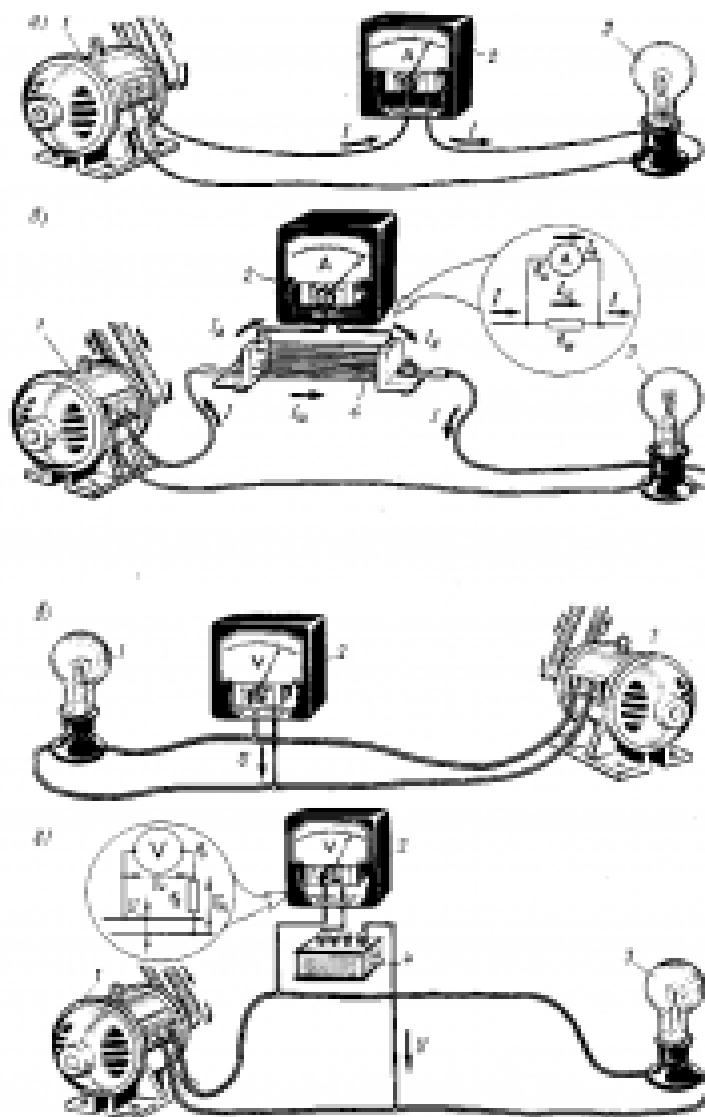


Рис. 2. Схемы для измерения тока (а, б) и напряжения (в, г)

Измерение напряжения. Для измерения напряжения U , действующего между какими-либо двумя точками электрической цепи, вольтметр 2 (рис. 2, в) присоединяют к этим точкам, т. е. параллельно источнику 1 электрической энергии или приемнику 3.

Для того чтобы включение вольтметра не оказывало влияния на работу электрических установок и он не создавал больших потерь энергии, вольтметры выполняют с большим сопротивлением. Поэтому практически можно пренебрегать проходящим по вольтметру током.

Для расширения пределов измерения вольтметров последовательно с обмоткой прибора включают добавочный резистор 4 (R_d) (рис. 2,г). При этом на прибор приходится лишь часть U_v измеряемого напряжения U , пропорциональная сопротивлению прибора R_v .

Зная сопротивление добавочного резистора и вольтметра, можно по значению напряжения U_v , фиксируемого вольтметром, определить напряжение, действующее в цепи:

$$U = (R_v + R_d) / R_v * U_v = n U_v \quad (107)$$

Величина $n = U / U_v = (R_v + R_d) / R_v$ показывает, во сколько раз измеряемое напряжение U больше напряжения U_v , приходящегося на прибор, т. е. во сколько раз увеличивается предел измерения напряжения вольтметром при применении добавочного резистора.

Сопротивление добавочного резистора, необходимое для измерения напряжения U , в n раз большего напряжения прибора U_v , определяется по формуле $R_d = (n - 1) R_v$.

Добавочный резистор может встраиваться в прибор и одновременно использоваться для уменьшения влияния температуры окружающей среды на показания прибора. Для этой цели резистор выполняется из материала, имеющего малый температурный коэффициент, и его сопротивление значительно превышает сопротивление катушки, вследствие чего общее сопротивление прибора становится почти независимым от изменения температуры. По точности добавочные резисторы подразделяются на те же классы точности, что и шунты.

Контрольные вопросы

1. Описать измерение тока (кратко)
2. Описать измерение напряжения (кратко)

Лабораторная работа № 8

Проверка технического амперметра магнитоэлектрической системы

Цель Работы: Изучить способы проверки технического амперметра магнитоэлектрической системы

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ

ХОД РАБОТЫ

1. Изучить схему поверки амперметра.
2. Определить класс точности поверяемого амперметра
3. Изучить методы поверки измерительных средств.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Для оценки параметров отдельных физических величин используются контрольно-измерительные средства. Качество измерительных средств характеризуется совокупностью показателей, определяющих его работоспособность, точность, надежность и эффективность применения.

Для обеспечения гарантированной точности измерений проводится периодическая поверка измерительной аппаратуры. Поверка измерительного средства - это определение соответствия действительных характеристик измерительного средства техническим условиям или государственным стандартам. При осуществлении поверки применяются измерительные средства поверки - специально предусмотренные средства повышенной точности по сравнению с поверяемыми измерительными средствами. Методы поверки - совокупность поверочных измерительных средств, приспособлений и способ их применения для установления действительных метрологических показателей поверяемых измерительных средств. В практике поверки измерительных приборов нашли применение два способа: - сопоставление показаний поверяемого и образцового приборов; - сравнение показаний поверяемого прибора с мерой данной

величины. При поверке первым способом в качестве образцовых приборов выбираются приборы с лучшими метрологическими качествами. Для поверки приборов постоянного тока в качестве образцовых принимаются магнитоэлектрические приборы, а для поверки приборов переменного тока - электродинамические. В последнее время используются цифровые приборы.

Верхний предел измерений образцового прибора должен быть таким же, как и поверяемого или не превышать предел измеряемого прибора более чем на 25%. Допустимая погрешность образцового прибора должна быть 3...5 раз ниже погрешности поверяемого прибора. Погрешность выражают в виде абсолютных величин и в виде относительных. Измерительные приборы могут быть следующих классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Многопредельные приборы поверяют на одном, двух основных пределах, а на других в некоторых точках. В результате поверки устанавливают приведенную погрешность и по ней класс точности прибора.

Амперметры магнитоэлектрической системы применяются для измерений токов в цепях постоянного напряжения. Магнитная цепь прибора состоит из постоянного магнита, полюсных наконечников, неподвижного цилиндра. В воздушном зазоре между поверхностями полюсных наконечников и цилиндра создается радиальное поле, которое в силу малости воздушного зазора можно считать равномерным. Рамка с обмоткой крепится на полуосях и может поворачиваться в зазоре. В результате взаимодействия магнитного поля и тока обмотки создается вращающий момент, пропорциональный току

Контрольные вопросы

1. Применение амперметров магнитоэлектрической системы
2. Каким должно быть соотношение классов точности образцового и поверяемого амперметров?
3. Что понимается под поверкой средств измерений?

Лабораторная работа №9

Изучение способов расширения пределов измерения амперметров и вольтметров.

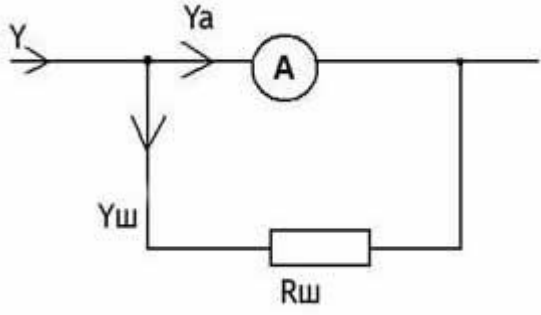
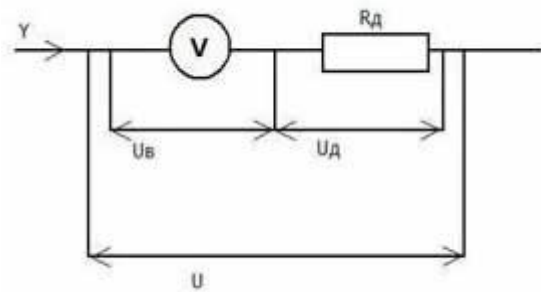
Цель Работы: Ознакомиться со способами расширения пределов измерения амперметров и вольтметров

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомление с методами расширения пределов измерений вольтметра и амперметра.
2. Изобразить схему вольтметра и амперметра.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Амперметр	Вольтметр
 $Y = Y_a + Y_{ш}$ Y_a - ток амперметра Y - измерительный ток $Y \gg Y_a$: $Y_a Y = n$ – ток показывает во сколько раз $Y \gg Y_a$ R_a - сопротивление амперметра (гальванометра)	 $U = U_b + U_d$ U - ток напряжение на вольтметре U - измеряемое напряжение $U \gg U_b$ $n = U : U_b$ $R_d = R_b(n - 1)$ $R_d = R_b(U : U_b - 1)$ $R_d > R_b$ в $(n - 1)$ раз

Вольтметр рассчитан на измерение max напряжения на 30В. При этом через вольтметр идёт ток 10мА. Какого сопротивление дополнительный резистор нужно присоединить у вольтметру, чтобы им можно было измерить напряжение до 150В? К амперметру, внутреннее сопротивление которого 0,1 Ом, подключение шунт сопротивлением 0,0111 Ом. Определите силу тока, текущую через, если сила тока в общей цепи 0,27А.

Любой измерительный прибор характеризуется пределом измерений, ценой деления и чувствительностью.

Пределом измерения называется наибольшее значение измеряемой данным прибором величины. Значение измеряемой величины у ряда приборов регистрируется по положению стрелочного или иного вида указателя относительно измерительной шкалы.

Измерительная шкала делится на определенное количество делений. Ценой деления прибора называется значение измеряемой величины, соответствующее наименьшему делению шкалы прибора. Цена деления определяется как отношение предела измерения прибора к полному числу делений его шкалы.

Чувствительность прибора – величина, обратная цене деления. Она характеризуется числом делений шкалы, соответствующим единице измеряемой величины и определяется как отношение полного числа делений шкалы прибора к его пределу измерения.

При пользовании электроизмерительными приборами особенно важно в первую очередь установить его предел измерения и цену деления. Попытка измерения электрической величины прибором с меньшим по сравнению с измеряемой величиной пределом измерения приведет к порче прибора, а неправильное определение цены деления прибора приведет к ошибочному результату измерения.

Особенностью электроизмерительных приборов является то, что включение их в электрическую цепь приводит к изменению измеряемой величины, в чем легко убедиться на примере измерения величины силы тока источника с

электродвижущей силой и внутренним сопротивлением r , замкнутого на внешнее сопротивление R .

Контрольные вопросы

1. Что называется пределом измерения?
2. Что означает чувствительность прибора?
3. Что является особенностью электроизмерительных приборов?

Лабораторная работа №10

Исследование конструкции и работы измерительного трансформатора напряжения.

Цель Работы: Освоить конструкцию измерительного трансформатора

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ

ХОД РАБОТЫ

1. Освоить конструкцию измерительного трансформатора.
2. Изучить виды трансформаторов
3. Узнать назначение измерительных трансформаторов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Измерительные трансформаторы

По назначению измерительные трансформаторы подразделяют на трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

По устройству и принципу действия измерительные трансформаторы аналогичны обычным силовым трансформаторам, однако отличаются от последних режимом работы, конструктивным оформлением, мощностью и габаритами.

В основе работы измерительных трансформаторов лежит следующее физическое явление: Под действием приложенного напряжения по первичной обмотке протекает переменный ток, вызывающий в сердечнике переменный магнитный поток, пронизывающий обе обмотки и индуцирующий в них ЭДС E_1 и E_2 . Индуцированная ЭДС вызывает в приборах, включенных во вторичную обмотку, токи, соответствующие значениям измеряемых величин.

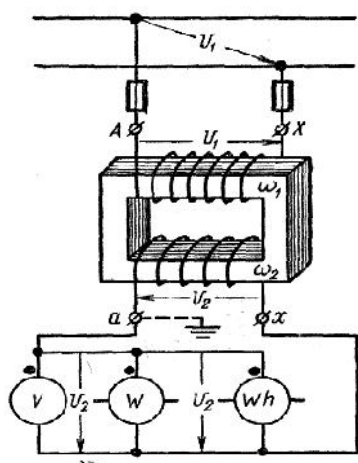
Трансформаторы напряжения. Назначение

Трансформаторы напряжения понижают измеряемое напряжение в заданное число раз. Получаемое низкое напряжение, не превышающее обычно 100 В,

подводится к вольтметрам, параллельным цепям ваттметров, счетчиков и других измерительных приборов.

Используя трансформаторы напряжения, с одной стороны, получаем возможность применения низковольтных приборов для измерений в цепях высокого напряжения, а с другой — обеспечиваем безопасность обслуживания высоковольтных установок.

Устройство



Устройство трансформатора напряжения аналогично устройству силового трансформатора.

Трансформатор напряжения состоит из замкнутого магнитопровода, набранного из листовой трансформаторной стали, и двух изолированных обмоток — первичной и вторичной с числами витков w_1 и w_2 .

Первичная обмотка (высшего напряжения) состоит из большого числа (тысячи) витков медного тонкого провода ($d=0,1—0,2$ мм). С помощью зажимов А—Х она включается через предохранители в исследуемую цепь высокого напряжения. Вторичная обмотка (низшего напряжения) состоит из относительно малого числа (сотни) витков медного провода диаметром $0,8—1$ мм. К зажимам а—х этой обмотки подключаются соединенные параллельно вольтметры и параллельные цепи других приборов.

Особенности работы

Для работы трансформатора напряжения характерно:

- незначительное изменение первичного напряжения

- большое сопротивление вторичной внешней цепи;

Таким образом, он работает в условиях, близких к холостому ходу.

Классификация трансформаторов напряжения

По роду изоляции трансформаторы напряжения делят на:

- сухие (для напряжений до 3 кВ)
- трансформаторы с заливкой маслом или изолирующей массой (для напряжения 3 кВ и выше).

Соответственно этому в обозначении типа трансформатора указываются буквы М (маслонаполненный) или С (сухой): например, НОМ — трансформатор напряжения однофазный маслонаполненный, НОС — трансформатор напряжения однофазный сухой.

В трансформаторах с масляной изоляцией сердечник с обмотками помещен в стальной бак, заполненный трансформаторным маслом; выводы высокого и низкого напряжения сделаны на верхней крышке бака.

Согласно ГОСТ 1983-67 и 9032-69 трансформаторы напряжения делят на классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1 и 3.

Контрольные вопросы

1. На какие группы подразделяются измерительные трансформаторы?
2. Из чего состоит устройство трансформатора?
3. Что характерно для работы трансформатора?
4. По роду изоляции трансформаторы делятся..?

Лабораторная работа № 11

Измерение мощности в электрических цепях.

Цель работы: Ознакомиться с измерением мощности в электрических цепях.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с измерением мощности в электрических цепях.
2. Узнать способы измерения мощности
3. Изучить способ измерения реактивной мощности

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Мощность измеряют различными способами.

Мощность в электрических цепях постоянного и однофазного переменного тока, измеряют в основном ваттметрами электродинамической системы. На рис. 4.4 приведены схемы включения ваттметра для измерения мощности, потребляемой сопротивлением нагрузки $R_{\text{наг}}$ в цепях постоянного и однофазного переменного тока.

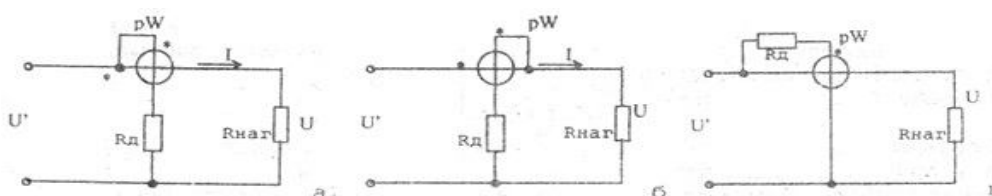


Рис. 4.4

В цепях напряжения включено добавочное сопротивление R_d . Начало токовой обмотки напряжения, так же как и в последующих схемах, показано, соответственно, левой и верхней точками на обмотках ваттметра W ; перемена полярности одной из обмоток приведет к отклонению стрелки ваттметра в обратную сторону. Если включить ваттметр в цепь постоянного тока (рис. 4.4, схема а), то он учтёт потребляемую электроприемниками мощность и потери в токовой обмотке ваттметра. Мощность P определяют по формуле

$$P = IU' = I(U + IR_T) = IU + I^2 R_T = P_{\text{пр}} + P_T,$$

где I и U - соответственно, ток и напряжение на нагрузке; U' - напряжение питания; R_t - сопротивление токовой обмотки ваттметра; $R_{пр}$ и R_t - соответственно, потребляемая приемниками мощность и потери мощности в токовой обмотке.

При включении (рис. 4.4, схема б) по схеме ваттметра учитываются дополнительные потери в обмотке напряжения R_n :

$$P = U(I + I_n) = UI + UI_n = P_{нр} + P_n.$$

Таким образом, систематической погрешности, возникающей в следствии того, что цепи тока и напряжения измерительного механизма должны включаться также, как и приборы для измерения тока и напряжения избежать не удастся. Если ожидаются значительные колебания мощности за счёт колебаний тока, то предпочтительней будет схема а. При включении ваттметра (рис. 4.4, схема в) на добавочном сопротивлении R_d окажется почти полное напряжение источника, на которое не может быть рассчитана изоляция подвижной катушки. Кроме того, появляется дополнительная погрешность за счет электростатического взаимодействия обмоток. Такую схему не следует применять.

Показания ваттметра, включенного в цепь переменного тока, пропорциональны произведению подведенного к нему напряжения U , тока в токовой обмотке I и $\cos\varphi$:

$$P = c \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ где } c - \text{цена деления ваттметра.}$$

При определенном положении переключателей пределов по току и напряжению цена деления составит

$$c = (U_{пр} I_{пр}) / \alpha_{пр}, \text{ Вт/дел,}$$

где $U_{пр}$ и $I_{пр}$ - верхние пределы ваттметра, $\alpha_{пр}$ - количество делений шкалы ваттметра.

При определении мощности косвенным методом в цепи постоянного тока измеряют ток и напряжение, а в цепи переменного тока (дополнительно, с помощью фазометра), коэффициент мощности $\cos\varphi$.

Для расширения пределов измерения по току и напряжению применяют шунты, добавочные сопротивления и измерительные трансформаторы (рис. 4.5). Цену деления ватт-метра при пользовании измерительными трансформаторами определяют по уравнению:

$$C_{\text{изм}} = C K_{\text{ш}} K_{\text{УН}}, \text{ Вт/дел.}$$

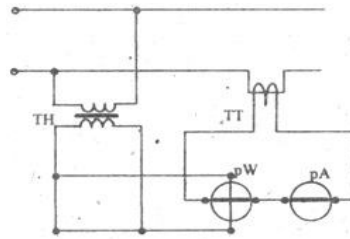


Рис. 4.5

На сверхвысоких частотах (СВЧ) способы измерения мощности, рассмотренные выше очень трудно реализуемы, поэтому применяются другие способы измерения мощности. Несмотря на кажущееся разнообразие, все они сводятся к преобразованию энергии электромагнитных колебаний в другой вид энергии, более применяемый для измерения (тепловую, механическую и другие) с последующим вторичным преобразованием в электрический сигнал. Измерение производится в основном цифровыми приборами.

При измерении активной мощности в трёхфазных цепях (три фазовых провода и один нулевой - четырех проводная сеть) используют три однофазных ваттметра, включенных в отдельные фазы; измеряемую мощность определяют как сумму мощностей всех фаз. В этом случае не следует пользоваться ваттметром, включенным в одну из фаз, так как велика вероятность неравномерности нагрузки, и погрешность измерения может оказаться значительно больше допустимой.

В трехфазных цепях без нулевого провода возникает затруднение с подключением цепи напряжения ваттметра, потому что в цепи имеется линейное напряжение. Однако при симметричной нагрузке можно измерить мощность одним ваттметром. Для этого в месте измерения создается искусственная нулевая точка. Сопротивления всех фаз, образующие звезду,

должны быть равными. Мощность в этом случае равна утроенному показанию ваттметра.

В несимметричных трехфазных трехпроводных цепях мощность можно измерить так же, как и в четырехпроводных цепях, т.е. как сумму трех мощностей. Здесь также необходима искусственная нулевая точка, однако ее можно очень просто создать соединением в звезду трех (одинаковых!) цепей напряжения ваттметров.

Более универсальным и точным методом измерения трехфазной мощности является метод двух ваттметров или так называемая схема Арона (рис. 4.6).

Токовые обмотки ваттметров включены на линии А, В; обмотки по напряжению на АС и ВС (рис. 4.6, а).

Токовые обмотки ваттметров включены на линии А, С; обмотки по напряжению - на АВ и СВ (рис. 4.6, б).

Токовые обмотки ваттметров включены в линии В, С; обмотки по напряжению – на ВА и СА (рис. 4.6, в).

Построим векторную диаграмму (рис. 4.7) для схемы Арона (рис. 4.6, схема б).

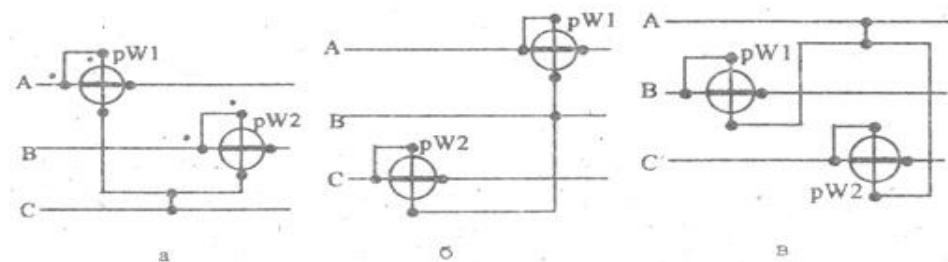


Рис. 4.6

Мощность определяют по сумме показаний ваттметров

$$P = P_1 + P_2 = U_{AB} I_A \cos \psi_1 + U_{CB} I_C \cos \psi_2.$$

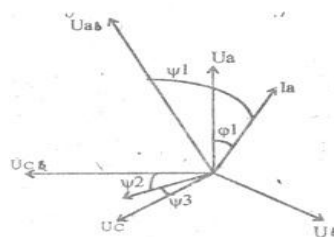


Рис. 4.7

В зависимости от характера нагрузки один из углов (ψ_1 или ψ_2) может стать больше 90° . В этом случае один из ваттметров будет показывать отклонение в противоположную сторону. Чтобы получить отсчет, надо изменить направление тока в одной из обмоток этого ваттметра. Показания берут со знаком минус, т.е. общая мощность равна алгебраической сумме показаний. В частном случае, когда система симметрична, $\psi_1=30+\varphi$, $\psi_2=30-\varphi$ и общую мощность находят по формуле

$$P=P_1+P_2=U_{ав}I_a\cos(30+\varphi)+U_{св}I_c\cos(30-\varphi)=U_{л}I_{л}2\cos30\cos\varphi=U_{л}I_{л}\cos\varphi.$$

Даже при полной симметрии показания ваттметров не равны и зависят от величины и знака угла φ . При значении φ , равном $0-60$ показания обоих положительны; при $\varphi=60$ показания первого ваттметра $P_1=0$; при $\varphi>60$ оба покажут отрицательные значения.

При измерении реактивной мощности однофазные реактивные ваттметры применяют для лабораторных измерений и поверки индукционных счетчиков. В отличие от обыкновенного ваттметра реактивный имеет усложненную схему параллельной цепи, в которую включают реактивное сопротивление для получения сдвига по фазе на 90° между током и напряжением. Тогда угол отклонения подвижной части будет пропорционален реактивной мощности. При измерении реактивной мощности в трехфазных цепях нет необходимости получать сдвиг по фазе на 90° , так как при переходе от схемы звезды к схеме треугольника всегда имеется напряжение, которое пропорционально измеряемому и сдвинуто по фазе на 90° . В соответствии с этим, например в несимметрично нагруженной трех- и четырехфазной сети, реактивную мощность Q определяют по схеме трех активных ваттметров, включенных по напряжению на "чужие" фазы (рис. 4.8).

Тогда реактивная мощность $Q = (P_1+P_2+P_3)/\sqrt{3}$

При равномерной нагрузке можно ограничиться одним из ваттметров.

Тогда $Q = \sqrt{3} \cdot P_1$. В трехфазной сети с равномерной нагрузкой (рис. 4.6, любая схема), реактивную мощность Q определяют по формуле

$$Q = \sqrt{3} \cdot (P_1 - P_2).$$

Реактивную мощность в трехфазной сети с равномерной и неравномерной загрузкой фаз Q находят по схеме с искусственной нулевой точкой (рис. 4.9):

$$Q = \sqrt{3} \cdot (P_1 + P_2).$$

Сопротивление, включенное на свободную фазу (R), подбирают так, чтобы оно вместе с обмотками напряжения ваттметров образовало симметричную звезду, а к ваттметрам были подведены фазовые напряжения:

$$R = R_{w1} = R_{w2}.$$

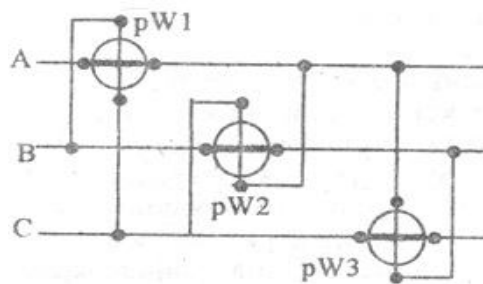


Рис. 4.8

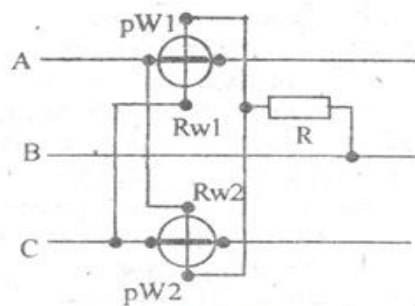


Рис 4.9

Для определения реактивной мощности указанными выше методами необходимо знать порядок чередования фаз сети. Если он окажется обратным, показания ваттметров во многих случаях будут отрицательными.

Контрольные вопросы

1. Какими способами измеряют мощность?
2. Напишите формулу измерения мощности
3. Что применяют для расширения пределов по току?
4. начертите схему Арона и опишите ее.

Лабораторная работа № 12

Исследование работы однофазного индукционного счетчика

Цель Работы: Ознакомиться с работой однофазного индукционного счетчика

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться со схемой поверки однофазного счётчика активной энергии
2. Установить заданную нагрузку
3. Результаты поверки счётчика представить в виде таблицы
4. Сделать выводы по результатам поверки.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Для счётчиков переменного тока используются индукционные измерительные механизмы. Отсчёт энергии в таких счётчиках производится по показаниям механизма – счётчика оборотов

$$W_x = C_0 \cdot N. \quad (1)$$

Единице электрической энергии 1 кВт·ч, регистрируемой счётным механизмом, соответствует определённое число оборотов диска счётчика. Это соотношение называется передаточным числом A и указывается на счётчике – 1 кВт·ч = N_0 оборотов диска.

Величина, обратная передаточному числу, т. е. энергия, регистрируемая счётчиком за 1 оборот, называется номинальной постоянной счётчика

$$C_0 = \frac{3600 \cdot 1000}{N_0}, \text{ Вт} \cdot \text{с/об.} \quad (2)$$

Под действительной постоянной счётчика понимается количество энергии, действительно израсходованной в цепи за время одного оборота диска счётчика. Эта энергия измеряется образцовыми приборами, например, ваттметром и секундомером. Действительная постоянная счётчика, в отличие

от номинальной, зависит от режима работы счётчика, а также от внешних условий. Зная значения постоянных C_0 и C , можно определить относительную погрешность счётчика

$$\delta = \frac{W_x - W}{W} 100\% = \frac{C_0 - C}{C} 100\% \quad (3)$$

где W_x – энергия, измеренная счётчиком; W – действительное значение энергии, израсходованной в цепи.

Поверку счётчиков осуществляют, согласно требованиям ГОСТ 14767-89. Перед определением погрешностей (в целях прогрева измерительного механизма) счётчик должен находиться в течение 15 минут под номинальным напряжением и номинальным током. Счётчик активной энергии при этом должен работать при $\cos \varphi = 1$, а счётчик реактивной энергии – при $\sin \varphi = 1$. При этом записывают промежуток времени, в течение которого счётчик прогревался, и показания счётного механизма до и после прогрева. Эти данные предназначаются для контроля правильности работы счётного механизма: произведение средней мощности нагрузки на время работы счётчика должно равняться разности показаний счётного механизма на один знак низшего разряда. Погрешность счётчика определяется

$$C_c = \frac{W_c - P \cdot t}{P \cdot t} 100\% \quad (4)$$

У каждого счётчика определяют отсутствие самохода и порог чувствительности.

Отсутствие самохода у счётчиков переменного тока проверяют при напряжении равном 110 % от номинального значения. При этом диск счётчика должен сделать не более одного полного оборота при отсутствии тока в цепи последовательной обмотки. Время определения отсутствия самохода должно быть не менее 10 минут.

Порог чувствительности определяют при номинальном напряжении. Под порогом чувствительности счётчика понимают минимальный ток в процентах от номинального, при котором диск при номинальном значении напряжения, номинальной частоте и $\cos \varphi = 1$ начинает безостановочно вращаться.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Ознакомиться со схемой рис. 1.

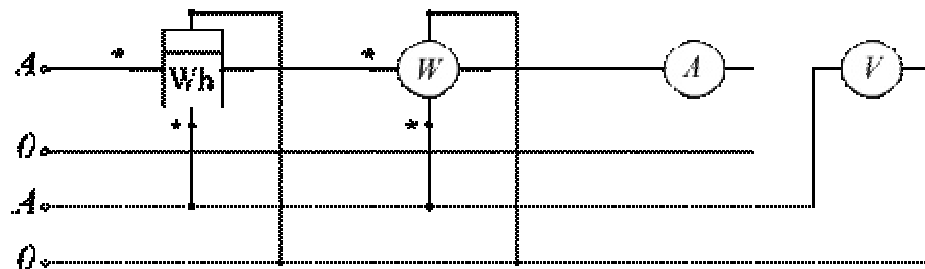


Рис. 8.1. Схема поверки однофазного счётчика активной энергии

2. Установив заданную нагрузку, отсчитать по секундомеру время t (не менее 50–60 с), в течение которого диск сделает целое число оборотов, и произвести запись показаний ваттметра. Измерение времени при одной и той же нагрузке и при одном и том же числе оборотов N произвести не менее 2 раз. За действительное значение времени принять среднее арифметическое.
3. Результаты поверки счётчика представить в виде табл. 1. Поверку произвести дважды: при $\cos \varphi = 1$ и $\cos \varphi = 0,5$.
4. Сделать выводы по результатам поверки.
5. Построить нагрузочную кривую счётчика. Объяснить характер её изменения.

Таблица 1

Результаты поверки счётчика

Поверка счётного механизма			Поверка счётчика									
P , Вт	Показания счётчика		T , мин	Нагрузка		C_0 ,	P ,	N ,	t ,	W ,	C ,	$\square$,
	Пуск, кВт·ч	Останов, кВт·ч		%	А	Вт·с/об	Вт	об	с	Вт·с	Вт·с/об	%
				150								
				100								

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Для каких счетчиков используются индукционные измерительные механизмы.
2. Согласно чего производят поверку счетчиков?
3. Величина, обратная передаточному числу?

Лабораторная работа № 13

Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом и омметром.

Цель Работы: Изучить способы измерения средних сопротивлений одинарным измерительным мостом и омметром.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом
2. Изучить способы измерения сопротивлений

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При изготовлении, монтаже и эксплуатации электротехнических и радиотехнических устройств и установок необходимо измерять электрическое сопротивление.

В практике для измерения сопротивлений применяют различные методы в зависимости от характера объектов и условий измерения (например, твердые и жидкие проводники, заземлители, электроизоляция); от требований точности и скорости измерения; от величины измеряемых сопротивлений.

Методы измерения малых сопротивлений существенно отличаются от методов измерения больших сопротивлений, так как в первом случае надо принимать меры для исключения влияния на результаты измерений сопротивления соединительных проводов, переходных контактов.

Далее рассмотрим только те методы, которые в практике применяют наиболее часто. Измерительные механизмы омметров. Для прямого измерения сопротивлений применяют магнитоэлектрические измерительные механизмы одно- и двухрамочные. Однорамочный механизм можно использовать для измерения сопротивлений.

С этой целью в прибор вводят добавочный резистор с постоянным

сопротивлением $[p\Omega]$ и снабжают его источником питания (например, батарейсухих элементов). Измеряемое сопротивление $[p\Omega]$ включается с измерителем

последовательно (рис. 1) или параллельно.

Если шкалу отградуировать по этому выражению в единицах сопротивления, то прибор будет омметром. Напряжение сухих элементов со временем уменьшается, поэтому в измерения вносится ошибка, тем большая, чем больше действительное напряжение отличается от того напряжения, при котором была градуирована шкала.

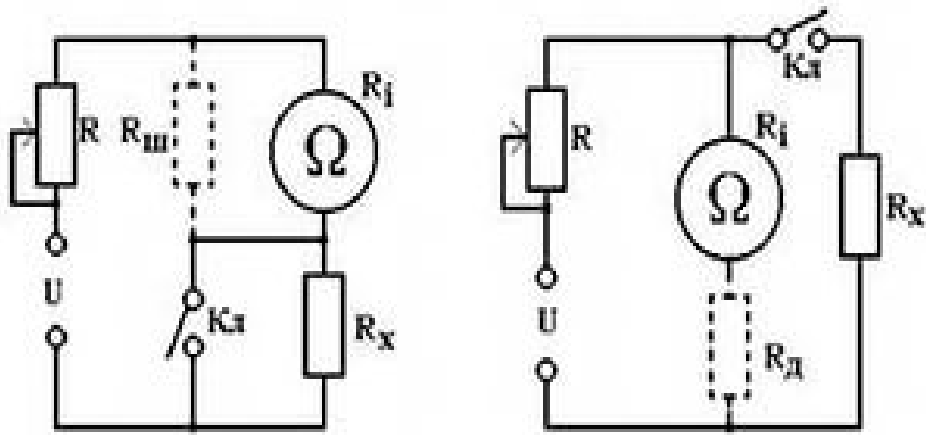
В двухрамочном измерительном механизме, который называют логометром, нет противодействующих пружин, вращающий и противодействующий моменты создаются электромагнитными силами. Поэтому при отсутствии тока в обмотках хорошо уравновешенная подвижная часть прибора находится в безразличном равновесии (стрелка останавливается у любого деления шкалы). Когда в катушках есть ток, на подвижную часть действуют два электромагнитных момента, направленные в противоположные стороны.

Магнитная цепь измерительного механизма устроена так, что магнитная индукция вдоль воздушного зазора распределена неравномерно, но с таким расчетом, что при повороте подвижной части в любую сторону вращающий момент уменьшается, а противодействующий момент увеличивается (в зависимости от направления поворота роль моментов меняется).

Омметры для измерения сопротивления изоляции снабжают источником питания с напряжением до 1000 В, чтобы измерение проводить при напряжении, примерно равном рабочему напряжению установки. Таким источником может быть встроенный магнитоэлектрический генератор с ручным приводом или трансформатор с выпрямителем, включаемый в сеть переменного тока. Омметры, рассчитанные на измерения больших сопротивлений (больше 1 МОм), называют мегаомметрами.

Одинарные мосты применяют в основном для измерения средних сопротивлений. При измерении малых сопротивлений измеряемый элемент

включают по особой схеме или применяют специальные мосты.



Контрольные вопросы

1. Расскажите двухрамочный механизм
2. Опишите жидкие и твердые проводники
3. Опишите последовательное и параллельное соединение

Лабораторная работа № 14

Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, и заземления.

Цель Работы: Ознакомиться с видами сопротивления изоляции электрооборудования, и заземления.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ:

1. Изучить способы измерения сопротивления электрооборудования
2. Ознакомиться со способами заземления электрооборудования
3. Изучить виды заземления

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Электрическая изоляция - важнейшее средство обеспечения электробезопасности. Наиболее важной характеристикой изоляции является величина её электрического сопротивления.

Действие переменных токов меньших 0,5 мА (пороговое значение ощутимого тока), практически не ощущается организмом человека. Согласно ГОСТ 12.1.038-82* переменный ток частотой 50 Гц, протекающий через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки и времени воздействия не более 10 мин в сутки, не должен превышать 0,3 мА.

В электроустановках используется несколько видов изоляции. Рабочая изоляция обеспечивает нормальное функционирование электроустановки. Она выбирается исходя из технических требований, поэтому надежность защиты человека не всегда оказывается приемлемой. Дополнительная (защитная) изоляция - независимая изоляция, являющаяся дополнением к рабочей изоляции и предназначенная для защиты человека от поражения электрическим током при повреждении рабочей изоляции. Двойная изоляция - это совокупность рабочей и дополнительной изоляции, при которой доступные прикосновению части электроустановки не приобретают опасного напряжения при повреждении только рабочей или только защитной

(дополнительной) изоляции. Усиленная изоляция - это улучшенная с учетом требований электробезопасности рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная. Она может быть однослойной или иметь несколько слоев, конструктивно выполненных так, что каждую из составляющих изоляции отдельно испытать нельзя. Двойную или усиленную изоляцию обязательно должны иметь устройства бытового и аналогичного общего применения.

В электроустановках с двойной изоляцией должна быть полностью исключена возможность прикосновения человека к неизолированным металлическим частям устройства, которые могут оказаться под напряжением при повреждении рабочей изоляции. Электроустановки с двойной или усиленной изоляцией не следует заземлять или занулять, поэтому они не имеют соответствующих присоединительных элементов. Электрическая изоляция должна выдерживать предельно возможные в условиях эксплуатации электрические, механические и тепловые нагрузки, соответствовать требованиям электробезопасности.

Для обеспечения надежности изоляции при выборе ее материала и параметров следует учитывать ряд факторов и требований. К ним относятся вид, назначение, особенности электроустановки и ее элементов, напряжения и токи, возможные электрические перегрузки, механические, термические и химические воздействия, параметры среды, требования пожарной безопасности, малой токсичности и др.

Со временем из-за старения и негативно действующих эксплуатационных факторов (резкие перепады температуры, чрезмерная увлажненность или сухость воздуха, загрязнения среды, механические и электрические перегрузки и т.п.) параметры изоляции, влияющие на опасность поражения током, могут ухудшиться. Поэтому систематически следует проводить профилактические осмотры состояния изоляции, устранять выявленные дефекты и осуществлять контроль изоляции - измерять ее активное сопротивление.

Различают непрерывный и периодический контроль изоляции.

Все измерения, связанные с периодическим контролем изоляции, должны осуществляться при обесточенном участке электрической сети и отключенных электроустановках. К токоведущим элементам, изоляция между которыми контролируется, в процессе измерения прикладывается измерительное напряжение, повышенное относительно напряжения электрической сети, что обеспечивается специальными измерительными приборами - мегаомметрами.

В процессе измерения не следует прикасаться к соединительным проводам, клеммам и элементам испытываемой цепи для исключения протекания тока через тело работающего с прибором.

При контроле сетевых электропроводок измеряют сопротивления изоляции на отдельных, предварительно обесточенных и отсоединенных от остальной части сети участках. Под участком электрической сети в данном случае понимают её часть, расположенную между двумя смежными аппаратами защиты (плавкими предохранителями, автоматическими выключателями) или за последним из них и нагрузкой.

Перед измерениями ограничивающие участок автоматы защиты отключают, плавкие вставки предохранителей удаляют, принимают меры для разряда емкостей с целью снятия возможных остаточных зарядов. Участок сети оказывается обесточенным. В силовых цепях отключают все электроприемники (приборы, оборудование), в осветительных цепях вывинчивают (вынимают) лампы, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки оставляют присоединенными.

После этого на исследуемом участке сети мегаомметром измеряют сопротивления изоляции между каждым проводом и землей (заземленным корпусом), а также между двумя любыми проводами.

Согласно ПУЭ контролируемое сопротивление изоляции на каждом участке сети с напряжением до 1 кВ должно быть не менее 500 кОм.

После окончания контроля участки сети подключают друг к другу, включают потребители и их сопротивления изоляции оказываются соединенными параллельно. Разветвленная сеть имеет большое число участков, поэтому результирующее сопротивление изоляции сети в целом может составлять, например, десятки кОм.

В электроинструментах сопротивление рабочей изоляции должно быть не менее 2 МОм, а усиленной или двойной - 7 МОм.

Выводы о соответствии сопротивлений изоляции требованиям ПУЭ делают на основе сравнения измеренных значений сопротивлений с нормативными.

Заземление электрической изоляция заземление сопротивление

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение какого-либо элемента электроустановки (ЭУ) с землей. В зависимости от назначения различают несколько видов заземления.

Рабочее заземление предназначено для выполнения технических требований и обеспечивает нормальное функционирование ЭУ. При этом может заземляться какая-либо точка токоведущей части ЭУ, например нейтраль источника питания сети (трансформатора, генератора).

Молниезащитное или грозозащитное заземление используют для защиты от молний и атмосферных перенапряжений.

Защитное заземление специально предназначено для обеспечения электробезопасности и позволяет уменьшить напряжение, приложенное к телу человека, до длительно допустимого значения. При этом заземляют металлические нетоковедущие части (корпус) электроустановки, доступные прикосновению человека, которые могут оказаться под напряжением, например, из-за повреждения изоляции фазного проводника сети.

Заземления электроустановок различных назначений, территориально приближенных одна к другой, рекомендуется конструктивно и электрически объединять в одно общее устройство заземления.

Для реализации заземления заземляемый элемент ЭУ соединяют с помощью заземляющего проводника с заземлителем, надежно контактирующим с землей и предназначенным для отвода в неё тока.

Заземляющий проводник с двумя или более ответвлениями называется магистралью заземления. Присоединение заземляемых частей ЭУ к магистрали заземления осуществляется с помощью отдельных проводников, последовательное подключение не допускается. Соединения заземляющих проводников между собой должны выполняться посредством сварки, а для присоединения их к заземляемым частям ЭУ можно использовать также болтовые соединения.

Совокупность заземлителя и заземляющих проводников представляет собой заземляющее устройство

Заземлитель - это проводник или группа электрически соединенных проводников, непосредственно контактирующих с грунтом Земли. К заземлителю подключаются (заземляются) нетоковедущие (при нормальном режиме работы) элементы электроустановок (например, их корпуса).

Различают естественные и искусственные заземлители, которые могут использоваться как отдельно, так и совместно.

Различают одиночные (одноэлектродные) искусственные заземлители и групповые (многоэлектродные), состоящие из электрически соединённых, чаще всего вертикальных электродов, расположенных в ряд или по контуру.

Контрольные вопросы

1. Что такое электрическая изоляция?
2. Опишите периодический и непрерывный контроль изоляции
3. Опишите одиночный заземлитель.
4. Опишите вертикальные электроды

Лабораторная работа №15

Измерение ёмкости методом амперметра и вольтметра.

Цель Работы: Освоить способы измерения ёмкости амперметра и вольтметра

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Изучить метод измерения емкости амперметром
2. Изучить метод измерения емкости вольтметром
3. Ознакомиться со схемой подключения приборов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Метод амперметра-вольтметра

Для косвенного измерения сопротивлений широко используют метод амперметра-вольтметра, в основу которого положен закон Ома для цепей постоянного тока.

Однако следует отметить, что этот метод позволяет получить лишь приближенное значение измеряемого сопротивления:

Прямой метод измерения сопротивлений

Для этого используют специальные приборы:

- омметры – измеряют средние сопротивления;
- мегомметры – измеряют большие сопротивления (сопротивления изоляции).

Они строятся на основе измерительных механизмов магнитоэлектрической системы. В зависимости от величины R_x (измеряемого сопротивления) используют схему с последовательным или параллельным включением R_x .

Омметры

Мегомметры

Ранее отмечался недостаток омметров, заключающийся в том, что их показания зависят от напряжения батареи, поэтому требуется постоянная калибровка. В связи с этим в омметрах используют логометрические измерительные механизмы. Такие приборы называют мегомметрами. В этом случае для питания используется сеть постоянного тока или специальный встроенный генератор.

Мостовой метод измерения сопротивлений

Измерительный мост – это обычно четырехплечая электрическая цепь, составленная из резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности, предназначенная для определения отношения параметров этих компонентов.

Элементы внутренней цепи, в данном случае сопротивления, соединенные в замкнутый четырехугольник, называют *плечами моста*, а элементы цепи питания и нулевого указателя (указателя равновесия) – *диагоналями*.

Существует два вида диагоналей моста, : диагональ питания и измерительная диагональ.

Измерительные мосты применяются только в тех случаях, когда требуется наивысшая точность измерения. Наилучшие трансформаторные измерительные мосты переменного тока характеризуются погрешностью порядка 0,0000001%.

Простейший мост для измерения сопротивления носит имя своего изобретателя Ч. Уитстона.

Измеряемое сопротивление является одним из четырех плеч моста.

Регулируя одно или два плеча моста, можно добиться отсутствия тока в диагонали нулевого указателя – *уравновесить мост*.

При равновесии моста измеряемое сопротивление определяется по

трем известным его сопротивлениям. Четырехплечий мост, работающий по этому принципу, называют *уравновешенным*.

Одинарные мосты постоянного тока применяются для измерений сопротивлений в пределах от единиц до сотен тысяч Ом.

Контрольные вопросы

1. Что такое измерительный мост?
2. Что такое емкость амперметра?
3. Что такое емкость вольтметра?
4. Закон Кирхгофа.

Лабораторная работа № 16

Измерение взаимной индуктивности мостом переменного тока.

Цель Работы: Изучить способы измерения взаимной индуктивности мостом переменного тока.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством механизма электронного осциллографа.
2. Рассмотреть схему моста для индуктивности
3. Ознакомиться с видами мостов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Условием равновесия мостовой схемы является равенство произведений сопротивлений противоположных плеч. Для схемы рис. 6.1 это условие выражается уравнением

$$\left(R_x - j \frac{1}{\omega C_x} \right) R_2 = \left(R_0 - j \frac{1}{\omega C_0} \right) R_3, \quad (6.1)$$

из которого следуют формулы для определения неизвестных параметров конденсатора

$$C_x = C_0 \frac{R_2}{R_3}; \quad R_x = R_0 \frac{R_3}{R_2}. \quad (6.2)$$

Аналогичные выражения можно записать и для схемы, предназначенной для измерения сопротивления и индуктивности катушки (рис. 6.2)

$$L_x = C_0 \cdot R_2 \cdot R_3; \quad R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_0}. \quad (6.3)$$

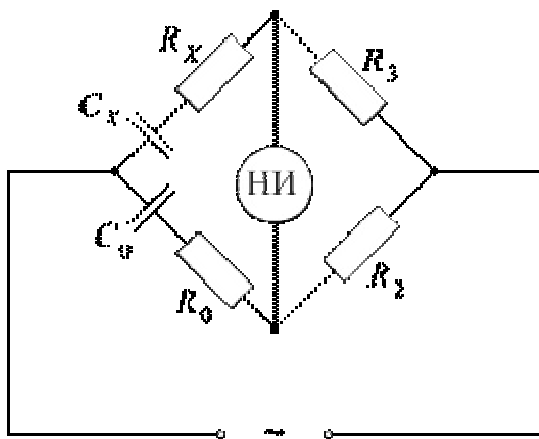


Рис. 6.1. Схема моста для измерения

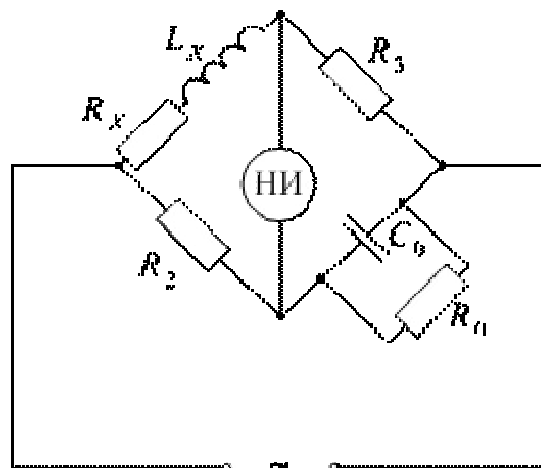


Рис. 6.2. Схема моста

для измерения индуктивности

Равновесие моста в процессе измерения добиваются путем

измерения сопротивлений R_0 , R_2 и R_3 . Режим равновесия наступает при нулевом показании нуль-индикатора (НИ).

Для измерений в лабораторных условиях параметров различных элементов выпускаются универсальные мосты. Обычно универсальный мост содержит набор образцовых резисторов и конденсаторов, из которых с помощью переключателя выбора типа измеряемого объекта составляются схемы рис. 6.1 или 6.2.

Значения сопротивления R_3 и образцовой ёмкости C_0 определяются диапазоном измерения и выбираются обычно переключателем «МНОЖИТЕЛЬ». Более точное уравнивание моста осуществляется переменными сопротивлениями R_2 и R_0 , рукоятки которых выведены на панель моста и отмечены надписями «ОТСЧЁТ» и «ФАЗА» соответственно.

При таком методе уравнивания активное сопротивление измеряемого объекта зависит от двух измеряемых резисторов R_2 и R_0 (6.2), (6.3), что не позволяет получить значение R_x непосредственным отсчётом. Вместо R_x в универсальных мостах измеряются тангенс угла потерь конденсатора

$$\operatorname{tg} \delta = \omega \cdot C_x \cdot R_x \quad (6.4)$$

и добротность катушки

Контрольные вопросы

1. Что такое электронный осциллограф?
2. Дайте определение электронно – лучевая трубка
3. опишите отклоняющую систему.

Лабораторная работа №17

Настройка, калибровка электронного осциллографа и измерение с его помощью напряжений, токов и частоты.

Цель работы: Изучить способы измерения взаимной индуктивности мостом переменного тока.

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством механизма электронного осциллографа.
2. Рассмотреть схему моста для индуктивности
3. Ознакомиться с видами мостов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Осциллограф

Используемый Вами осциллограф, по-видимому, двухканального типа (он позволяет наблюдать одновременно два отдельных сигнала). Следовательно, он имеет два входных кабеля и соединителя. Они обычно маркируются как канал 1 и 2 или А и В. Каждый кабель также имеет наименование; имеются два основных типа - прямой и аттенуаторный.

Кабели осциллографа

Кабель *прямого типа* является коаксиальным кабелем с двумя выводами, которые обычно имеют концевую заделку посредством зажимов типа "крокодил" для подключения к схеме. В этом кабеле могут использоваться также щуповые наконечники вместо двух зажимов типа "крокодил". В любом случае данный кабель подводит сигнал, который должен воспроизводиться на экране, напрямую (без ослабления) к осциллографу.

С *аттенюаторным типом соединителя* также используется коаксиальный кабель, но в общем случае применяется щуп вместо зажимов типа "крокодил". Узел щупа содержит последовательный резистор с большим сопротивлением, которое вместе с полным входным сопротивлением осциллографа формирует делитель напряжения. Таким образом, данный щуп и кабель выполняют ослабление (аттенюацию) сигнала в 10 раз.

Преимуществом такого кабеля является то, что он создает меньшую емкостную нагрузку для схем высокой частоты, позволяя визуализировать высокочастотные сигналы и сложные формы сигнала. Тем не менее, взамен имеет место потеря амплитуды сигнала, которая может обычно компенсироваться увеличением усиления осциллографа. Чтобы получить корректное измерение амплитуды сигнала, настройка осциллографа умножается на 10. Такие щупы называются щупами X10.

Измерение частоты

Для измерений частоты (f) на осциллографе сначала измерьте период (t) сигнала. Период - это время одного цикла. Самый простой способ сделать это - подсчитать количество горизонтальных делений между двумя последовательными пиками сигнала. Для измерений выполняйте следующие шаги:

Шаги при измерении частоты

1. Установите переключатель горизонтальной развертки для визуализации одного или двух периодов (циклов) сигнала.
2. Установите ручку непрерывного управления горизонтальной частотной разверткой в положение CAL (калибровка).
3. Подсчитайте количество делений между последовательными пиками сигнала. Используйте регулятор горизонтального сдвига для перемещения осциллограммы сигнала при необходимости.
4. Умножьте число делений на значение установки переключателя горизонтальной развертки. Вы получаете значение периода сигнала (t).
5. Чтобы вычислить частоту сигнала, найдите обратную величину периода: $f =$

1/t Пример: Переключатель горизонтальной развертки устанавливается на 20 мкс/деление. Предположим, Вы насчитали 4, 4 деления между последовательными пиками сигнала. Тогда его период (1) равен: $4,4 \times 20 = 88$ микросекунд. А частота сигнала равна:

$$f = 1/(88 \times 10^{-6}) = 11363,64 \text{ Гц или } 11,36 \text{ кГц}$$

Контрольные вопросы

1. Что такое кабель осциллографа?
2. Перечислите шаги при изменении амплитуды.
3. Перечислите шаги при изменении частоты.

Лабораторная работа № 18

Изучение устройства механизма электронного осциллографа

Цель Работы: Изучить устройство механизма электронного осциллографа

ОБОРУДОВАНИЕ: Методические указания по выполнению практических работ.

ХОД РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством электронного осциллографа
2. Изучить принцип работы электронно-лучевой трубки
3. Рассмотреть функциональную схему электронного осциллографа

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Электронный осциллограф – прибор, используемый для исследования быстропротекающих процессов, изменения электрических и неэлектрических величин (после преобразования последних в электрические). Основными элементами осциллографа являются электронно-лучевая трубка, генератор развертки, блок синхронизации, усилители отклоняющих пластин, блок питания.

Электронно-лучевая трубка

Электронно-лучевыми трубками (ЭЛТ) называют электровакуумные приборы, в которых сформированный электронный луч используется для преобразования электрических сигналов в световые. По принципу отклонения и фокусировки электронного луча различают два вида трубок: электростатические и электромагнитные. В первых для отклонения и фокусировки луча используется электрическое поле (электростатические ЭЛТ), во вторых – магнитное поле (электромагнитные ЭЛТ). Электростатические ЭЛТ используются в основном в измерительной технике, в частности в осциллографах. Электромагнитные ЭЛТ применяют в телевизорах и мониторах.

Рассмотрим более подробно работу ЭЛТ с электростатическим управ-

лением. ЭЛТ представляет собой стеклянную колбу, откачанную до высокого вакуума (рис. 1). Внутри нее расположены электронная пушка, две пары отклоняющих пластин и флуоресцирующий экран. **Э л е к т р о н н а я**
4

п у ш к а служит для создания электронного луча и фокусирования его на экране. Она помещена в узкой удлиненной части стеклянного баллона

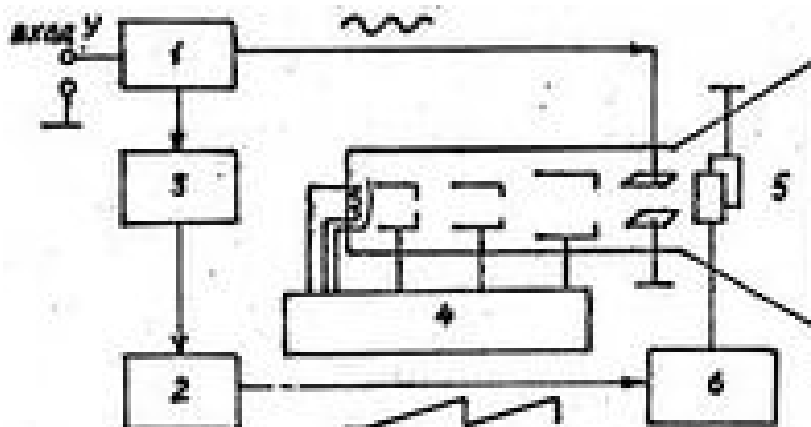


Рис.1. Функциональная схема осциллографа:
1 - усилитель Y ; 2 - генератор пилообразных сигналов; 3 - блок синхронизации; 4 - блок синхронизации; 5 - электронно-лучевая трубка; 6 - усилитель X

О т к л о н я ю щ а я с и с т е м а смещает луч в двух взаимно перпендикулярных направлениях и состоит из двух пар пластин, отклоняющих луч по вертикали 8 и отклоняющих луч по горизонтали 9. **Э к р а н 5** предназначен для преобразования кинетической энергии электронов луча в световую. Для этого на внутреннюю сторону торцевой части ЭЛТ наносят тонкий слой вещества, способного светиться при бомбардировке электронами. Это вещество называется **л ю м и н о ф о р о м**. Состав люминофора определяет цвет свечения экрана. В процессе бомбардировки экрана электроны, оседая на нем, увеличивают его отрицательный заряд. Поэтому для предотвращения запыливания трубки ее внутреннюю поверхность покрывают токопроводящим слоем из графита 6 (аквадагом), который соединяют со вторым анодом. Тогда вторичные электроны, выбиваемые из экрана электронным лучом, притягиваются аквадагом и на экране не накапливается отрицательный заряд.

Рассмотрим более подробно устройство и назначение отдельных элементов электронной пушки. К а т о д выполнен в виде цилиндра, в котором помещена нить накала 7. Нить накала (небольшая спираль, через которую пропускается электрический ток) нагревает катод до температуры выше тысячи градусов. За счет явления термоэлектронной эмиссии из катода происходит испускание электронов. У п р а в л я ю щ и й э л е к т р о д 2 представляет собой никелевый цилиндр с отверстием (диафрагмой) в торцевой части и служит для регулирования яркости свечения пятна на экране трубки. Управляющий электрод соединен с потенциометром яркости $R_{п}$ и имеет отрицательный потенциал относительно катода. Меняя потенциал, можно регулировать количество электронов в луче. При некотором значении потенциала ни один электрон не может преодолеть тормозящее поле управляющего электрода и трубка оказывается запертой.

А н о д ы $A1$ 3 и $A2$ 4 выполнены в виде цилиндров разных диаметров. В аноде $A1$ имеется две, а в аноде $A2$ – одна диафрагма. На аноды относительно катода подают большое положительное напряжение (на первый $\sim 0,5$ кВ, на второй – несколько киловольт). Аноды служат для ускорения электронов луча и их фокусирования электронного луча. На рис. 1 приведена также электрическая схема включения элементов электронной пушки, позволяющая создавать необходимые значения напряжения (потенциалы) на каждом элементе.

Рассмотрим подробнее механизм фокусировки электронного пучка.

Фокусировка происходит в промежутке между первым и вторым анодами за счет действия электрического поля на поток электронов. На рис. 2 представлена схема, поясняющая фокусирующее и ускоряющее действие системы анодов. Электрическое поле между анодами неоднородно и направлено от анода $A2$ к аноду $A1$, так как потенциал $A2$ выше потенциала $A1$. На электрон в этом поле действует сила, направленная по касательной к силовой линии в точке, где в данный момент находится электрон. На электроны, находящиеся в точках I и I' , в области первого анода действуют силы

F_1 и F_1' , которые могут быть разложены на продольные составляющие F_{y1} и F_{y1}' , ускоряющие электроны, и поперечные F_{x1} и F_{x1}' , под действием которых электроны движутся к оси трубки (фокусирующее действие). В точках 2 и 2' в области второго анода продольные составляющие ускоряют электроны в том же направлении, а фокусирующие F_{x2} и F_{x2}' отклоняют электроны от оси трубки. Следовательно, фокусирующее действие первого анода эквивалентно собирательной линзе, а второго – рассеивающей. Таким образом, всю фокусирующую систему можно рассматривать как электростатическую линзу.

Собирающее действие первого анода сильнее, чем рассеивающее действие второго, поперечное перемещение к оси трубки больше, чем от нее. Поэтому электроны луча сходятся в некоторой точке, лежащей на продольной оси трубки. При изменении с помощью потенциометра напряжения между анодами изменяют значения и конфигурацию электрического поля, а следовательно, и положение фокуса на оси, которое таким образом можно совместить с плоскостью экрана.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Для чего предназначен электронный осциллограф?
2. Перечислите составные части механизма электронного осциллографа?
3. Для чего служит электронная пушка?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Панфилов В.А. Электрические измерения. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.
2. Шишмарев В.Ю. Измерительная техника. – М.: Издательский центр «Академия», 2008
3. Шишмарев В.Ю. Средства измерений: Учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений. М.: Академия, 2010

Дополнительная:

1. Ракк М.А. Измерения в цифровых системах передачи: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, 2004
2. Раннев Г.Г., Суругина В.А., Тарасенко А.П. и др. Информационно-измерительная техника и электроника. М.: Академия, 2009
3. Шишмарёв В.Ю. Измерительная техника . М.: Феникс, 2008