



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

С.Б. Меняшева

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качества учебного пособия*

Магнитогорск
2015

УДК 621.317 (075)
М 50

Рецензенты:

Заместитель начальника цеха «Электросервис №1»,
ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»
В.В. Полехин

Преподаватель первой категории,
ГАОУ СПО (ССУЗ) ЧО «Политехнический колледж»
Т.Б. Ремез

Меняшева С. Б.

Измерительная техника: [Электронный ресурс] : учебное пособие / Светлана Борисовна Меняшева ; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (0,7 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

Пособие направлено на организацию эффективного процесса подготовки к экзамену по дисциплине «Измерительная техника». Для обеспечения продуктивности работы приводятся краткие теоретические сведения по изучаемым темам, таблицы, алгоритмы, образцы выполнения заданий. Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой по учебной дисциплине и предназначено для студентов очной формы, обучающихся по специальности 140448 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования.

УДК 621.317 (075)
М 50

© Меняшева С.Б., 2015
© ФГБОУ ВПО «Магнитогорский
государственный технический
университет им. Г.И. Носова», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	5
Входной тест.....	7
Раздел 1. Государственная система обеспечения единства измерений.....	8
1.1. Основные виды и методы измерений	8
1.3. Общие сведения об электроизмерительных приборах.....	12
Раздел 2. Приборы и методы измерения.....	16
2.1. Механизмы и измерительные цепи электромеханических приборов.....	16
2.2. Приборы и методы измерения тока.....	17
2.3. Приборы и методы измерения напряжения	20
2.4 Приборы и методы измерения параметров электрических цепей	23
2.5. Приборы и методы измерения магнитных величин	26
2.6. Приборы и методы измерения мощности и энергии	27
2.7. Электрические измерения неэлектрических величин	30
Раздел 3. Исследование формы сигналов	33
3.1. Осциллографы	33
3.2. Приборы и методы измерения фазового сдвига	35
Контрольная работа	36
Вариант №1.....	36
Вариант № 2.....	37
Вариант №3.....	38
Вариант №4.....	39
Вариант № 5.....	40
Вариант №6.....	41
Вариант №7.....	42
Вариант №8.....	43
Вариант №9.....	44
Вариант №10.....	45
Вариант №11.....	46
Вариант №12.....	47
Вариант №13.....	48
Вариант №14.....	49
Вариант №15.....	50
Вариант № 16.....	51
Вариант №17.....	52
Вариант №18.....	53
Вариант №19.....	54

Вариант №20.....	55
Вариант №21.....	56
Вариант №22.....	57
Вариант №23.....	58
Вариант №24.....	59
Вариант №25.....	60
Вариант №26.....	61
Вариант №27.....	62
Вариант №28.....	63
Вариант №29.....	64
Вариант №30.....	65
Вариант №31.....	66
Вариант № 32.....	67
Список используемой литературы	68

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Измерительная техника» является общепрофессиональной, формирующей базовые знания, необходимые для освоения специальных дисциплин.

Данная учебная дисциплина предусматривает изучение основных методов и средств измерения электрических и неэлектрических величин, выбор измерительной техники, составление измерительных схем.

Дисциплина «Измерительная техника» имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с другими общепрофессиональными дисциплинами: «Электротехника», «Электронная техника», «Метрология, стандартизация и сертификация». В результате изучения учебной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

ПК 1.1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.2. Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.3. Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.4. Осуществлять контроль параметров электрического и электромеханического оборудования.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

иметь представление:

- о роли и месте знаний при освоении основной профессиональной образовательной программы.

- о новейших достижениях и перспективах развития в области электроизмерительной техники.

знать:

- основные методы и средства измерения электрических величин;

- основные виды измерительных приборов на точность измерения;

- принципы автоматизации измерений.

- условные обозначения и маркировку изделий;

- назначение и область применения измерительных устройств;

уметь:

- составлять измерительные схемы;

- выбирать средства измерения;

- измерять с заданной точностью различные электротехнические величины;

- определять значение измеряемой величины и показатели точности измерений;

- использовать средства вычислительной техники для обработки и анализа измерений.

При изложении материала соблюдается единство измерения в соответствии с действующими стандартами. Формы проведения занятий выбирается преподавателем, исходя из цели содержания материала и степени подготовки студентов. Для лучшего усвоения учебного материала предусматривается проведение лабораторных и практических занятий, обращается внимание на прикладной характер измерений, умение студента провести эксперимент, снять показания, осмыслить полученные результаты.

Выполнение контрольной работы является наиболее важной и ответственной стадией изучения предмета. К выполнению работы следует приступать после тщательного изучения

теоретического материала, решения рекомендованных задач и проработки вопросов для самопроверки. Не рекомендуется выполнять всю контрольную работу сразу; целесообразно, проработав определённую тему, решить соответствующую задачу или ответить на вопросы. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради. Условие задачи полностью переписывается. Оставляются поля шириной 25-30 мм для замечаний рецензента, а в конце тетради 2-3 свободные страницы для рецензии. Формулы и расчёты пишутся чернилами, а чертежи и схемы делаются карандашом, с необходимыми условными обозначениями и размерами; на графиках указывается масштаб. Условные обозначения должны соответствовать существующему ГОСТу. Решение задач обязательно ведётся в новой Международной системе СИ.

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать единство терминологии, обозначений, единиц измерения в соответствии с действующими стандартами. В данном учебном пособии приведены краткие теоретические сведения по изучаемым темам. Для более полного изучения дисциплины необходимо воспользоваться рекомендуемой литературой.

ВХОДНОЙ ТЕСТ

1. Каким внутренним сопротивлением обладают приборы амперметр и вольтметр:

- а) малым и большим
- б) большим и большим
- в) оба малым
- г) оба большим
- д) приборы могут иметь любое сопротивление

2. Как включаются приборы амперметр и вольтметр по отношению к нагрузке

- а) параллельно и последовательно
- б) параллельно и параллельно
- г) последовательно и последовательно
- д) способ включения зависит от вида нагрузки.

3. Укажите формулу, по которой нельзя определить общее сопротивление двух параллельно включенных резисторов.

а) $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

б) $R_{\text{общ}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$

в) $R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

4. Назовите основные единицы в системе СИ:

- а) метр, килограмм, секунда, вольт
- б) сантиметр, грамм, секунда, ампер
- в) метр, килограмм, секунда, ампер
- г) все перечисленные единицы.

5. Какое соотношение параметров трансформатора не соответствует его коэффициенту трансформации.

а) $K = \frac{U_1}{U_2}$; б) $K = \frac{I_2}{I_1}$; в) $K = \frac{w_1}{w_2}$; г) $K = \frac{U_1}{I_1}$

РАЗДЕЛ 1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Основные виды и методы измерений

Измерение – совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой за единицу, хранящуюся в техническом средстве (средстве измерений).

Получившееся значение называется числовым значением измеряемой величины, числовое значение совместно с обозначением используемой единицы называется значением физической величины. Измерение физической величины опытным путём проводится с помощью различных средств измерений – мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, систем, установок и т. д. Измерение физической величины включает в себя несколько этапов:

- 1) сравнение измеряемой величины с единицей;
- 2) преобразование в форму, удобную для использования (различные способы индикации).

Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Метод измерений – приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

Примеры измерений:

- 1) В простейшем случае, прикладывая линейку с делениями к какой-либо детали, по сути сравнивают её размер с единицей, хранимой линейкой, и, произведя отсчёт, получают значение величины (длины, высоты, толщины и других параметров детали).
- 2) С помощью измерительного прибора сравнивают размер величины, преобразованной в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора, и проводят отсчёт.

В тех случаях, когда невозможно выполнить измерение (не выделена величина как физическая, или не определена единица измерений этой величины) практикуется оценивание таких величин по условным шкалам, например, Шкала Рихтера интенсивности землетрясений, Шкала Мооса – шкала твёрдости минералов.

Наука, предметом изучения которой являются все аспекты измерений, называется **метрологией**.

Согласно РМГ 29-99 «Метрология. Основные термины и определения» выделяют следующие виды измерений:

- *Прямое измерение* – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно.

- *Косвенное измерение* – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

- *Совместные измерения* – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними.

- *Совокупные измерения* – проводимые одновременно измерения нескольких одноимённых величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

• *Равноточные измерения* – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

• *Неравноточные измерения* — ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

• *Однократное измерение* — измерение, выполненное один раз.

• *Многократное измерение* — измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, то есть состоящее из ряда однократных измерений

• *Статическое измерение* — измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

• *Динамическое измерение* — измерение изменяющейся по размеру физической величины.

• *Абсолютное измерение* — измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

• *Относительное измерение* — измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Классификация измерений

1) По методам измерений

• *Метод непосредственной оценки* — метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

• *Метод сравнения с мерой* — метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

• *Нулевой метод измерений* — метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

• *Метод измерений замещением* — метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

• *Метод измерений дополнением* — метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

• *Дифференциальный метод измерений* — метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

2) По условиям, определяющим точность результата

Метрологические измерения

• Измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения и в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин. Сюда относятся также измерения физических констант, прежде всего универсальных, например измерение абсолютного значения ускорения свободного падения.

• Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения. В этот класс включены измерения, выполняемые лабораториями государственного контроля (надзора) за

соблюдением требований технических регламентов, а также состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями. Эти измерения гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого, заранее заданного значения^[1].

• *Технические измерения*, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на промышленных предприятиях, в сфере услуг и др.

3) По отношению к изменению измеряемой величины

- Статические
- динамические.

4) По результатам измерений

• *Абсолютное измерение* — измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

• *Относительное измерение* — измерение отношения величины к одноимённой величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноимённой величине, принимаемой за исходную.

5) По точности

• *Равноточные измерения* — однотипные результаты, получаемые при измерениях одним и тем же инструментом или им подобным по точности прибором, одним и тем же (или аналогичным) методом и в тех же условиях.

• *Неравноточные измерения* — измерения, произведённые в случае, когда нарушаются эти условия.

6) По числу измерений

- Однократное измерение — измерение выполненное один раз
- Многократное измерение — Измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т. е. состоящее из ряда однократных измерений

1.2. Погрешности измерений

Погрешность измерения — оценка отклонения измеренного значения величины от её истинного значения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения.

Классификация погрешности

По форме представления:

1) *Абсолютная погрешность* — величина равная разности между измеренным $A_{из}$ и действительным A значениями измеряемой величины:

$$\Delta A = A_{из} - A.$$

2) *Относительной погрешностью* — выраженной процентным отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины:

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$$

А так как разница между A и $A_{из}$ обычно относительно мала, то можно считать, что

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{из}} \cdot 100\%$$

3) *Приведенная погрешность* служит для оценки точности электроизмерительных приборов определяется следующим выражением

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{пред}} \cdot 100\%,$$

где $A_{пред}$ – номинальное значение шкалы прибора, т.е. максимальное значение шкалы на выбранном пределе измерения прибора. Приведенная погрешность определяет класс точности прибора.

Числа, указывающие класс точности прибора γ_0 , обозначают наибольшую допустимую приведенную погрешность в процентах ($\gamma_0 \geq \gamma_{пр. max}$). Т.е. при нормальной эксплуатации максимальное значение приведенной погрешности не должно превышать класс точности.

Следует иметь в виду, что каждый, даже самый лучший прибор, имеет некоторую погрешность измерения. По степени точности приборы делят на 8 классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4, причем самый точный прибор имеет класс 0,05. Погрешность тем меньше, чем ближе измеряемая величина к номинальному значению прибора. Поэтому предпочтительно использовать такие приборы, у которых во время измерения стрелка будет находиться во второй половине шкалы.

По причине возникновения:

1) *Инструментальные / приборные погрешности* — погрешности, которые определяются погрешностями применяемых средств измерений и вызываются несовершенством принципа действия, неточностью градуировки шкалы, ненаглядностью прибора.

2) *Методические погрешности* — погрешности, обусловленные несовершенством метода, а также упрощениями, положенными в основу методики.

3) *Субъективные / операторные / личные погрешности* — погрешности, обусловленные степенью внимательности, сосредоточенности, подготовленности и другими качествами оператора.

В технике применяют приборы для измерения лишь с определённой заранее заданной точностью — основной погрешностью, допускаемой в нормальных условиях эксплуатации для данного прибора.

Если прибор работает в условиях, отличных от нормальных, то возникает дополнительная погрешность, увеличивающая общую погрешность прибора. К дополнительным погрешностям относятся: температурная, вызванная отклонением температуры окружающей среды от нормальной, установочная, обусловленная отклонением положения прибора от нормального рабочего положения, и т. п. За нормальную температуру окружающего воздуха принимают 20 °С, за нормальное атмосферное давление 101,325 кПа.

По характеру проявления:

1) *Случайная погрешность* — составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом в серии повторных измерений одной и той же величины, проведенных в одних и тех же условиях. В появлении таких погрешностей не наблюдается какой-либо закономерности, они обнаруживаются при повторных измерениях одной и той же величины в виде некоторого разброса получаемых результатов. Случайные погрешности неизбежны,

неустраняемы и всегда присутствуют в результате измерения, однако их влияние как правило можно устранить статистической обработкой. Описание случайных погрешностей возможно только на основе теории случайных процессов и математической статистики.

2) *Систематическая погрешность* — погрешность, изменяющаяся во времени по определённому закону (частным случаем является постоянная погрешность, не изменяющаяся с течением времени). Систематические погрешности могут быть связаны с ошибками приборов (неправильная шкала, калибровка и т. п.), неучтёнными экспериментатором. Систематическую ошибку нельзя устранить повторными измерениями. С.о. устраняют либо с помощью поправок или «улучшением» эксперимента.

3) *Прогрессирующая (дрейфовая) погрешность* — непредсказуемая погрешность, медленно меняющаяся во времени. Она представляет собой нестационарный случайный процесс.

4) *Грубая погрешность (промах)* — погрешность, возникшая вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности аппаратуры (например, если экспериментатор неправильно прочёл номер деления на шкале прибора или если произошло замыкание в электрической цепи).

Надо отметить, что деление погрешностей на случайные и систематические достаточно условно. Например, ошибка округления при определенных условиях может носить характер как случайной, так и систематической ошибки

Пример 1

Образцовый и лабораторный амперметр соединены последовательно, показание образцового прибора равно $I_0=5\text{А}$, показание лабораторного прибора $I_x=5,07\text{А}$. Найдите абсолютную, относительную и приведенную погрешность данного измерения. Установите класс точности лабораторного прибора, если предел измерения у обоих приборов 25А.

1. Абсолютная погрешность:

$$\Delta I = I_x - I_0 = 5,07 - 5 = 0,07(\text{А})$$

2. Относительная погрешность:

$$\beta\% = \frac{\Delta I}{I_0} \cdot 100\% = \frac{0,07}{5} \cdot 100\% = 1,4\%$$

3. Приведенная погрешность:

$$\gamma\% = \frac{\Delta I}{I_{\max}} \cdot 100\% = \frac{0,07}{25} \cdot 100\% = 0,28\%$$

Класс точности устанавливается по величине приведенных погрешностей с учетом стандартных величин классов точности.

$$K = \dots 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 \dots$$

Т.к. класса точности 0,28 не существует, то выбираем ближайший больший по величине класс точности. Таким образом, данный лабораторный прибор соответствует классу точности $k=0,5$

1.3. Общие сведения об электроизмерительных приборах

В зависимости от способа, который используется для сравнения измеряемой величины с единицей измерения, электроизмерительные приборы подразделяются на приборы непосредственной оценки (вольтметр) и приборы сравнения, служащие для сравнения измеряемой величины с известными, которые иногда монтируются в прибор (мост для измерения сопротивления).

По способу получения отсчета измерительные приборы подразделяются на приборы с непосредственным отсчетом, управляемым отсчетом и самопишущие.

Электроизмерительные приборы классифицируются по роду измеряемой величины: амперметр, вольтметр и т. д.

Классификация по роду тока: приборы постоянного, переменного, постоянно-переменного тока.

Приборы с непосредственным отсчетом, кроме того, подразделяются

1. по принципу действия в зависимости от системы: приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, электростатической систем; цифровые и т.д.

2. по степени точности: приборы классов (см. ниже) точности 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 .

Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы:

1) Обозначения принципа действия прибора

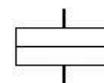
1. Магнитоэлектрический с подвижной рамкой



2. Электромагнитный



3. Электродинамический



4. Электростатический



2) Обозначения тока

1. Постоянный



2. Переменный однофазный



3. Постоянный и переменный



3) Обозначения положения прибора

1. Горизонтальное положение шкалы



2. Вертикальное положение шкалы



3. Наклонное положение шкалы под углом к горизонту



4) Обозначения единиц измерения физических величин

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Ампер - А | 10. Микроом – мкОм |
| 2. Миллиампер – мА | 11. Фарада – Ф |
| 3. Микроампер – мкА | 12. Микрофарад – мкФ |
| 4. Вольт – В | 13. Нанофарад - нФ |
| 5. Киловольт – кВ | 14. Пикофарад – пФ |
| 6. Милливольт – мВ | 15. Генри – Гн |
| 7. Ом – Ом | 16. Миллигенри – мГн |
| 8. Мегаом – МОм | 17. Микрогенри – мкГн |
| 9. Килоом – кОм | 18. Тесла – Тл |

В зарубежных странах обозначения средств измерений устанавливаются предприятиями-изготовителями, в России (и частично в других странах СНГ) традиционно принята унифицированная система обозначений, основанная на принципах действия электроизмерительных приборов. В состав обозначения входит прописная русская буква, соответствующая принципу действия прибора, и число — условный номер модели. Например: С197 — киловольтметр электростатический. К обозначению могут добавляться буквы М (модернизированный), К (контактный) и другие, отмечающие конструктивные особенности или модификации приборов.

- **В** — приборы вибрационного типа (язычковые)
- **Д** — электродинамические приборы
- **Е** — измерительные преобразователи
- **И** — индукционные приборы
- **К** — многоканальные и комплексные измерительные установки и системы
- **Л** — логометры
- **М** — магнитоэлектрические приборы
- **Н** — самопишущие приборы
- **П** — вспомогательные измерительные устройства
- **Р** — меры, измерительные преобразователи, приборы для измерения параметров элементов электрических цепей
- **С** — электростатические приборы
- **Т** — термоэлектрические приборы
- **У** — измерительные установки
- **Ф** — электронные приборы
- **Х** — нормальные элементы
- **Ц** — приборы выпрямительного типа
- **Ш** — измерительные преобразователи
- **Э** — электромагнитные приборы

Общие элементы приборов

1) Шкала

Шкала обычно представляет собой светлую поверхность с черными делениями и цифрами, соответствующими определенным значениям измеряемой величины. Форма шкалы зависит от конструкции прибора, класса точности и ряда других факторов.

На шкале каждого прибора наносятся следующие обозначения:

1. Обозначение единицы измеряемой величины.
2. Условное обозначение системы прибора (или принципа действия прибора).
3. Обозначение класса точности прибора.
4. Условное обозначение положения прибора.
5. Условное обозначение степени защищенности от магнитных и других влияний.
6. Величина испытательного напряжения изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу.
7. Год выпуска и заводской номер.
8. Обозначение рода тока.
9. Тип прибора.
10. Значение силы тока, соответствующее определенным значениям напряжения, и значения напряжения, соответствующие определенным значениям силы тока.

Шкалы приборов имеют деления. Для перевода числа делений в единицы измеряемой величины необходимо отсчет по шкале умножить на цену деления шкалы для данного предела измерения.

Цена деления – это число единиц измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы.

Чтобы определить цену деления шкалы, нужно предел измерения прибора разделить на общее число делений шкалы.

2) Указатель

Может быть выполнен в виде стрелки или светового пятна с темной нитью посередине. По форме стрелки бывают нитевидными, ножевидными и копьевидными.

РАЗДЕЛ 2. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

2.1. Механизмы и измерительные цепи электромеханических приборов

1) Магнитоэлектрическая система.

Принцип работы основан на взаимодействии тока, протекающего по обмотке подвижной катушки, с магнитным полем постоянного магнита.

Основные детали: постоянный магнит и подвижная катушка(рамка), по которой проходит ток, пружины.

При прохождении тока через рамку возникает вращающий момент, под действием которого подвижная часть прибора поворачивается вокруг своей оси на некоторый угол φ .

Вращающий момент приборов магнитоэлектрической системы прямо пропорционален силе тока:

$$M_{вр.} = k_1 \cdot I,$$

где: $k_1 = B \cdot S \cdot n$, B – магнитная индукция поля постоянного магнита, S – площадь катушки, n – число витков катушки.

Противодействующий момент создается спиральными пружинами и пропорционален углу поворота рамки:

$$M_{пр.} = k_2 \cdot \varphi,$$

где k_2 - коэффициент, характеризующий упругие свойства пружины.

При равновесии подвижной части прибора вращающий момент равен противодействующему. Из этого условия равновесия для приборов магнитоэлектрической системы $\varphi \sim I$, и поэтому их шкалы равномерны.

Поворачиваясь, катушка отклоняет стрелку прибора. Магнитоэлектрические приборы служат только для измерения постоянного тока и напряжения, так как направление поворота рамки зависит от направления тока в ней. Если по катушке пропустить переменный ток частотой 50 Гц, то направление вращающего момента станет меняться сто раз в секунду, подвижная часть не будет успевать за током и стрелка не отклонится. Приборы данной системы пригодны для использования в цепях постоянного тока.

2) Электромагнитная система.

Принцип работы основан на взаимодействии магнитного поля неподвижной катушки с сердечником из ферромагнитного материала, внесенного в это поле.

Основные детали: неподвижная катушка и подвижный сердечник из ферромагнетика.

Вращающий момент, действующий на подвижную часть прибора, пропорционален квадрату силы тока:

$$M_{вр.} = C \cdot I^2,$$

где C – коэффициент, зависящий от числа витков катушки, материала, формы сердечника и его положения относительно подвижной части.

При равновесии подвижной части прибора угол поворота оказывается пропорционален квадрату тока. Вследствие этого шкала приборов электромагнитной системы неравномерна.

Вследствие квадратичной зависимости направление отклонения стрелки прибора не зависит от направления тока, и, следовательно, могут применяться в цепях как постоянного, так и переменного токов.

3) Электродинамическая система.

Принцип работы основан на взаимодействии двух катушек(рамок), по которым течет ток. Одна из них неподвижна, а другая подвижна. Перемещение катушек относительно друг друга обуславливается тем, что проводники, по которым протекают токи одного направления, притягиваются, а с токами противоположных направлений – отталкиваются.

Вращающий момент, действующий на подвижную катушку, пропорционален произведению силы тока в подвижной I_n и неподвижной I_n катушках:

$$M_{вр.} = C \cdot I_n \cdot I_n ,$$

где C – коэффициент, зависящий от числа витков катушек, размеров и формы катушек и их взаимного расположения.

Из условия равновесия несложно определить, что угол поворота стрелки пропорционален токам, протекающим через катушки и шкалы амперметра и вольтметра электродинамической системы неравномерны, а для ваттметров равномерны.

4) Электростатическая система.

Принцип работы основан на действии электростатического поля, созданного между двумя неподвижными электродами, на подвижный электрод. Когда к неподвижным электродам приложено напряжение, подвижный электрод стремится расположиться так, чтобы емкость была наибольшей, вследствие чего подвижная часть отклоняется от первоначального положения. Вращающий момент, действующий на подвижную часть прибора, пропорционален квадрату напряжения. Вследствие этого шкала приборов электростатической системы неравномерна.

5) Цифровые измерительные приборы.

Основой цифрового вольтметра является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В настоящее время имеется множество схемотехнических принципов построения АЦП, однако общим из них является сравнение измеряемой величины с набором эталонов. Основными характеристиками АЦП являются точность преобразования (число разрядов в выходном коде) и быстродействие. Можно условно разделить АЦП на два класса: последовательного счета, когда выходной код определяется равенством измеряемого напряжения с дискретно растущим эталонным напряжением и параллельного, когда сигнал сравнивается с набором эталонных напряжений.

Цифровой амперметр можно реализовать установив на входе цифрового вольтметр калиброванный резистор небольшой величины, через который протекает измеряемый ток. Падение напряжения на входном резисторе, пропорциональное протекающему току, измеряется цифровым вольтметром, табло которого соответствующим образом градуируется.

2.2. Приборы и методы измерения тока

Для измерения тока амперметр включают последовательно с нагрузкой R_1 (в разрыв ветви) (рис.1).

В связи с тем, что сопротивление амперметра R_A отлично от нуля, возникает методическая погрешность измерения, обусловленная включением амперметра:

$$\delta_A = \frac{I - I_x}{I_x} \cdot 100 = - \frac{R_A/R_1}{1 + R_A/R_1} \cdot 100$$

Обычно $R_A \ll R_1$, поэтому $\delta_A \approx -(R_A/R_1) \cdot 100$

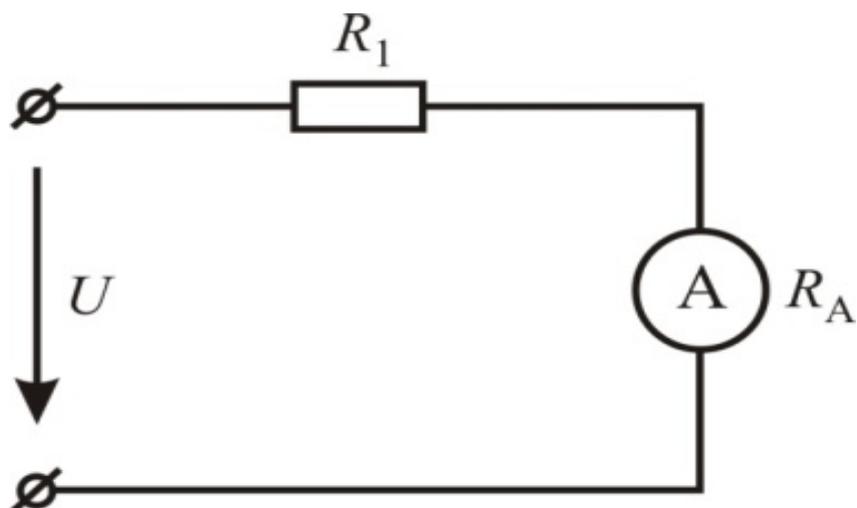


Рис. 1. Электрическая схема для измерения постоянного тока

Погрешность измерения тока за счет влияния сопротивления амперметра отрицательна, так как показание прибора несколько меньше того значения тока, которое было бы до момента включения прибора в цепь. Следовательно, максимальная погрешность измерения имеет место, если погрешность, определяемая классом точности прибора, также отрицательна.

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, 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. При этом через прибор проходит только часть измеряемого тока, 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:

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

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 ,

$$R_m = \frac{R_A}{(n-1)}$$

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.

Для включения электроизмерительных приборов в цепи переменного тока служат измерительные трансформаторы, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала при выполнении электрических измерений в цепях высокого напряжения. Включение электроизмерительных приборов в эти цепи без таких трансформаторов запрещается правилами техники безопасности. Кроме того, измерительные трансформаторы расширяют пределы измерения приборов, т. е. позволяют измерять большие токи и напряжения с помощью несложных приборов, рассчитанных для измерения малых токов и напряжений.

Трансформатор тока служит для подключения амперметров и других приборов, которые должны реагировать на протекающий по цепи переменный ток. Его выполняют в виде обычного двухобмоточного повышающего трансформатора; первичную обмотку включают последовательно в цепь измеряемого тока, к вторичной обмотке подключают амперметр.

Так как сопротивление обмотки амперметра, подключаемого к трансформатору тока, обычно мало, трансформатор практически работает в режиме короткого замыкания, и с достаточной степенью точности можно считать, что токи I_1 и I_2 , проходящие по его обмоткам, будут обратно пропорциональны числу витков w_1 и w_2 этих обмоток, т.е.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_1}{w_2} = n$$

Следовательно, подобрав соответствующим образом число витков w_1 и w_2 обмоток трансформатора, можно измерять большие токи I_1 , пропуская через электроизмерительный прибор малые токи I_2 . Ток I_1 может быть при этом определен умножением измеренного вторичного тока I_2 на величину n .

Амперметры, предназначенные для постоянной работы совместно с трансформаторами тока, градуируют на заводе с учетом коэффициента трансформации, и значения измеряемого тока I_1 могут быть непосредственно отсчитаны по шкале прибора.

Для предотвращения опасности поражения обслуживающего персонала электрическим током в случае повреждения изоляции трансформатора один из зажимов вторичной обмотки и кожух трансформатора заземляют.

Условия работы трансформаторов тока отличаются от обычных. Например, размыкание

вторичной обмотки трансформатора тока при включенной первичной обмотке недопустимо, так как это вызовет значительное увеличение магнитного потока и, как следствие, температуры сердечника и обмотки трансформатора, т. е. выход его из строя. Кроме того, в разомкнутой вторичной обмотке трансформатора может индуцироваться большая э. д. с, опасная для персонала, производящего измерения

Пример 2

Миллиамперметр магнитоэлектрической системы с пределом измерения $I_{\max}=30\text{мА}$ и внутренним сопротивлением $R_A=1\text{Ом}$ имеет равномерную шкалу, разбитую на 100 делений.

Что надо сделать, чтобы прибор использовать в качестве вольтметра с пределом измерения $U_{\max}=600\text{В}$? Найти цену деления вольтметра.

Решение.

Стрелка миллиамперметра отклоняется на максимальный угол и устанавливается на сотом делении шкалы при напряжении $U=I_{\max}R_A=30\cdot 1=30\text{ мВ}$.

Чтобы стрелка отклонялась на 100 делений при напряжении 600В, сопротивление R_U прибора должно быть в U_{\max}/U раз больше, чем сопротивление миллиамперметра:

$$R = \frac{U_{\max}}{U} R_A = \frac{600 \cdot 1}{30 \cdot 10^{-3}} = 20 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Таким образом, внутреннее сопротивление прибора надо увеличить до 20 000 Ом, включив последовательно с ним добавочное сопротивление:

$$R_{\text{д}} = R - R_A = 20\,000 - 1 = 19\,999 \text{ Ом.}$$

2.3. Приборы и методы измерения напряжения

Для измерения напряжения вольтметр присоединяют параллельно участку цепи, на котором нужно измерить падение напряжения (рис. 2).

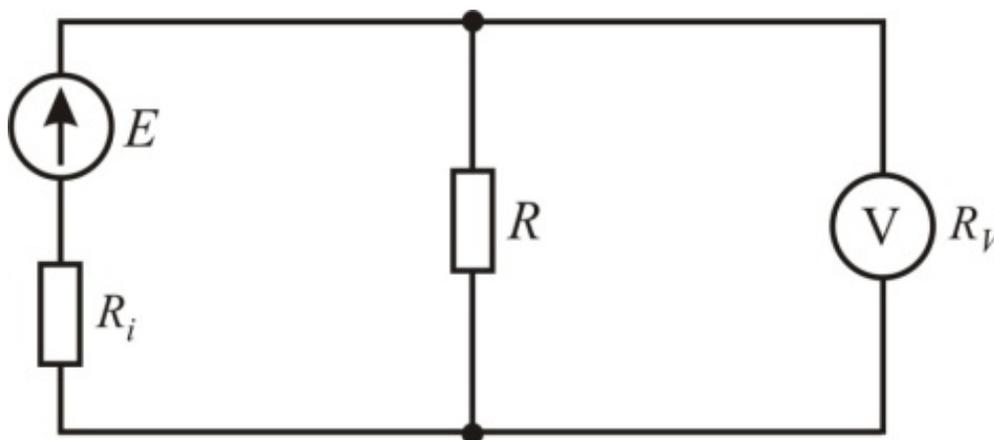


Рис. 2. Электрическая схема для измерения постоянного напряжения

Если к источнику ЭДС E с внутренним сопротивлением R_i подключить резистор R , то в цепи будет протекать ток.

$$I = \frac{E}{R_i + R}$$

При этом падение напряжения на резисторе составит $U = IR$. После подключения

вольтметра с входным сопротивлением R_V сопротивление внешней цепи (относительно источника энергии) уменьшится. В результате ток в неразветвленном участке цепи увеличится:

$$I' = \frac{E}{R_i + \frac{RR_V}{R + R_V}}$$

причем $I > I'$. В результате возрастает падение напряжения на внутреннем сопротивлении источника R_i и соответственно уменьшаются падение напряжения на резисторе R и показания вольтметра U_V . Абсолютная методическая погрешность измерения, возникающая за счет шунтирования резистора R сопротивлением R_V , равна

$$\Delta U = U_V - U = E \left(\frac{R}{R_i + R + \frac{R_i R}{R_V}} - \frac{R}{R_i + R} \right)$$

Относительная методическая погрешность определяется по формуле

$$\delta_V = \frac{R_i R}{R_V (R_i + R)} \cdot 100 \%$$

При измерении напряжения переменного тока эквивалентная схема входного сопротивления вольтметра имеет вид, показанный на рис. 3.

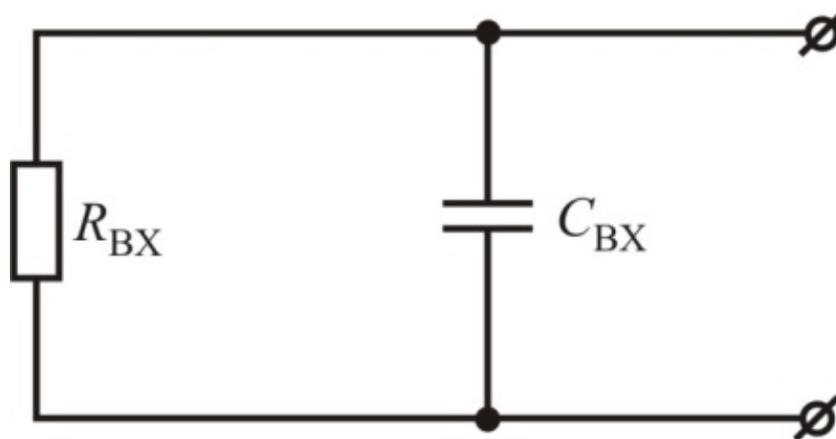


Рис. 3. Электрическая схема для измерения переменного напряжения

На погрешность измерения (на частотах выше 0,1...0,3 МГц) оказывают влияние индуктивность и активное сопротивление соединительных проводов. Поэтому их длины должны быть по возможности меньшими (до 0,5 м).

При измерении напряжений следует обратить особое внимание на выбор предела измерений (так же, как и при измерении тока).

У электронных вольтметров имеется два входных зажима, к которым подключается измеряемое напряжение U . Один зажим обычно соединен с корпусом прибора, поэтому его называют корпусным и обозначают \perp . Другой зажим является потенциальным.

Для уменьшения погрешности измерения и влияния помех корпусный зажим вольтметра соединяется с корпусным зажимом генераторов и других приборов (используемых в эксперименте) или присоединяется к точкам цепи, потенциал которых ближе к нулевому. При этом следует избегать касания корпусов приборов.

Таким образом, при измерении напряжений нужно брать приборы с большим внутренним сопротивлением и выбирать пределы измерения так, чтобы при измерении стрелка прибора отклонялась на возможно больший угол.

Для расширения пределов измерения применяют трансформатор напряжения.

Трансформатор напряжения служит для подключения вольтметров и других приборов, которые должны реагировать на напряжение. Его выполняют, как обычный двухобмоточный понижающий трансформатор: первичную обмотку подключают к двум точкам, между которыми требуется измерить напряжение, а вторичную – к вольтметру. На схемах измерительный трансформатор напряжения изображают как обычно. Так как сопротивление обмотки вольтметра, подключаемого к трансформатору напряжения, велико, трансформатор практически работает в режиме холостого хода, и можно с достаточной степенью точности считать, что напряжения U_1 и U_2 на первичной и вторичной обмотках будут прямо пропорциональны числу витков w_1 и w_2 обеих обмоток трансформатора, т. е.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = n$$

Таким образом, подобрав соответствующее число витков w_1 и w_2 обмоток трансформатора, можно измерять высокие напряжения, подавая на электроизмерительный прибор небольшие напряжения.

Напряжение U_1 может быть определено умножением измеренного вторичного напряжения U_2 на коэффициент трансформации трансформатора n .

Вольтметры, предназначенные для постоянной работы с трансформаторами напряжения, градуируют на заводе с учетом коэффициента трансформации, и значения измеряемого напряжения могут быть непосредственно отсчитаны по шкале прибора.

Для предотвращения опасности поражения обслуживающего персонала электрическим током в случае повреждения изоляции трансформатора один вывод его вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора должны быть заземлены.

Пример 3

Последовательно с вольтметром, имеющим предел измерения 300В и внутреннее сопротивление 30 Ком включено добавочное сопротивление 120 кОм. Определить расширенный предел измерения, относительную погрешность измерения максимально допустимого напряжения, если на всех делениях шкалы абсолютная погрешность измерением с добавочным сопротивлением не превышала

$$\pm 30B$$

Решение.

1. Расширенный предел измерения определим из формулы расчета добавочного сопротивления:

$$R_g = R_v(n - 1) = R_v\left(\frac{U_{\max}}{U_v} - 1\right)$$

↓

$$U_{\max} = U_V \left(\frac{R_g}{R_V} + 1 \right)$$

$$U_{\max} = 300 \left(\frac{120}{30} + 1 \right) = 1500 (В)$$

2. Относительная погрешность измерения 1500В

$$\beta\% = \frac{\Delta U}{U_o} \cdot 100\% = \frac{\pm 30}{1500} \cdot 100\% = \pm 2\%$$

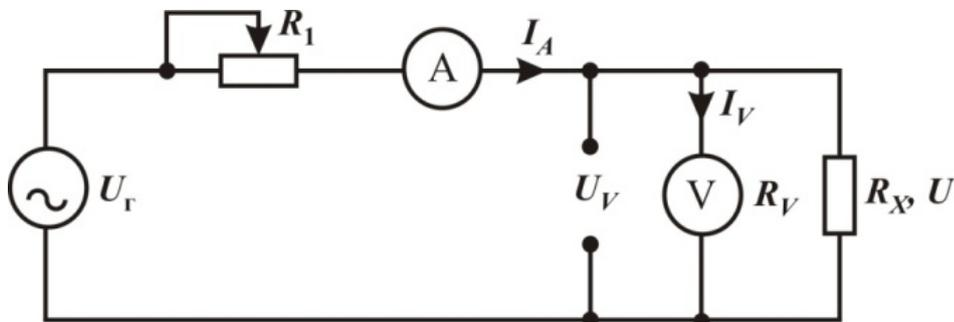
2.4 Приборы и методы измерения параметров электрических цепей

Основными элементами электрической цепи с сосредоточенными параметрами являются: резистор, конденсатор, катушка индуктивности. Им соответствуют основные параметры: активное сопротивление электрическому току R , емкость C , индуктивность L .

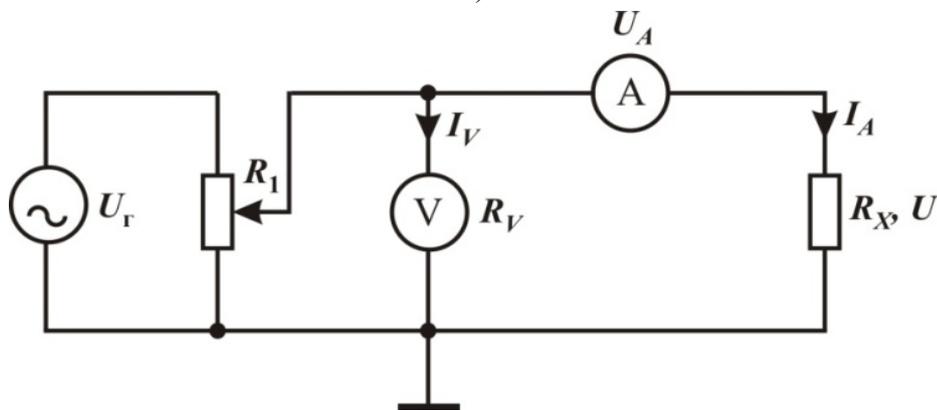
Метод амперметра-вольтметра. Этот метод основан на раздельном измерении тока I в цепи измеряемого сопротивления R_X и напряжения U на его зажимах и на последующем вычислении значения R_X по показаниям измерительных приборов:

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

При измерении малых сопротивлений порядка 0,01...100 Ом постоянному току применяют схему, показанную на рис. 4,а. С помощью реостата R_1 устанавливают приемлемое значение тока в цепи.



а)



б)

Рис. 4. Измерение параметров электрической цепи

В схеме (см. рис. 4а) вольтметр показывает значение напряжения на зажимах R_X ($U = U_X$), амперметр – сумму токов $I_A = I_V + I$, следовательно

$$R_X = \frac{U}{I_A - I_V} = \frac{U}{I_A - \frac{U}{R_V}},$$

где I_V – ток, проходящий через вольтметр; R_V – внутреннее (входное) сопротивление вольтметра

$$R_V \gg R_X, \text{ то } R_X = U / I_a$$

Абсолютная методическая погрешность ΔR_X определяется по формуле,

$$\Delta R_X = \frac{R_X R_V}{R_X + R_V} - R_X = -\frac{R_X^2}{R_X + R_V}$$

а относительная погрешность (в %)

Для измерения больших сопротивлений (до сотен кОм и более) применяют схему (рис. 4,б), где амперметр регистрирует значение тока в цепи R_X ($I = I_A$), а вольтметр – сумму падений напряжений ($U + U_A$).

$$\delta = -\frac{R_X}{R_X + R_V} \cdot 100 \approx \frac{R_X}{R_V} \cdot 100$$

По показаниям приборов можно вычислить результат измерения

$$R_X = \frac{U_V}{I_A} - R_A,$$

где R_A – внутреннее сопротивление амперметра.

Абсолютная погрешность

$$\Delta R_X = R_A$$

и относительная (в %)

$$\delta = \frac{R_A}{R_X} \cdot 100$$

Учитывая, что $R_A \ll R_X$, можно считать $U \approx U_V$.

Нужно иметь в виду, что погрешность измерения методом вольтметра и амперметра всегда больше суммы приведенных погрешностей используемых приборов. Однако, считая, что знак погрешностей измерения известен, их можно всегда учесть.

Метод амперметра-вольтметра можно применять для измерения на переменном токе модуля полного сопротивления цепи Z_X по схеме, представленной на рис. 5.

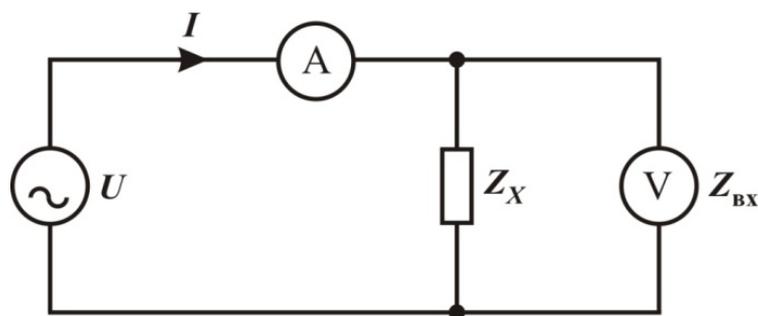


Рис. 5. Электрическая схема для измерения модуля полного сопротивления цепи

В этом случае

$$Z_X = \sqrt{R^2 + X^2} = \frac{U}{I},$$

где R, X – соответственно активная и реактивная составляющие сопротивления.

Для обеспечения минимальной погрешности измерения входное сопротивление вольтметра на частоте измерения должно удовлетворять условию $Z_{вх} \gg Z_X$.

Из предыдущего выражения следует, что метод амперметра-вольтметра можно применять для измерения активного сопротивления резистора переменному току R , когда его индуктивными и емкостными составляющими сопротивления можно пренебречь; а также для измерения индуктивности L катушки и емкости C конденсатора, отличающихся высокой добротностью (т.е. когда активное сопротивление катушки R_L чрезвычайно мало, а сопротивление изоляции конденсатора весьма велико).

В этом случае

$$L_X \approx \frac{U}{2\pi f I}, \quad C_X \approx \frac{I}{2\pi f U},$$

где f – частота питающего напряжения

Пример 4

Для измерения значения сопротивления резистора R_X собрана схема: показания приборов, скорректированные с помощью таблицы, поправок, равно: $I=0,1\text{A}$ $U=12\text{В}$.

Внутреннее сопротивление амперметра $R_A = 0,2\text{ Ом}$. Определить значение сопротивления R_X и погрешность измерения данной схемой.

Решение:

- 1) Падение напряжения на амперметре

$$U_A = I \cdot R_A = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02\text{ В}$$

- 2) Значение

$$R_X' = \frac{U}{I} = \frac{12}{0,1} = 120\text{ Ом}$$

- 3) Падение напряжения на измеряемом сопротивлении:

$$U_X = U - U_A = 12 - 0,02 = 11,98\text{ В}$$

- 4) Истинное значение измеряемого сопротивления

$$R_x = \frac{U_x}{I_x} = \frac{11,98}{0,1} = 119,8 \text{ Ом}$$

5) Абсолютная погрешность измерения

$$\Delta R = R'_x - R_x = 120 - 119,8 = 0,2 \text{ Ом}$$

6) Относительная погрешность измерения:

$$\beta\% = \frac{\Delta R}{R_o} \cdot 100\% = \frac{0,2}{119,8} \cdot 100\% = 0,167\%$$

2.5. Приборы и методы измерения магнитных величин

Область электроизмерительной техники, которая занимается измерениями магнитных величин, обычно называют магнитными измерениями. С помощью методов и аппаратуры магнитных измерений решаются в настоящее время самые разнообразные задачи. В качестве основных из них, можно назвать следующие:

- измерение магнитных величин (магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и т. д.);
- определение характеристик магнитных материалов;
- исследование электромагнитных механизмов;
- измерение магнитного поля Земли и других планет;
- изучение физико-химических свойств материалов (магнитный анализ);
- исследование магнитных свойств атома и атомного ядра; определение
- дефектов в материалах и изделиях (магнитная дефектоскопия) и т. д.

Несмотря на разнообразие задач, решаемых с помощью магнитных измерений, определяются обычно всего несколько основных магнитных величин: магнитный поток Φ , магнитная индукция B , напряженность магнитного поля H , намагниченность M , магнитный момент m и др. Причем во многих способах измерения магнитных величин фактически измеряется не магнитная, а электрическая величина, в которую магнитная величина преобразуется в

процессе измерения. Интересующая нас магнитная величина определяется расчетным путем на основании известных зависимостей между магнитными и электрическими величинами. Теоретической основой подобных методов является второе уравнение Максвелла, связывающее магнитное поле с полем электрическим; эти поля являются двумя проявлениями особого вида материи, именуемого электромагнитным полем.

Используются в магнитных измерениях и другие (не только электрические) проявления магнитного поля, например механические, оптические.

Единицы магнитных величин воспроизводятся с помощью соответствующих эталонов. У нас в стране имеется первичный эталон магнитной индукции и первичный эталон магнитного потока. Для передачи размера единиц магнитных величин от первичных эталонов рабочим средствам измерений используют рабочие эталоны, образцовые и рабочие меры магнитных величин и образцовые средства измерений. Примером передачи размера единиц может служить градуировка или поверка приборов для измерения магнитных величин, которая проводится с помощью мер магнитных величин и образцовых средств измерений.

В качестве меры магнитной индукции (напряженности магнитного поля) могут быть использованы катушки специальной конструкции (например, кольца Гельмгольца, соленоид), по обмоткам которых протекает постоянный ток, постоянные магниты.

В качестве меры магнитного потока обычно используют взаимоиндуктивную меру магнитного потока, состоящую из двух гальванически не связанных между собой обмоток и

воспроизводящую магнитный поток, сцепляющийся с одной из обмоток, когда по другой обмотке протекает электрический ток.

В настоящее время известно много разнообразных приборов и способов для измерения магнитной индукции, магнитного потока и напряженности магнитного поля. Как правило, прибор для измерения магнитных величин состоит из двух частей — измерительного преобразователя, назначением которого является преобразование магнитной величины в величину иного вида (электрическую, механическую), более удобную для дальнейших операций, и измерительного устройства для измерения выходной величины измерительного преобразователя.

Измерительные преобразователи, входной величиной которых является магнитная величина, называют магнитоизмерительными и в соответствии с видом выходной величины делят на три основные группы: магнитоэлектрические преобразователи (выходная величина электрическая), магнитомеханические (выходная величина механическая) и магнитооптические (выходная величина оптическая).

В каждой из этих групп много разновидностей преобразователей, основой для создания которых служат те или иные физические явления. В качестве основных, наиболее широко используемых явлений могут быть названы следующие:

- явление электромагнитной индукции;
- силовое взаимодействие измеряемого магнитного поля с полем постоянного магнита или контура с током;
- гальваномагнитные явления;
- явление изменения магнитных свойств материалов в магнитном поле;
- явления, возникающие при взаимодействии микрочастиц с магнитным полем.

Вторая часть прибора для измерения магнитных величин может быть либо обычным прибором для измерения электрической величины, либо прибором со специальными характеристиками.

2.6. Приборы и методы измерения мощности и энергии

Измерение мощности осуществляется в цепях постоянного и переменного токов низкой, высокой частоты, а также в импульсных цепях различной измерительной, электротехнической, радиоприемной и передающей аппаратуры. Диапазон измеряемых мощностей лежит в пределах 10^{-16} – 10^9 Вт. Методы измерения существенно отличаются друг от друга в зависимости от параметров цепи, в которой производится измерение мощности, предела изменения мощности и частотного диапазона. Для измерения мощности используют прямые и косвенные виды измерения. Прямые измерения осуществляются с помощью электродинамических, ферродинамических и электронных ваттметров, косвенные - сводятся к определению мощности посредством амперметра и вольтметра или осциллографа.

В цепях постоянного тока мощность потребления нагрузки определяется произведением тока в нагрузке и падения напряжения на ней:

$$P=UI=I^2R.$$

Для измерений мощности и энергии трехфазной системы могут быть применены один прибор (ваттметр или счетчик), два прибора или три прибора.

Метод одного прибора применяется в симметричных трехфазных системах в которых фазные напряжения, токи и углы сдвига фаз равны между собой, и основывается на использовании выражений для мощности

$$P = 3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}}\cos\varphi$$

Энергии

$$W = 3 \int_{t_1}^{t_2} U_{\phi} I_{\phi} \cdot \cos \varphi \cdot dt = \sqrt{3} \int_{t_1}^{t_2} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cdot \cos \varphi \cdot dt$$

1) Метод одного прибора.

Если трехфазная система симметричная, а нагрузка соединена звездой с доступной нулевой точкой, то однофазный ваттметр включают по схеме, изображенной на рисунке 2а, и измеряют им мощность одной фазы.

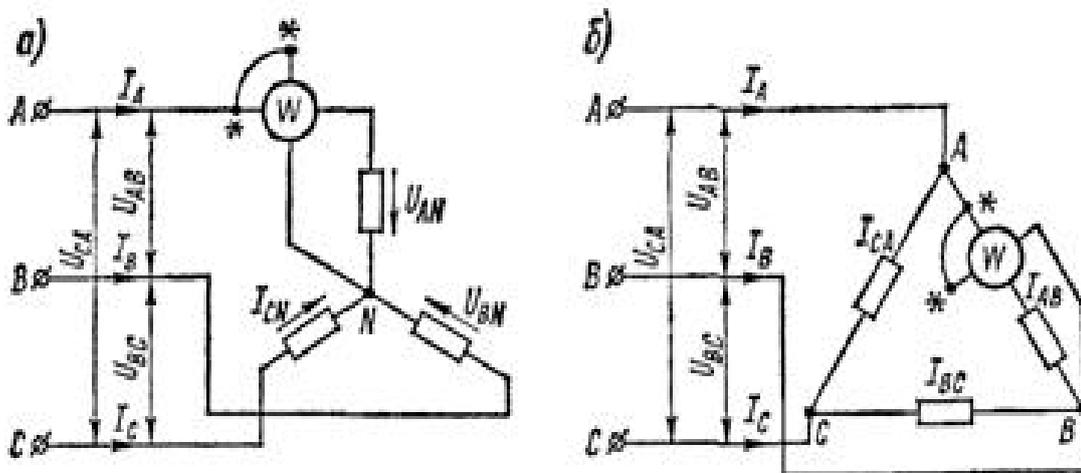


Рис. 6. Схема измерения активной мощности в трехфазной цепи одним ваттметром при включении нагрузки звездой (а) и треугольником (б)

Для получения мощности всей системы показания ваттметры нужно утроить. Можно также измерить мощность при соединении фаз нагрузки треугольником, но при условии включения последовательной обмотки ваттметры в одну из фаз (рисунок, 6б).

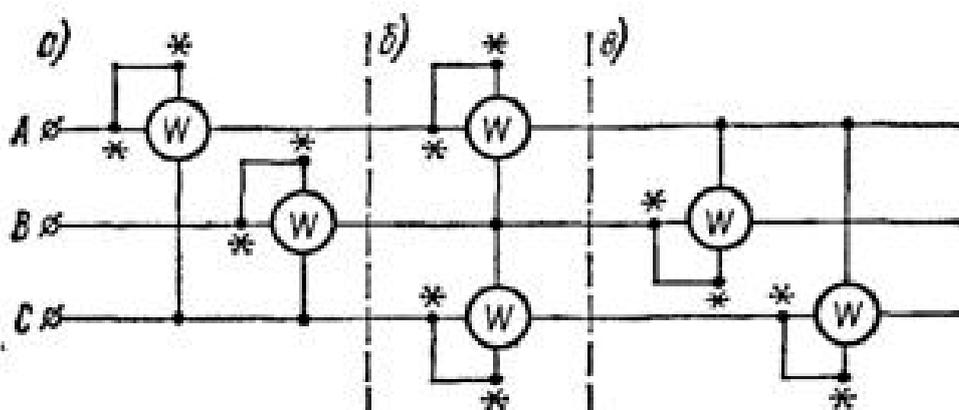


Рис. 7. Схемы включения двух ваттметров для измерения активной мощности трехфазной сети

2) Метод двух приборов.

Этот метод применяется в асимметричных трехпроводных цепях трехфазного тока.

Анализ работы схем двух ваттметров показывает, что в зависимости от характера нагрузки фаз показания ваттметров может меняться. Итак, активная мощность трехфазной системы должна определяться как алгебраическая сумма показаний обоих ваттметров.

3) Метод трех приборов.

В том случае когда несимметричная нагрузка включается звездой с нулевым проводом, то есть когда есть асимметричная трехфазная четырехпроводная система, применяются три ваттметра. При таком включении каждый из ваттметров измеряет мощность одной фазы. Полная мощность системы определится как арифметическая сумма показов трех ваттметров. Общая мощность приемника в этом случае

$$P = W_1 + W_2 + W_3$$

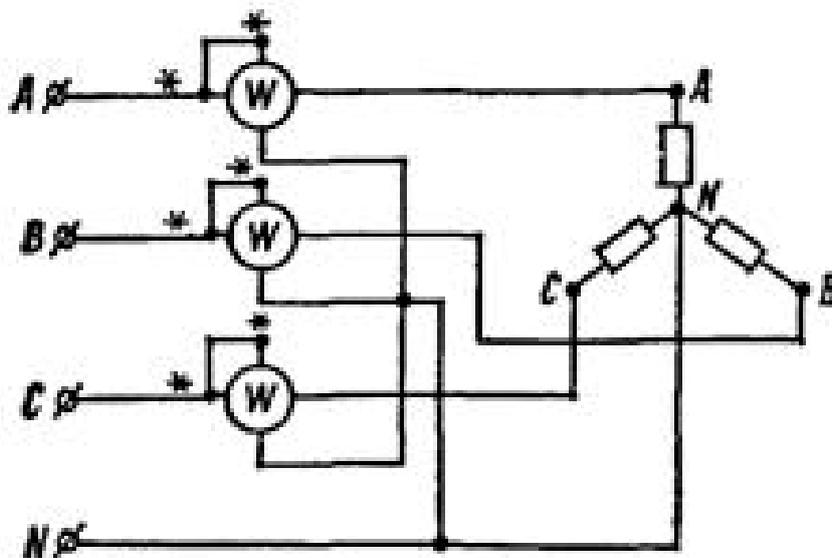


Рис. 8. Схема измерения активной мощности тремя ваттметрами.

Методы одного, двух и трех ваттметров применяются главным образом в лабораторной практике. В эксплуатационных условиях применяются двух-и трехфазные ваттметры и счетчики, которые являются сочетанием в одном приборе двух или трех однофазных измерительных механизмов, имеющих общую подвижную часть, на которую действует суммарный крутящий момент всех элементов.

Для учета электрической энергии, получаемой потребителями или отдаваемой источниками тока, применяют счетчики электрической энергии. Счетчик электрической энергии по принципу своего действия аналогичен ваттметру. Однако в отличие от ваттметров вместо спиральной пружины, создающей противодействующий момент, в счетчиках предусматривают устройство, подобное электромагнитному демпферу, создающее тормозящее усилие, пропорциональное частоте вращения подвижной системы. Поэтому при включении прибора в электрическую цепь возникающий вращающий момент будет вызывать не отклонение подвижной системы на некоторый угол, а вращение ее с определенной частотой. Число оборотов подвижной части прибора будет пропорционально произведению мощности электрического тока на время, в течение которого он действует, т. е. количеству электрической энергии, проходящей через прибор. Число оборотов счетчика фиксируется счетным механизмом. Передаточное число этого механизма выбирают так, чтобы по показаниям счетчика можно было отсчитывать не обороты, а непосредственно

электрическую энергию в киловатт-часах. Наибольшее распространение получили ферродинамические и индукционные счетчики; первые применяют в цепях постоянного тока, вторые — в цепях переменного тока. Счетчики электрической энергии включают в электрические цепи постоянного и переменного тока так же, как и ваттметры.

2.7. Электрические измерения неэлектрических величин

В современной технике широко применяются измерения неэлектрических величин (температуры, давления, усилий и пр.) электрическими методами. В большинстве случаев такие измерения сводятся к тому, что неэлектрическая величина преобразуется в зависимую от нее электрическую величину (например, сопротивление, ток, напряжение, индуктивность, емкость и пр.), измеряя которую, получают возможность определить искомую неэлектрическую величину.

Устройство, осуществляющее преобразование неэлектрической величины в электрическую, называется датчиком. Датчики делятся на две основные группы: параметрические и генераторные. В параметрических датчиках неэлектрическая величина вызывает изменение какого-либо электрического или магнитного параметра: сопротивления, индуктивности, емкости, магнитной проницаемости и пр. В зависимости от принципа действия эти датчики подразделяются на датчики сопротивления, индуктивные, емкостные и др.

В генераторных датчиках неэлектрическая величина вызывает появление э. д. с. К этим датчикам относятся индукционные, термоэлектрические, пьезоэлектрические и пр.

Такие устройства состоят из датчиков, какого-либо электроизмерительного прибора (гальванометра, милливольтметра, миллиамперметра, логометра и т. д.) и промежуточного звена, которое может включать в себя электрический мост, усилитель, выпрямитель, стабилизатор и др.

Для преобразования значительных перемещений в электрическую величину используют преобразователь с подвижным ферромагнитным поступательно движущимся магнитопроводом. Поскольку положение магнитопровода определяет индуктивность преобразователя, а следовательно, и его полное сопротивление, то при стабилизированном напряжении источника электрической энергии переменного напряжения неизменной частоты, питающего цепь преобразователя, можно по току судить о перемещении детали, механически связанной с магнитопроводом. Шкалу прибора градуируют в соответствующих единицах измерения, например в миллиметрах (мм). Для преобразования малых перемещений в удобную для электрического измерения величину применяют преобразователи с изменяющимся воздушным зазором в виде подковы с обмоткой и якорем, который жестко связан с перемещаемой деталью. Всякое перемещение якоря приводит к изменению тока / в обмотке что позволяет при неизменном переменном напряжении стабильней частоты градуировать шкалу электроизмерительного прибора в единицах измерения, например в микрометрах (мкм). Большой чувствительностью обладают дифференциальные индуктивные преобразователи с двумя одинаковыми магнитными системами и одним общим якорем, расположенным симметрично относительно обоих магнитопроводов с воздушным зазором одинаковой длины, у которых линейное перемещение якоря из его среднего положения одинаково изменяет оба воздушных зазора, но с разными знаками, что нарушает равновесие предварительно уравновешенного моста переменного тока из четырех обмоток. Это дает возможность судить о перемещении якоря по току измерительной диагонали моста, если он получает питание при стабилизированном переменном напряжении неизменной частоты. Для измерения механических усилий, напряжений и упругих деформаций, возникающих в деталях и узлах различных конструкций, применяют *проволочные преобразователи - тензорезисторы*, которые деформируясь, вместе с исследуемыми деталями, меняют свое электрическое сопротивление. Обычно сопротивление тензорезистора составляет несколько сотен ом, а относительное изменение

его сопротивления - десятые доли процента и зависит от деформации, которая в пределах упругости прямо пропорциональна приложенным усилиям и возникающим механическим напряжениям.

Тензорезисторы изготавливают в виде зигзагообразно расположенной проволоки большого удельного сопротивления (константан, нихром, манганин) диаметром 0,02 - 0,04 мм либо из медной специально обработанной фольги толщиной 0,1 - 0,15 мм, которые заклеивают бакелитовым лаком между двумя слоями тонкой бумаги и подвергают термической обработке. Для измерения температуры различных сред применяют *термочувствительные и термоэлектрические преобразователи*. К термочувствительным преобразователям относятся металлические и полупроводниковые терморезисторы, сопротивление которых в значительной степени зависит от температуры.

Наибольшее распространение получили платиновые терморезисторы для измерения температуры в диапазоне от -260 до +1100 °С и медные терморезисторы - для интервала температур от -200 до +200 °С, а также полупроводниковые терморезисторы с отрицательным коэффициентом электрического сопротивления - термисторы, отличающиеся высокой чувствительностью и малыми размерами по сравнению с металлическими терморезисторами, для измерения температур от -60 до +120 °С.

Для защиты термочувствительных преобразователей от повреждений их помещают в тонкостенную стальную трубу с запаянным дном и устройством для присоединения выводов к проводам неуравновешенного моста резисторов, что позволяет по току измерительной диагонали судить об измеряемой температуре. Шкалу магнитоэлектрического логометра, используемого в качестве измерителя, градуируют в градусах Цельсия (°С). *Термоэлектрические преобразователи температуры - термопары*, генерирующие небольшую э. д. с. под влиянием нагрева места соединения двух разнородных металлов, помещают в защитную пластмассовую, металлическую или фарфоровую оболочку в зоне измеряемых температур. *Электрические методы измерения различных неэлектрических величин* широко применяют в практике, поскольку они обеспечивают высокую точность измерений, отличаются широким диапазоном измеряемых величин, позволяют выполнять измерения и регистрацию их на значительном расстоянии от места расположения контролируемого объекта, а также дают возможность проводить измерения в труднодоступных местах.

Пример 5

Измерение температуры обмотки двигателя производили с помощью термометра сопротивления. Среднее значение температуры обмоток равно 70°С. Определить максимально возможную длину медных проводов, связывающих чувствительный элемент с прибором, при условии, что колебания температуры окружающей среды на ±10 °С вызовут погрешность, не превышающую 1,5%. Сопротивление термометра при 0°С равно 50 Ом. Температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$. Сечение соединительных проводов 2,5 мм².

Решение.

1. Сопротивление термометра в нагретом состоянии

$$r_t = r_o(1 + \alpha t) = 50(1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot 70) = 64 \text{ Ом}$$

2. Предельное отклонение сопротивления, обусловленное заданием,

$$\gamma\% = \frac{\Delta r}{r_t - r_o} \cdot 100\%;$$

$$\Delta r = \frac{\gamma\%}{100} (r_t - r_o),$$

3. Общее сопротивление проводов

$$\Delta r = 0,015(64 - 50) = 0,21 \text{ Ом}$$

4. Максимально возможное расстояние, на котором может находиться прибор от объекта измерения,

$$\ell = \frac{r_n \cdot S}{2\rho} = \frac{5,25 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,0175} = 375 \text{ м.}$$

РАЗДЕЛ 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ СИГНАЛОВ

3.1. Осциллографы

Электронно-лучевой осциллограф - это электроннолучевой прибор для наблюдения функциональной связи между двумя или несколькими величинами (параметрами и функциями; электрическими или преобразованными в электрические). Для этой цели сигналы параметра и функции подают на взаимно перпендикулярные отклоняющие пластины осциллографической электроннолучевой трубки и наблюдают, измеряют и фотографируют графическое изображение зависимости на экране трубки. Это изображение называют осциллограммой. Чаще всего осциллограмма изображает форму электрического сигнала во времени. По ней можно определить полярность, амплитуду и длительность сигнала. Осциллограф часто имеет проградуированные в *в* по вертикали и в *сек* по горизонтали шкалы на экране трубки. Это обеспечивает возможность одновременного наблюдения и измерения временных и амплитудных характеристик всего сигнала или его части, а также измерения параметров случайных или однократных.

Электронно-лучевой осциллограф используется для визуального наблюдения, измерения и регистрации формы и параметров электрических сигналов в диапазоне частот от постоянного тока до десятков мегагерц. Электронно-лучевые осциллографы обладают высокой чувствительностью и малой инерционностью, подразделяются на универсальные, запоминающие; специальные и др., могут быть одно-, двух- и многолучевыми.

Основным узлом осциллографа является вакуумная электронно-лучевая трубка ЭЛТ, которая преобразует электрические сигналы в световое изображение. Катод, подогреваемый нитью накала, является источником свободных электронов, которые формируются в электронный луч и фокусируются первым анодом на экране ЭЛТ. Ускорение электронов луча осуществляется вторым анодом. При соударении электронов с экраном их кинетическая энергия преобразуется в световое излучение посредством катодолюминофоров, т. е. веществ, светящихся под действием бомбардировки их электронами. Время послесвечения (после прекращения действия электронного луча) может составлять от 0,05 до 20 с и более. Изменяя отрицательный потенциал электрода по отношению к катоду, можно воздействовать на значение тока электронного луча, а следовательно, и яркость свечения изображения на экране. Управление лучом ЭЛТ осуществляется посредством трех каналов управления *x*, *y*, *z*, которые обеспечивают получение развернутого изображения исследуемого электрического сигнала в функции времени. Канал *y* осуществляет вертикальное отклонение луча по оси *y* системы координат и непосредственно связан с исследуемым сигналом. Канал *x* обеспечивает горизонтальное отклонение луча по оси времени *x* системы координат. Канал *z* управляет яркостью луча. Для создания линейного масштаба по оси времени *x* необходимо равномерное перемещение электронного луча по горизонтали, что обеспечивается подачей на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ линейно нарастающего напряжения развертки. Если при этом отсутствует напряжение на вертикально отклоняющих пластинах, на экране осциллографа появляется горизонтальная линия. При одновременной подаче исследуемого напряжения на пластины и напряжения развертки на экране осциллографа появляется осциллограмма, дающая полное представление о форме, амплитуде, частоте исследуемого напряжения.

В канале *x* частота генератора развертки недостаточно стабильна. Для получения устойчивого изображения на экране осциллографа необходимо выполнение равенства $T_x = nT_y$, где T_x — период напряжения развертки, T_y — период исследуемого напряжения, $n = 1, 2, 3, \dots$. Это равенство обеспечивается устройством синхронизации, которое «подстраивает» частоту генератора развертки под частоту исследуемого напряжения. Если «подстройка» производится исследуемым сигналом, то она называется «внутренней синхронизацией», если от какого-либо другого сигнала — «внешней синхронизацией». Усилитель в канале *x*

обеспечивает линейно нарастающее напряжение заданного значения (до нескольких сотен вольт). Канал у выполняет по существу функции усилителя. Чтобы он не влиял на режим работы исследуемой электрической цепи, используют катодный повторитель, имеющий значительное входное сопротивление. Так как исследуемые напряжения изменяются в широком диапазоне, для обеспечения оптимального напряжения на выходе данного канала на его входе предусмотрен аттенюатор (делитель напряжения). Для исследования фронтов импульсов напряжений введено устройство – линия задержки. С целью определения масштаба осциллограмм по осям абсцисс и ординат в осциллографе предусмотрены калибраторы длительности и амплитуды.

Значительный интерес представляют запоминающие осциллографы, предназначенные для регистрации однократных и редко повторяющихся сигналов. Их скорости записи – до 4000 км/с, при уровнях сигналов десятки милливольт – сотни вольт. Так, универсальный осциллограф С8-12 имеет время воспроизведения ранее записанных процессов 40 с, время сохранения записи 7ч.

Цифровой осциллограф – осциллограф с цифровой регистрацией измеряемого сигнала запоминанием и обработкой.

Аналоговый измерительный сигнал при помощи *АЦП* преобразуется в цифровую форму. В этом виде он может быть записан в запоминающее устройство. Цифровой осциллограф имеет микровычислитель, который может быть использован для точного расчета параметров измеряемых сигналов (например, значений переменного тока и параметров импульсов) и/или программного управления измерительным процессом. Конструкция, как правило, отвечает требованиям агрегатирования благодаря чему этот прибор находит применение в измерительных системах. Через соответствующий *интерфейс* он может быть соединен с внешней ЭВМ в соответствии с концепцией объединения различных однотипных сменных блоков. Осциллографы, обеспечивающие вывод на экран информации и в буквенно-цифровой форме помимо обычного изображения сигнала, также называют цифровыми.

Пример 6

На вход осциллографа подано синусоидальное напряжение. Частота пилообразного напряжения развертки $f_p = 100$ Гц. Определить действующее значение и частоту исследуемого напряжения, если чувствительность трубки составляет 0,5 мм/В; коэффициент усиления входного усилителя равен 100. На экране видно два периода исследуемого напряжения. Амплитуда кривой 40 мм.

Решение

- 1) Действующее значение исследуемого напряжения

$$U = \frac{\ell}{2\sqrt{2S_T \cdot K_y}} = \frac{40}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 100}} = 0,28В.$$

- 2) Так как на экране осциллографа видно два периода исследуемого напряжения, то

$$T_p = 2T_x,$$

$$T_p = \frac{1}{f_p};$$

$$\frac{1}{f_p} = 2 \frac{1}{f_x},$$

отсюда

$$f_x = 2f_p,$$

$$f_x = 2 \cdot 100 = 200 Гц.$$

3.2. Приборы и методы измерения фазового сдвига

Фаза характеризует состояние гармонического сигнала в рассматриваемый момент времени. Для синусоидальной функции

$u(t) = U_{\text{max}} \sin(\omega t + \psi)$ фаза гармонического сигнала $(\omega t + \psi)$ является линейной функцией времени.

Сдвиг по фазе φ представляет собой модуль разности начальных фаз ψ_1 и ψ_2 двух сигналов $u(t)1 = U_{\text{max}1} \sin(\omega t + \psi_1)$ и $u(t)2 = U_{\text{max}2} \sin(\omega t + \psi_2)$ одинаковой частоты:

$$\varphi = \psi_1 - \psi_2$$

Измерение сдвига по фазе между входным и выходным напряжениями любого четырехполюсника (усилителя, фильтра, трансформатора, устройства автоматики и др.) в заданном диапазоне частот, а также определение зависимости изменения фазы от частоты широко применяются в радиоэлектронике.

Методы измерения сдвига по фазе зависят от диапазона частот, уровня, формы сигнала и требуемой точности измерения. Как правило, применяют методы непосредственной оценки и сравнения.

Фазометры - приборы, измеряющие сдвиг по фазе в радианах или градусах.

К фазометрам непосредственной оценки относят: аналоговые электромеханические фазометры с логометрическими механизмами; аналоговые электронные фазометры с преобразованием фазового сдвига в пропорциональный ток; цифровые фазометры.

Измерение сдвига по фазе методом сравнения производится с помощью осциллографа. В широком диапазоне частот в маломощных цепях при грубых измерениях сдвиг по фазе измеряют с помощью осциллографа, а при более точных измерениях - методом сравнения, используя осциллограф в качестве индикатора равенства фаз.

На промышленной частоте и на частотах от нескольких десятков герц до 6-8 кГц при измерении сдвига по фазе применяют логометрические фазометры, использование которых рекомендуется при больших уровнях синусоидального сигнала и сопряжено с большим потреблением энергии и невысокой точностью. В диапазоне частот от нескольких герц до десятков мегагерц при точных измерениях сдвига по фазе используют аналоговые и цифровые электронные фазометры. Их применение рекомендуется при различных формах и малых уровнях сигнала с малым потреблением энергии.

Сдвиг по фазе между напряжением \underline{U} и током \underline{I} на промышленной частоте измеряется вольтметром, амперметром и ваттметром и определяется по формуле $\varphi = \arccos [P/(UI)]$. Измерение мощности осуществляется в цепях постоянного и переменного токов низкой, высокой частоты, а также в импульсных цепях различной измерительной, электротехнической, радиоприемной и передающей аппаратуры. Диапазон измеряемых мощностей лежит в пределах 10^{-16} - 10^9 Вт.

Методы измерения существенно отличаются друг от друга в зависимости от параметров цепи, в которой производится измерение мощности, предела изменения мощности и частотного диапазона.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Вариант №1

1. Методы непосредственной оценки и методы сравнения (дифференциальный, нулевой, замещения).

2. Фотоэлектрические, генераторные и параметрические датчики. Градуировка датчиков.

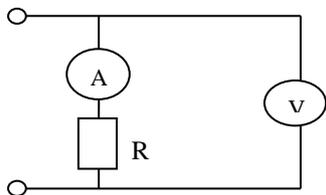
Задача №1.

Последовательно с вольтметром включено добавочное сопротивление, расширяющее предел измерения с 15 до 150 В. Значение добавочного сопротивления 180 кОм. При проверке прибора с добавочным сопротивлением абсолютная погрешность во всех точках шкалы не превысила ± 2 В.

Определить внутренне сопротивление вольтметра, относительную погрешность при измерении максимально допустимого напряжения.

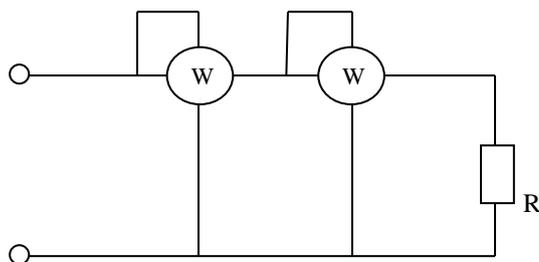
Задача №2

Для измерения значения сопротивления резистора R собрана схема. Показания приборов равны: $I=0,1$ А $U=12$ В, внутреннее сопротивление амперметра $R_A = 0,2$ Ом. Определить значение сопротивления R, подсчитанное по показаниям приборов: погрешность измерения



Задача №3.

Показания счетчика электрической энергии изменяются на 1 кВт·ч, когда диск делает 1280 оборотов. Ваттметр стабильно показывает 240 Вт. В течение R 10 мин. счетчик делает 50 оборотов. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения энергии, потребляемые сопротивлением R за 10 мин.



Вариант № 2

1. Меры основных электрических величин (ЭДС, тока, сопротивления).
2. Осциллограф с памятью. Маркировка осциллографов, их режимы работы: непрерывной развертки, внешней развертки, внутренней и внешней синхронизации.

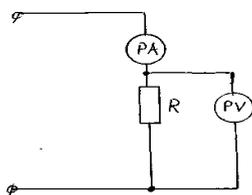
Задача №1.

Последовательно с вольтметром, имеющим предел измерения 300В и внутреннее сопротивление 30 кОм, включено добавочное сопротивление 120 кОм. Определить расширенный предел измерения, относительную погрешность измерения максимально допустимого напряжения, если на всех делениях шкалы абсолютная погрешность измерения с добавочным сопротивлением не превышала ± 30 В.

Задача №2.

Для измерения значения сопротивления резистора R собрана схема.

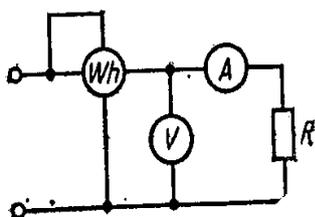
Показания приборов равны: $I = 0.1$ А; $U = 11$ В. Внутреннее сопротивление вольтметра $R_V = 22$ кОм. Определить значение сопротивления R, подсчитанное по показаниям приборов и истинное значение сопротивления R.



Задача №3.

Счетчик электрической энергии, амперметр и

вольтметр включены в схему. Показания счетчика изменяются на 1кВт-ч, когда диск делает 1280 оборотов. Показания амперметра $I = 3,8$ А, вольтметра $U = 220$ В. За 10 мин. диск счетчика сделал 180 оборотов. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения энергии, потребленной активным сопротивлением R за 10 мин.



Вариант №3

1. Общая структурная схема генераторов низкой частоты, назначение элементов.

2. Использование электронного осциллографа для измерения амплитуды, частоты и периода периодического сигнала в режиме внешней синхронизации и в ждущем режиме.

Задача №1.

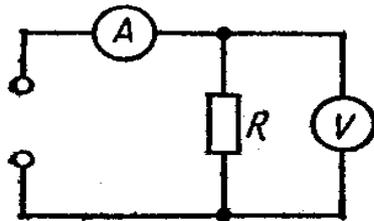
Образцовый и щитовой амперметры соединены последовательно. Показание образцового прибора равно $I_0 = 5$ А. показание щитового прибора $I_x = 5,07$ А. Найти абсолютную, относительную и приведенную погрешности щитового прибора. Установить класс точности щитового прибора.

Задача №2.

Для измерения мощности в сети с повышенным напряжением ваттметр включен через трансформатор тока 150/5 А и напряжения 1000/100 В. Допустимая относительная погрешность ваттметра 1,5 %. Найти мощность в сети, если показание ваттметра равны $P_w = 170$ Вт. Определить возможную абсолютную погрешность измерения мощности сети. Начертить схему включения ваттметра через измерительные трансформаторы.

Задача №3.

Для определения значения сопротивления R собрана схема, изображенная на рисунке. Получены следующие показания приборов: $I = 1,6$ А; $U = 8$ В. Найти значение R и погрешности измерения, если внутреннее сопротивление вольтметра $R_V = 20$ кОм.,



Вариант №4

1. Основные типы задающих генераторов. Регулировка и отсчет частоты и напряжения выходного сигнала.

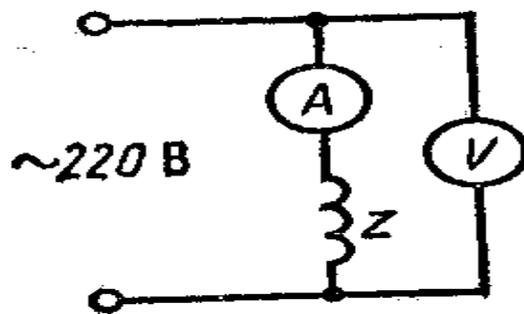
2 Измерение частоты и периода электронным осциллографом методом фигур Лиссажу.

Задача №1.

Вольтметр класса точности 2,5 с пределом измерения 300В и внутренним сопротивлением 20 кОм снабжен добавочным сопротивлением, расширяющий предел измерения в десять раз. Определить значение добавочного сопротивления, максимально возможную относительную погрешность измерения, если измеренное напряжение равно 1500 В.

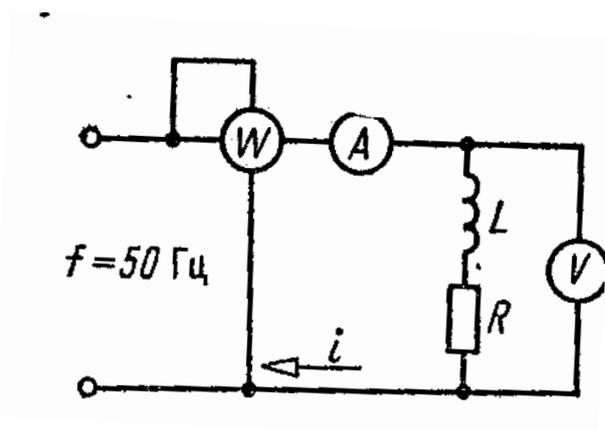
Задача №2.

Для измерения полного сопротивления катушки индуктивности собрана схема, изображенная на рисунке. Показание приборов: $I = 1,5$ А; $U = 220$ В. Оба прибора имеют класс точности 1,0. Определить значение сопротивления Z : а) максимально возможное, б) минимально возможное.



Задача №3.

В схеме, изображенной на рисунке отсчитаны следующие показания приборов: $P = 330$ Вт ; $U = 220$ В; $I = 3$ А. Определить выражение для мгновенного значения тока, если начальная фаза напряжения равна $+30^\circ$



Вариант № 5

1.Согласование выходного сопротивления генератора низкой частоты с сопротивлением нагрузки.

2.Устройство и принцип действия электродинамического фазометра включение фазометра в цепь.

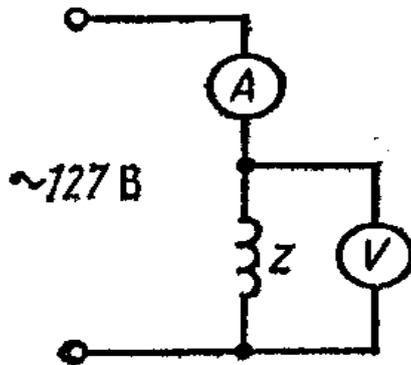
Задача №1.

Вольтметр класса точности 1,5 с внутренним сопротивлением 5 кОм и пределом измерения 30В предполагается использовать для измерений в цепи, где напряжение не превышает 300В. Определить значение добавочного сопротивления, максимально возможную абсолютную погрешность при измерениях с добавочным сопротивлением.

Задача №2.

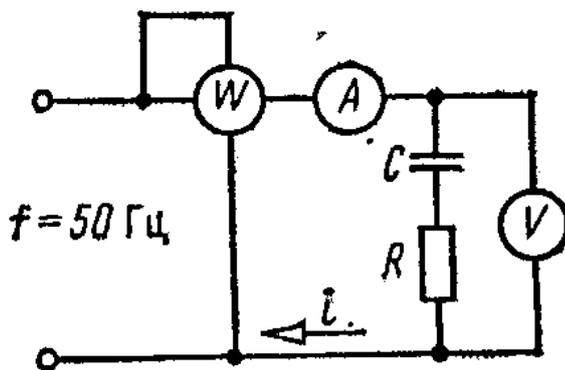
Для измерения полного сопротивления катушки индуктивности собрана схема, изображенная на рисунке. Показание приборов: $I = 2$ А, $U = 127$ В. Оба прибора имеют допустимую относительную Погрешность = 1%.

Определить максимально и минимально возможные измеренные значения сопротивления Z .



Задача №3.

В схеме, изображенной на рисунке отсчитаны следующие показания приборов: $P = 660$ Вт, $U = 220$ В, $I = 6$ А. Определить выражение для мгновенного значения тока, если начальная фаза напряжения равна -40° .



Вариант №6

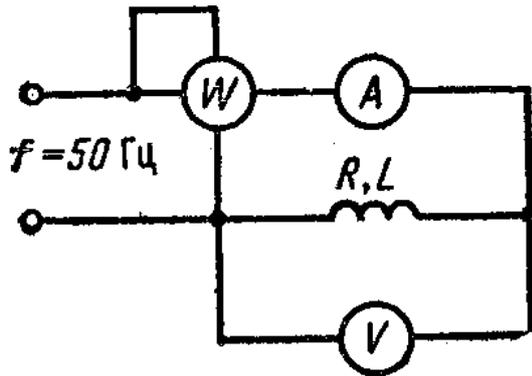
1. Типовая структурная схема ВЧ- генератора, назначение элементов, принцип работы.
2. Устройство и принцип действия электродинамического фазометра включение фазометра в цепь.

Задача №1.

Вольтметр имеет класс точности 2,5 и предел измерения 300 В. Найти допустимые значения относительной погрешности измерения, если значения измеренного напряжения оказались: в случае а) $U_1=30$ В; в случае б) $U_2=250$ В.

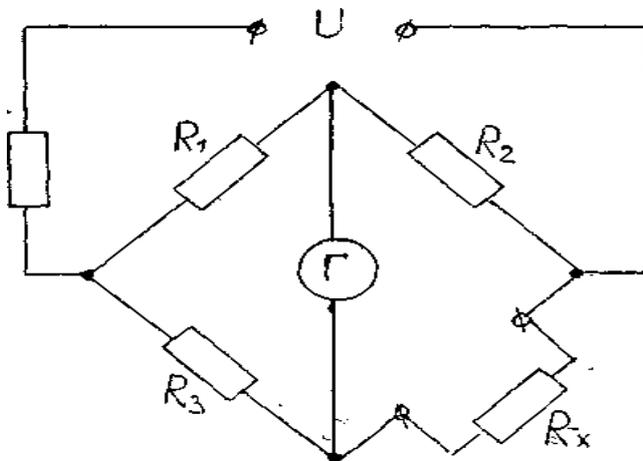
Задача №2.

Для измерения параметров катушки индуктивности собрана схема, изображенная на рисунке. Показание приборов: $P = 144$ Вт, $I = 6$ А, $U = 42$ В. Определить активное сопротивление и индуктивность катушки.



Задача №3.

В три плеча моста включены магазины образцовых сопротивлений, а в четвертое – неизвестное сопротивление R_x . Стрелка гальванометра установилась на нуле при следующих значениях сопротивлений: $R_1=R_2=10$ Ом ; $R_3=17,2$ Ом. Определить значение R_x



Вариант №7

1. Установка заданной частоты необходимого уровня напряжения несущего сигнала и требуемых параметров модуляции у ВЧ – генераторов.

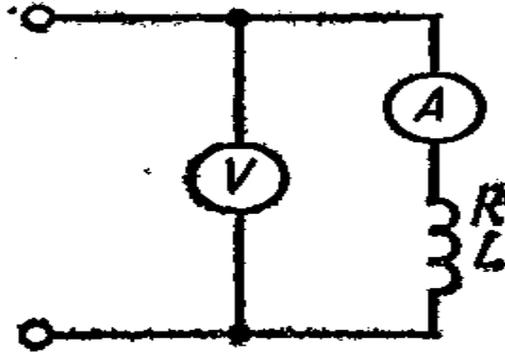
2. Измерение фазового сдвига при помощи двух лучевого электронного осциллографа методом эллипса.

Задача №1.

Амперметр класса точности 2,5 с пределом измерения 15 А и внутренним сопротивлением 0,018 Ом включен параллельно шунту, расширяющему предел измерения в десять раз. Определить сопротивление шунта, максимально возможную абсолютную погрешность измерения.

Задача №2.

Для измерения параметров катушки индуктивности собрана схема, изображенная на рисунке. Измерения проводились вначале на постоянном, затем на переменном токах промышленной частоты $f = 50$ ГЦ. В первом случае $I_1 = 1,5$ А, $U_1 = 110$ В; во втором $I_2 = 2$ А, $U_2 = 220$ В. Найти активное сопротивление R и индуктивность L катушки, а также максимально возможную погрешность измерения активного сопротивления, если все приборы имеют допустимую относительную погрешность, а пределы измерения 3 А и 300 В.



Задача №3.

Известно, что 1280 оборотов диска увеличивают показания счетчика электрической энергии на 1 кВт час. Образцовый ваттметр, включенный в электрическую сеть, стабильно показывает $P = 600$ Вт. Диск счетчика, включенного в ту же сеть, делает 129 оборотов за $t = 10$ мин. Найти абсолютную и относительную погрешности измерения энергии.

Вариант №8

1. Панель управления ВЧ – генератора. Генератор с электронной настройкой и контролем параметров.

2. Цифровой фазометр устройство, принцип действия и назначение

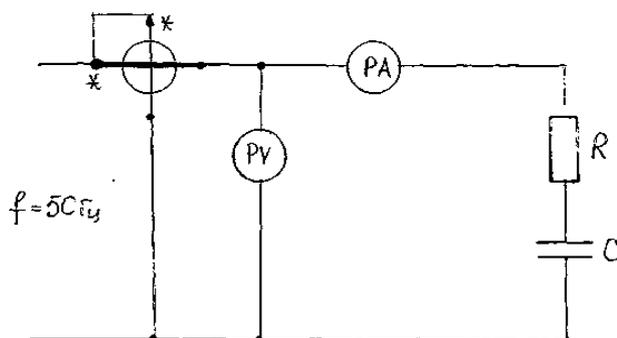
Задача №1.

Миллиамперметр класса точности 0,5 с пределом измерения 15 мА и внутренним сопротивлением 4,75 Ом включен параллельно шунту с сопротивлением 0,25 Ом.

По прибору отсчитано значение тока 12 мА. Определить значение тока в цепи, максимально возможную абсолютную погрешность измерения.

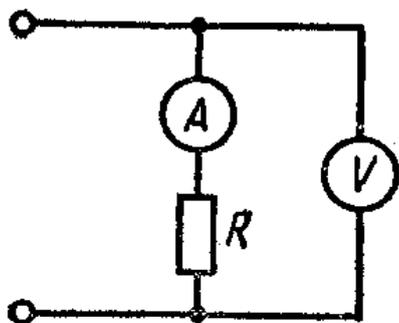
Задача №2.

Для измерения емкости конденсатора собрана схема, изображенная на рисунке. Показания приборов: $P = 150$ Вт, $I = 5$ А, $U = 50$ В. Определить емкость конденсатора.



Задача №3.

В схеме, изображенный на рисунке, показания приборов оказались следующими: $I = 1$ А, $U = 10$ В, внутреннее сопротивление амперметра $R_A = 0,1$ Ом. Определить относительную погрешность измерения мощности, возникающую за счет метода измерения.



Вариант №9

1. Структурная схема генератора импульсов, назначение элементов, принципы работы.
2. Анализаторы спектра, принципы действия структурная схема. Измерение спектра сигнала.

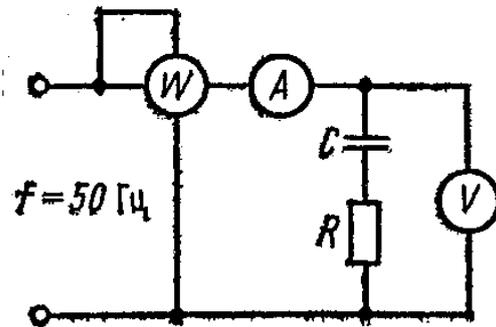
Задача №1.

Амперметр класса точности 1,5 с пределом измерения 0,3А имеет внутреннее сопротивление 0,08 Ом. Определить сопротивление шунта, обеспечивающего расширение предела измерения до 1,5А максимально возможную абсолютную погрешность измерения.

Задача №2.

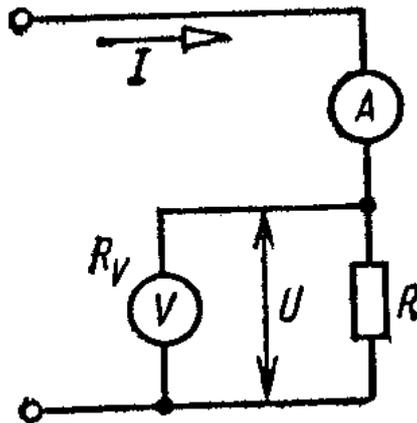
Для измерения емкости конденсатора собрана схема, изображенная на рисунке. Показание приборов: $P = 180$ Вт, $I = 6$ А, $U = 78$.

Определить емкость конденсатора.



Задача №3.

В схеме, изображенной на рисунке, показания приборов оказались следующими: $I = 1$ А, $U = 10$ В, внутреннее сопротивление амперметра $r_A = 5$ гОм. Определить относительную погрешность измерения мощности, возникающую за счет метода измерения



Вариант №10

1. Регулировка амплитуды, длительности и частоты следования импульсов у генераторов импульсных сигналов.

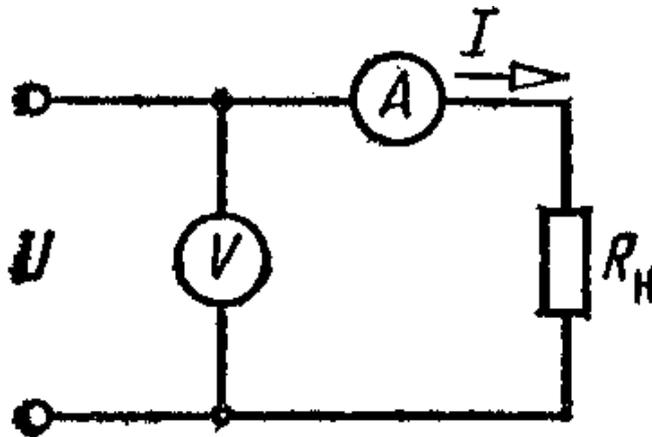
2. Факторы, оказывающие влияние на точность измерения. Методы подавления помех при измерениях. Выбор требуемых точности измерения.

Задача №1.

Миллиамперметр магнитоэлектрической системы с пределом измерения $I_{\max} = 30$ мА и внутренним сопротивлением измерения $r_a = 1$ Ом имеет равномерную шкалу, разбитую на 100 делений. Что надо сделать, чтобы прибор использовать в качестве вольтметра с пределом измерения $U_{\max} = 600$ В. Найти цену деления вольтметра.

Задача №2.

Мощность, потребляемая нагрузочным сопротивлением $R_H = 9,9$ Ом, измеряется с помощью амперметра и вольтметра. Приборы показывают значения: $U = 120$ В, $I = 12$ А. Определить мощность потребляемую сопротивлением R_H , найти погрешность измерения мощности.



Задача №3.

Показания бытового счетчика, отсчитанные с интервалом в 1 месяц, оказались следующими: $W_1 = 9970$ кВт ч, $W_2 = 10080$ кВт ч. Найти стоимость потребленной энергии, если стоимость 1 кВт ч = 74 коп. Привести схему включения счетчика в цепь однофазного переменного тока.

Вариант №11

1. Электронные вольтметры, их структура и измерительные цепи. Сравнительная оценка возможности применения электронных вольтметров при измерении напряжений в высоковольтных цепях.

2. Универсальные, комбинированные, многофункциональные приборы и комплексы. Измерительные приборы со встроенными микропроцессорами.

Задача №1.

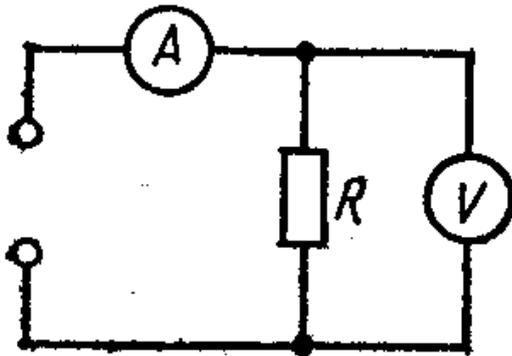
Амперметр с пределом измерения $I_{\max} = 5 \text{ A}$, с ценой деления шкалы $0,05 \text{ A/дел}$, и внутренним сопротивлением $r_a = 0,02475 \text{ Ом}$. Предлагается использовать для измерения в цепях, где значения токов порядка 400 A . Подобрать шунт и найти цену деления.

Задача №2.

Амперметр, рассчитанный на $I_{\max} = 5 \text{ A}$ при измерении тока показал $I = 1,9 \text{ A}$, а действительное значение тока $I = 2 \text{ A}$. Определить относительную погрешность амперметра и его наибольшую абсолютную погрешность, если данный амперметр имеет класс 2,5

Задача №3.

Для измерения мощности используется амперметр с внутренним сопротивлением $r_a = 0,6 \text{ Ом}$ и вольтметр с внутренним сопротивлением $r_v = 4000 \text{ Ом}$. Подсчитать погрешность измерения мощности этими приборами по данной схеме, если ток в нагрузке $I = 2,5 \text{ A}$, а напряжение на зажимах нагрузки $U = 215 \text{ В}$.



Вариант №12

1. Цифровые измерительные вольтметры время- импульсного метода преобразования. Аналогово- цифровой преобразователь (АЦП) двухтактного интегрирования и АЦП уравнивания.

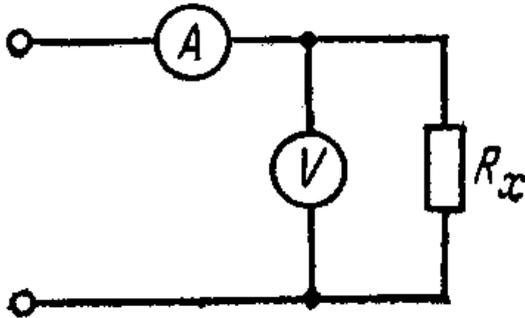
2. Информационно-измерительная система (ИИС)- новый вид средств измерений назначение, краткая техническая характеристика и классификация

Задача №1.

Определить поправку, абсолютную, относительную и приведенную погрешности амперметра с пределом измерения $I_{\max} = 10$ А, если его показание при действительном токе $I = 5,15$ А было равно $I = 5$ А.

Задача №2.

Для измерения сопротивления R_x воспользовались методом амперметра и вольтметра. Сопротивление амперметра $R_A = 0,22$ Ом, а вольтметр обладает сопротивлением $r_V = 4400$ Ом. Подсчитать погрешность измерения сопротивления этим методом, если ток в сопротивлении r_x равен 5 А, а напряжение на его зажимах 220 В.



Задача №3.

Однофазный счетчик СО-1 включен в электрическую цепь с $U = 220$ В, ток в активной нагрузке $I = 5$ А. Диск совершил за 1 мин. 48 оборотов. Определить номинальную, действительную постоянные счетчика, а также относительную погрешность измерения. Нарисуйте схему включения счетчика в однофазную цепь 1 кВт. час = 2560 оборотов диска.

Вариант №13

1. Мультиметры, вольтметры, комбинированные приборы, применение их для измерения параметров электрической цепи.

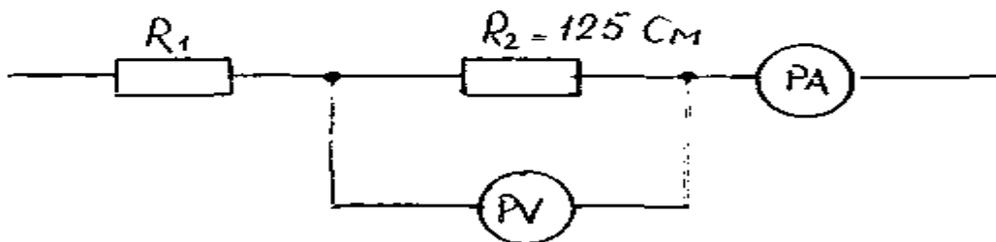
2. Измерительно – вычислительный комплекс (ИВК). Назначение и краткая техническая характеристика. Структура ИВК2.

Задача №1.

Амперметр с сопротивлением 1 Ом имеет на шкале 150 дел. Цена деления $Q = 0,001$ А/дел. Приспособить прибор для измерения: а) тока до 15 А, б) напряжения до 150 В. Для обоих случаев определить цену деления прибора и начертить схему.

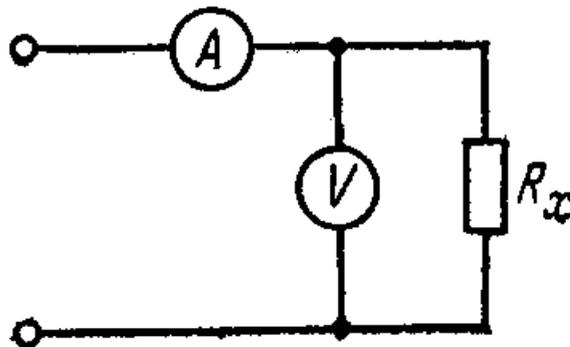
Задача №2.

Напряжение, поданное на схему ЗОВ, показание амперметра $I = 0,15$ А, Показание вольтметра 18 В. Найдите относительную погрешность измерения



Задача №3

Для измерения мощности воспользовались амперметром с сопротивлением $r_a = 0,7$ Ом и вольтметр с сопротивлением $r_v = 7500$ Ом. Подсчитать погрешность измерения мощности этими приборами по данной схеме, если ток в нагрузке $I_H = 4,2$ А, напряжение на зажимах нагрузки $U_H = 120$ В.



Вариант №14

1. Самопишущие приборы прямого действия. Регистрирующие приборы со следящей схемой управления.

2. Агрегатный способ построения информационно-измерительных систем государственная система приборов (ГПС)

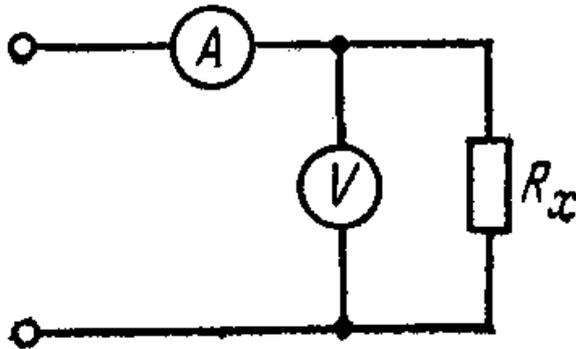
Задача №1.

Стрелка амперметра, включенного в цепь, показывает величину измеренного тока $I = 105$ мА. Действительное значение тока в цепи 100 мА. Амперметр рассчитан на 150 мА. Определить абсолютную, относительную и приведенную погрешности. Установить класс точности прибора.

Задача №2.

Миллиамперметр магнитоэлектрической системы с внутренним сопротивлением $r_a = 2$ Ом имеет на шкале 150 дел. Цена деления $C_1 = 0.2$ мА дел. Определить сопротивление шунта, если этим прибором необходимо измерить величину тока $I = 15$ А и величину добавочного сопротивления, если прибором необходимо измерить напряжение до 150 В.

Задача №3.



Для измерения мощности используется амперметр с внутренним сопротивлением $R_a = 0,6$ Ом и вольтметр с внутренним сопротивлением $r_v = 4000$ Ом. Подсчитать погрешность измерения мощности этими приборами по предложенной схеме, если ток в цепи нагрузки $I = 2,5$ А, а напряжение на зажимах нагрузки $U = 215$ В.

Вариант №15

1. Структурная схема автоматического потенциометра, назначение и применение в производстве.

2. Методы измерения активной мощности и энергии.

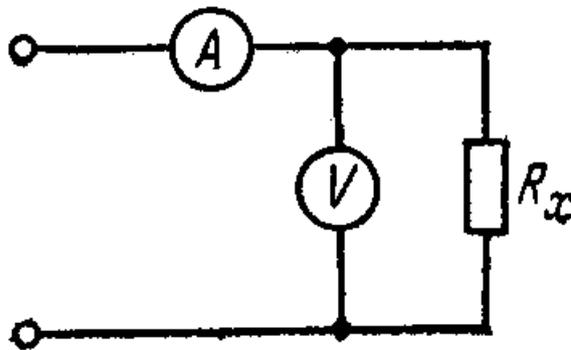
Задача №1.

Потребитель состоит из трех сопротивлений, включенных параллельно, общий ток в цепи $I = 12$ А. Ток первого потребителя $I_1 = 3$ А, ток второго потребителя $I_2 = 5$ А. Чему равны относительная и абсолютные погрешности показаний амперметра, если он показывает в третьей ветви 3,8 А

Задача №2.

Многопредельный магнитоэлектрический вольтметр типа М-45 имеет пределы измерения 3;15;150;300 В. Зная, что сопротивление рамки прибора $R = 33$ Ом и что ток полного отключения прибора $I = 7,5$ мА. Определить значение всех добавочных сопротивлений, начертить схему прибора.

Задача №3.



Для измерения сопротивления R_x воспользовались методом амперметра и вольтметра. Сопротивление амперметра $R_a = 0,22$ Ом, а вольтметр обладает сопротивлением $R_v = 4400$ Ом.

Подсчитать погрешность измерения сопротивления этими приборами по данной схеме, если ток в цепи нагрузки 5 А, а напряжение на зажимах нагрузки 220 В.

Вариант № 16

1. Светолучевые осциллографы как быстродействующие самопишущие приборы. Оптико-механическая схема шлейфового осциллографа.

2. Методы измерения реактивной мощности и энергии.

Задача №1.

Потребитель состоит из 10 параллельно включенных ламп. Ток накала каждой лампы $I_d = 0.3$ А. Определить абсолютную и приведенную погрешности амперметра, рассчитанного на номинальный ток $I_n = 5$ А, включенного в неразветвленную часть цепи, если он показывает ток $I = 3.2$ А и к какому классу он относится?

Задача №2.

Милливольтметр с пределом измерения 75 мВ и внутренним сопротивлением $R = 10$ Ом был использован в качестве измерения тока на пределы измерения 15;30;150 А и на пределы измерения 15;30;75 мА. Определить сопротивление шунта для каждого предела измерения.

Задача №3.

На щитке однофазного счетчика сделана следующая надпись: 1кВт·ч = 2500 оборотов, $U = 220$ В, $I = 5$ А. При поверке счетчика в цепь включили ваттметр, показание которого было 1100 Вт и осталось неизменным за время $t = 22$ мин., в течение которого диск счетчика сделал 1000 оборотов. Определить постоянную и действительную постоянную счетчика, а также его относительную погрешность. Начертите схему включения ваттметра и счетчика.

Вариант №17

1. Резистивные, электромагнитные, электростатические датчики. Элементы конструкции датчиков.

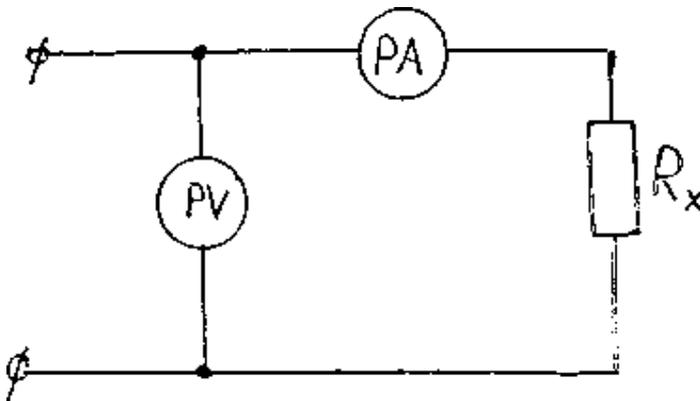
2. Датчики для преобразования физических величин.

Задача №1.

Имеются два амперметра: первый амперметр на ток $I_{1\max} = 5$ А имеет сопротивление $r_{a1} = 0,1$ Ом; второй амперметр на ток $I_{2\max} = 10$ А имеет сопротивление $r_{a2} = 0,05$ Ом. Можно ли с помощью этих приборов измерить ток в цепи $I = 12,6$ А. Как их следует включить? Определить показания амперметров.

Задача №2.

Для измерения сопротивления используют амперметр с сопротивлением $R_A = 1,2$ Ом и вольтметр с сопротивлением $r_V = 7200$ Ом. Определить погрешность измерения сопротивления этими приборами по данной если ток нагрузки $I_x = 1,8$ А, а напряжение на



зажимах нагрузки $U_H = 210$ В

Задача №3.

Магнитоэлектрический прибор имеет шкалу на 150 дел, на шкале имеются надписи 15 мА, 75 мВ. Определить сопротивление прибора, а также сопротивление шунтов для измерения данным прибором тока 15 А, 30 А, 150 А и цену деления для всех трех случаев.

Вариант №18

1. Тепловые, электрохимические, ионизированные датчики. Сопряжение датчиков с электроизмерительными приборами.

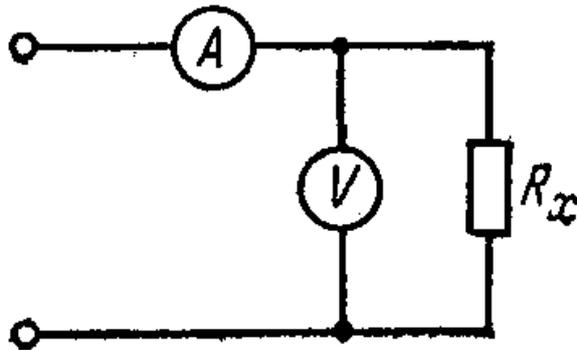
2. Осциллограф с памятью. Маркировка осциллографов, их режимы работы: непрерывной развертки, внешней развертки, внутренней и внешней синхронизации.

Задача №1.

Вольтметр со шкалой на 100 В подсоединен к сети через трансформатор напряжения 10000/100. Определить напряжение сети, если стрелка вольтметра остановилась на делении 90 В. Определить возможную относительную наибольшую погрешность при измерении напряжения, если класс точности вольтметра 0,5, а трансформатор напряжения имеет класс точности 1,0. Определить также абсолютную погрешность при измерении напряжения.

Задача №2.

Для измерения мощности воспользовались амперметром с сопротивлением $r_a = 0,7$ Ом и вольтметром с сопротивлением $r_v = 7500$ Ом. Подсчитать погрешности измерения мощности этими приборами по представленной схеме, если ток в нагрузке равен $I_n = 4,2$ А, а напряжение на зажимах нагрузки $U = 120$ В.



Задача №3.

Шкала амперметра 0-10 А, сопротивление амперметра 0,5 Ом, сопротивление шунта 0,1 Ом. Какой максимальный ток можно измерить?

Вариант №19

1. Фотоэлектрические, генераторные и параметрические датчики. Градуировка датчиков.

2. Параметры и типы осциллографов.

Задача №1.

Два вольтметра магнитоэлектрической системы включены между собой последовательно, каждый из вольтметров рассчитан на напряжение 150 В.

Определить показание каждого, если напряжение на зажимах $U = 220$ В. Первый вольтметр рассчитан на ток 7,5 мА, а второй на ток 5 мА.

Задача №2.

Магнитоэлектрический прибор имеет шкалу с 75 делениями и на шкале написано 15 мА и 75 мВ. Определить величину добавочного сопротивления к прибору, если им нужно измерить напряжение 75 В и 150 В. Определить сколько прибор покажет вольт, если стрелка остановилась на 37 делениях.

Задача №3.

В сеть однофазного тока включен вольтметр на 300 В, амперметр на 5 А и ваттметр с пределами измерения по напряжению 300 В и по току 5 А. Шкала вольтметра и ваттметра содержит по 150 делений. Токовые катушки ваттметра и амперметра включены через трансформатор тока 75/5. Амперметр имеет 100 делений в шкале.

Определить ток первичной цепи, напряжение, мощность и коэффициент мощности цепи, если стрелки приборов отклонились следующим образом: вольтметра на 110 делений, ваттметра на 80 делений, амперметра на 80 делений. Начертите схему включения приборов.

Вариант №20

1. Осциллограф с памятью. Маркировка осциллографов, их режимы работы: непрерывной развертки, внешней развертки, внутренней и внешней синхронизации.

2. Понятие о датчиках. Основные параметры датчиков. Классификация датчиков. Градуировка датчиков.

Задача № 1.

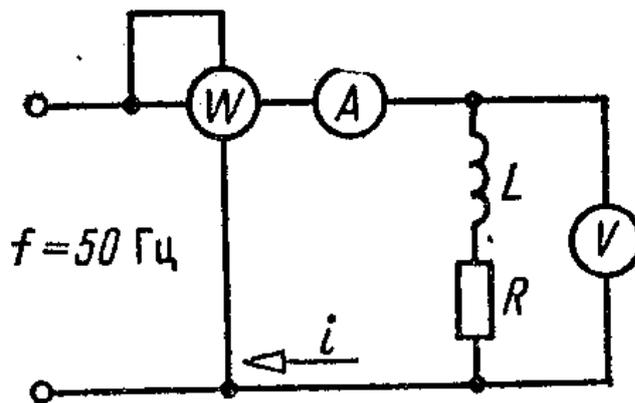
Вольтметр с сопротивлением 10 кОм подключён сначала к зажимам сети. При этом его показание оказалось равным 220 В . Затем этот вольтметр включили последовательно с искомым сопротивлением и подключили к зажимам той же сети. При этом показание вольтметра оказалось 120 В . Определите величину искомого сопротивления.

Задача № 2.

Для измерения мощности, потребляемой двигателем, обмотки которого соединены треугольником, применили ваттметр с пределами измерения по току 10 А , по напряжению 300 В . Шкала ваттметра содержит 150 делений. Начертите- схему измерения мощности с помощью одного ваттметра. Определите показание ваттметра в делениях шкалы. Напряжение сети 220 В , сопротивление фазы двигателя: активное 40 Ом , индуктивное 30 Ом .

Задача № 3.

В схеме приборы дают следующие показания: $P = 330\text{ Вт}$, $U = 220\text{ В}$, $I = 3\text{ А}$. Определите выражение для мгновенного значения тока, если начальная фаза напряжения равна $+160^\circ$



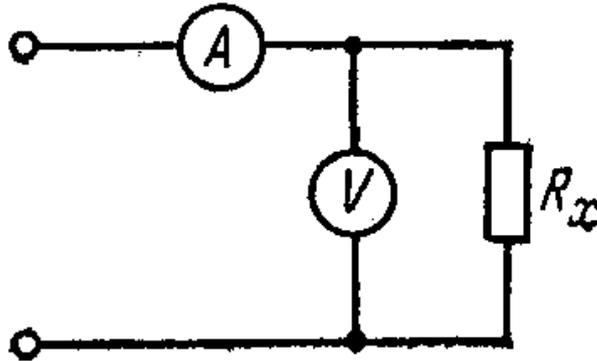
Вариант №21

1. Использование электронного осциллографа для измерения амплитуды, частоты и периода периодического сигнала в режиме внешней синхронизации и в ждущем режиме.

2. Устройство, схемы включения однофазных и трехфазных счетчиков.

Задача №1.

Для измерения мощности воспользовались амперметром с сопротивлением $R_A = 0,7$ Ом и вольтметром с сопротивлением $R_V = 7500$ Ом. Подсчитать погрешность измерения мощности по данной схеме, если ток в нагрузке $I_H = 4,2$ А, а напряжение на зажимах нагрузки $U = 120$ В.



Задача №2.

По катушке, присоединенной к сети постоянного тока напряжением 60 В, проходит ток 5 А. По той же катушке, присоединенной к сети переменного тока с напряжением 120 В и частотой 400 Гц проходит ток 6 А. Определите индуктивность катушки, считая активное сопротивление катушки неизменным.

Задача №3.

На щитке счетчика указано: 220В, 5А, 1кВт·ч - 1250 оборотов диска. Определите номинальную и действительную постоянную счетчика, относительную погрешность, абсолютную погрешность и поправку, если в процессе поверки счетчика при неизменной величине мощности 590 Вт счетчик за 50 сек. сделал 10 оборотов диска.

Вариант №22

1. Измерение частоты и периода электронным осциллографом методом фигур Лиссажу.
2. Использование амперметра, вольтметра, и ваттметра для определения реактивной, активной, полной мощности и коэффициента мощности

Задача №1.

Амперметр на 5А со шкалой 0 -500 А включены через трансформатор тока 600/5. Определите, какой ток протекает в первичной цепи, если амперметр показывает 250 А. Определите возможную наибольшую абсолютную погрешность, если класс точности амперметра 2,5, а класс точности трансформатора тока - 1,0. Начертите схему включения приборов.

Задача №2.

Два сопротивления включены параллельно между собой. Амперметр класса точности 1,0 со шкалой до 10А включен в неразветвленную часть цепи. Этот амперметр показал 9А. Амперметр класса точности 2,5 со шкалой до 5А включен в первую ветвь и показал 4А. Определите возможную наибольшую относительную погрешность при определении тока во второй ветви, а так же действительное значение тока в этой ветви. Начертите схему включения приборов.

Задача №3.

Определить абсолютную и относительную погрешность измерения, а так же поправку к показанию вольтметра, имеющего класс точности $K=1,5$, если он показал $U_v=20$ В, а предел измерения вольтметра $U_{max} - 30$ В.

Вариант №23

1. Устройство и принцип действия электродинамического фазометра включение фазометра в цепь.

2. Типы характеристики, принцип действия и устройство ваттметра.

Задача № 1.

В сеть однофазного тока через измерительные трансформаторы тока 50/5 и напряжения 10000/100 включен ваттметр с пределами измерения по напряжению 150 В и току 5 А. Шкала прибора содержит 150 делений. Определите мощность первичной цепи, если стрелка ваттметра отклонилась на 90 делений. Начертите схему включения прибора.

Задача №2.

Амперметром с пределом измерения $I_{\max}=5$ А и классом точности $K=1,5$ измеряют токи $I_1=2$ А; $I_2=1$ А. Определите относительную погрешность при измерении каждого тока.

Задача № 3.

Определить добавочное сопротивление к вольтметру типа М 63 с пределом измерения $U_{\max} 1-3$ В и сопротивлением $R_v = 300$ Ом для измерения напряжений 6;15;30 и 300 В. Нарисуйте электрическую схему прибора.

Вариант №24

1. Устройство и принцип действия электродинамического фазометра включение фазометра в цепь.

2. Измерение магнитного потока, магнитной индукции, напряженности магнитного поля.

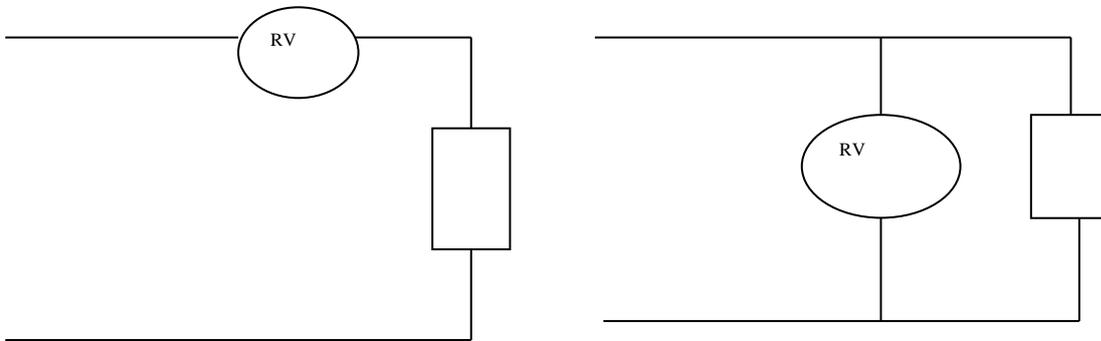
Задача №1.

Амперметр с пределом измерения 5А включен с шунтом $K_{ш}=0,00167$ Ом. Сопротивление амперметра $R_A=0,015$ Ом. Шкала амперметра имеет 100 делений. Какой ток теперь может измерять амперметр? Определите цену деления амперметра без шунта и с шунтом.

Задача №2.

В схеме при измерении напряжения ошибочно включили амперметр вместо вольтметра, а при измерении R_H тока – вольтметр вместо амперметра. Что в результате этого произойдет, если: $U=127$ В; $R_H=1000$ Ом; $R_V=6000$ Ом $R_A=0,025$ Ом; $U_{max}=150$ В.

Найдите ток полного отклонения вольтметра.



Задача №3.

В однофазной цепи переменного тока требуется измерить напряжение $U=5000$ В вольтметром со шкалой $U_{max}=100$ В, число делений в шкале 50. Нарисовать схему включения вольтметра. Определите показание вольтметра в делениях и в вольтах.

Вариант №25

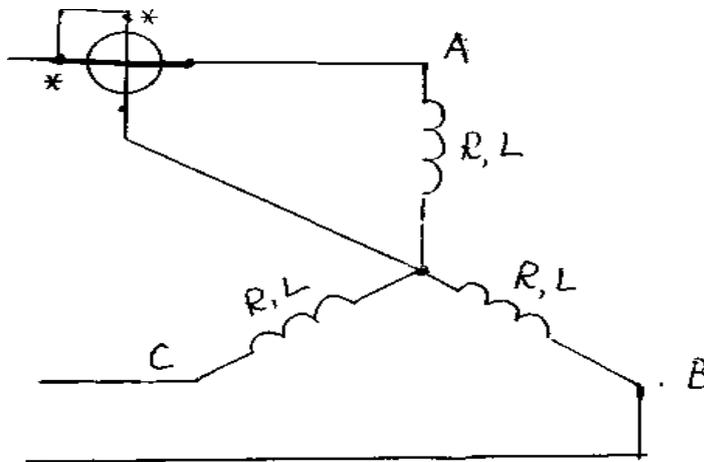
1. Измерение фазового сдвига при помощи двух лучевого электронного осциллографа методом эллипса.
2. Типы, характеристика, устройство и принципы действия веберметров.

Задача №1.

Магнитоэлектрический вольтметр с пределом измерения $U_{\max} = 120 \text{ В}$ ($R_v = 5000 \text{ Ом}$) ошибочно включен вместо амперметра в цепь постоянного тока с нагрузкой $R_n = 100 \text{ Ом}$. Что покажет вольтметр?

Задача №2.

Однофазный ваттметр, включенный в одну фазу трехфазного асинхронного двигателя, соединенного в звезду, показал мощность $P_W = 2,5 \text{ кВт}$. Определить стоимость энергии, потребляемой двигателем в течение месяца, если двигатель работал ежедневно 4 часа (тариф 0,74 руб. за 1 кВт ч).



Задача №3.

Определить потери мощности в обмотке вольтметра и в добавочном сопротивлении к нему, если $U_v = 150 \text{ В}$, $R_v = 8000 \text{ Ом}$, на входе напряжение $U = 220 \text{ В}$, $R_g = 3730 \text{ Ом}$.

Вариант №26

1. Цифровой фазометр: устройство, принцип действия и назначение.
2. Измерительные мосты.

Задача №1.

Два амперметра одинаковой системы (магнитоэлектрические), но у одного сопротивление $R_{A1} = 0,015 \text{ Ом}$, а другого $R_{A2} = 0,08 \text{ Ом}$, включены последовательно в общую цепь. Определить показания этих приборов, если на вход цепи подано напряжение $1,9 \text{ В}$. Каковы будут показания этих приборов, если амперметры включены параллельно?

Задача №2.

Ваттметром с пределами измерения по току $I_{\max} = 5 \text{ А}$, по напряжению $U_{\max} = 150 \text{ В}$ и со шкалой на 150 делений, необходимо измерить мощность в цепи постоянного тока $U = 220 \text{ В}$, $I = 25 \text{ А}$. Рассчитайте шунт и добавочное сопротивление к ваттметру, нарисуйте схему его включения, если стрелка ваттметра остановилась на 41 делении. Определите цену деления ваттметра до, и после расширения пределов измерения.

Задача №3.

Электродинамический ваттметр с пределами измерения по току $I_{\max} = 5 \text{ А}$ и по напряжению $U_{\max} = 150 \text{ В}$ со шкалой на $n_{\max} = 150$ делений включен в цепь переменного тока с трансформатором тока, коэффициент трансформации которого $K_1 = 50/5$ и добавочным сопротивлением, рассчитанным на $U = 300 \text{ В}$. Какую мощность измерил ваттметр, если его показания по шкале равны $n = 38$ делениям? Нарисовать схему включения ваттметра.

Вариант №27

1. Анализаторы спектра, принципы действия структурная схема. Измерение спектра сигнала.

2. Измерение параметров электрических цепей методом вольтметра-амперметра

Задача №1.

Как измерить вольтметром с пределом измерения $U_{\max} = 150$ В напряжение постоянного тока $U = 220$ В, если сопротивление вольтметра $R_v = 8000$ Ом?

Задача №2.

Два ваттметра включены в трехфазную цепь для измерения активной мощности потребляемой равномерной активно реактивной нагрузки. Один ваттметр включен в фазу А, другой - в фазу С. ($U_{\max} = 150$ В, $I_{\max} = 5$ А число делений в шкале $N_{\max} = 150$ дел.). Оба ваттметра включены через измерительные трансформаторы: трансформатор тока $K_I = 50/5$, трансформатор напряжения $K_V = 500/100$. Ваттметр в фазе А показал 15 делений шкалы, в фазе С - 42 деления. Определить мощность, потребляемую всей цепью.

Задача №3.

Определить мощность потерь в шунте и в амперметре, если $I_A = 5$ А; $R_A = 0,015$ Ом; $R_{ш} = 0,00167$ Ом.

Вариант №28

1. Факторы, оказывающие влияние на точность измерения. Методы подавления помех при измерениях. Выбор требуемых точности измерения.

2. Цифровые вольтметры.

Задача №1.

С помощью шунта $R_{ш}=0,0015$ Ом амперметр с внутренним сопротивлением $R_A = 0,5$ Ом может измерить ток $I=100$ А, какой ток мог измерять амперметр без шунта?

Задача №2.

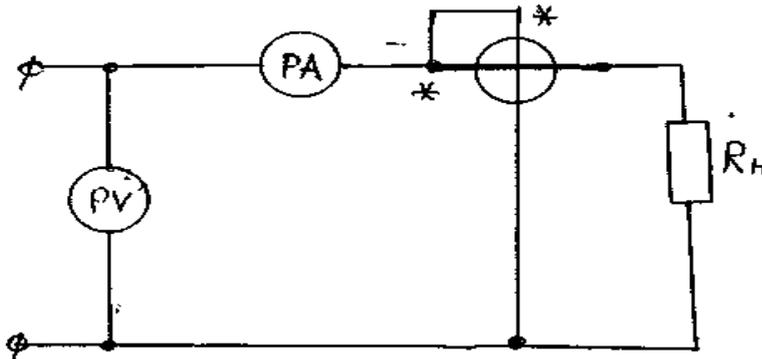
В цепь переменного тока с напряжением $U=6600$ В включен электродинамический ваттметр с пределами измерения по току $I_{max}=5$ А, по напряжению $U=150$ В и имеющий 150 делений в шкале, через трансформатор тока с коэффициентом трансформации $K_I = 100/5$ и трансформатор напряжения с коэффициентом трансформации $K_V=6600/100$. Какую мощность измерил ваттметр, если стрелка его показывает $n = 47$ делений.

Задача №3.

Для определения коэффициента мощности однофазной цепи переменного тока использовали метод амперметра, вольтметра и ваттметра. Приборы показали: $I=3$ А ($I_{max} = 5$ А) $U=100$ В ($U_{max} = 150$ В)

$P=n=32$ дел ($U_{max}=150$ В, $I_{max} = 5$ А, $n_{max} = 150$ дел).

Найдите значение коэффициента мощности и угол сдвига фаз между напряжением и током.



Вариант №29

1. Универсальные, комбинированные, многофункциональные приборы и комплексы. Измерительные приборы со встроенными микропроцессорами.

2. Измерительные цепи и приборы для измерения слабых токов.

Задача №1.

Измерить переменный ток $I = 90$ А пятиамперным амперметром. Шкала амперметра на 100 дел. Сколько делений покажет стрелка амперметра. Нарисуйте схему включения амперметра.

Задача №2.

Электродинамический ваттметр с пределами измерения $I_{\max} = 5$ А, $U_{\max} = 300$ В, $n_{\max} = 150$ дел. включен в цепь переменного тока для измерения мощности при $\cos\phi = 1,0$ в цепи протекает ток $I = 5$ А при $U = 25$ В. Сколько делений покажет стрелка ваттметра?

Задача №3.

Для измерения активной и реактивной мощности в трехфазной цепи с равномерной нагрузкой двумя ваттметрами, один ваттметр показал $P_{W1} = 100$ Вт, другой $P_{W2} = 70$ Вт. Определить активную, реактивную мощность трехфазной цепи, а также коэффициент мощности угол сдвига между током и напряжением.

Вариант №30

1. Информационно-измерительная система (ИИС)- новый вид средств измерений назначение, краткая техническая характеристика и классификация

2. Общий принцип создания различных электроизмерительных приборов.

Задача №1.

Вольтметр класса точности 1,0 с пределом измерения 300В, имеющий максимальное число делений 150, поверен на отметках 30; 60; 100; 120;150 делений, при этом абсолютная погрешность в этих точках составила 1,8; 0,7; 2,5; 1,2 и 0,8 В. Определить, соответствует ли прибор классу точности 1,0.

Задача №2.

Выражения для мгновенных значений токов в двух параллельных ветвях цепи однофазного переменного тока имеют вид:

а) $I_1 = 0,141 \sin 314t$, $I_2 = 0,282 \sin 314t$

б) $I_1 = 0,423 \sin 314t$, $I_2 = 0,564 \sin (314t - 90^\circ)$

Что покажет электромагнитный амперметр в обоих случаях, если он включен в неразветвленную часть цепи?

Задача №3.

Определить полное, активное и реактивное сопротивления и мощности цепи переменного тока, если амперметр, вольтметр и ваттметр, включенные через трансформаторы тока и напряжения с коэффициентами трансформации: $K_{I \text{ ном.}} = 50$ и $K_{U \text{ ном.}} = 40$ при $I_{\text{ном.}} = 5$ А и $U_{2 \text{ ном.}} = 100$ В показали следующие значения: $I = 4,2$ А, $U = 90$ В, $P = 240$ Вт.

Вариант №31

1. Измерительно – вычислительный комплекс (ИВК). Назначение и краткая техническая характеристика. Структура ИВК.

2. Измерительные механизмы магнито-электрической, электромагнитной систем.

Задача №1.

Счетчик электрической энергии, включенный в цепь переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, сделал 11600 оборотов за 15 часов. Определить ток нагрузки при условии, что нагрузка постоянна, а $S_{ном} = 4800$ Вт с/об.

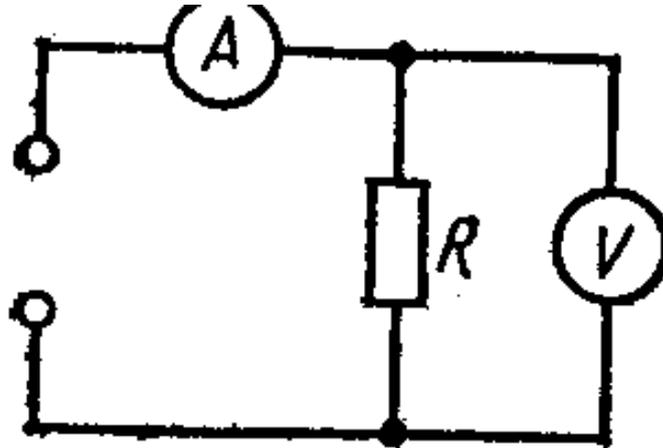
Задача №2.

Амперметр, вольтметр и ваттметр подключены к нагрузке через трансформаторы тока 150/5 А и напряжения 1000/100 В. Показание приборов при этом были следующие: $I = 2,4$ А, $U = 78$ В и $P = 165$ Вт.

Определить ток, напряжение и мощность нагрузки (полную, активную, реактивную) и $\cos \phi$. Нарисуйте схему включения приборов.

Задача №3.

Для определения R_x использована данная схема. Внутреннее сопротивление вольтметра $R_V = 5$ кОм. Показание приборов: $I = 2,5$ А, $U = 75$ В. Определите значение R_x



Вариант № 32

1. Агрегатный способ построения информационно-измерительных систем государственная система приборов (ГПС).

2. Общие сведения об электроизмерительных приборах.

Задача №1.

Необходимо измерить ток потребителя в пределах 20 -25 А. Имеется микроамперметр с пределом измерения 200 мкА, внутренним сопротивлением 300 Ом и максимальным числом делений 100. Определить сопротивление шунта для расширения предела измерения до 30А и определить относительную погрешность измерения на отметке 85 делений, если класс точности прибора 1,0.

Задача №2.

Выражения для мгновенных значений тока и напряжения в однофазной цепи имеют вид: $i = 10 \sin (3141 t + 2 / 3)$ и $U = 220 \sin 3141 t$. Определить показания ваттметра и варметра, включенных в эту цепь. Определите полное сопротивление схемы, коэффициент мощности. Нарисуйте схему включения ваттметра и характер нагрузки.

Задача №3.

Определить номинальную $S_{ном}$ и действительную постоянную счетчика электрической энергии, его относительную погрешность и поправочный коэффициент, если паспортные данные счетчика: 220В, 5А, 50 ГЦ, 1 кВт-ч - 1280 оборотов диска. Счетчик был поверен при напряжении 220В и токе 5А, и сделал 150 оборотов за 6 мин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панфилов, В.А. Электрические измерения: Учеб.для СПО [Текст] / Панфилов В.А. – М: Академия, 2010. – 297 с.
2. Хромоин П.К. Электротехнические измерения: Учеб.для СПО [Текст] / Хромоин П.К.– М: Форум , 2008. – 178 с.
3. Хрусталева З.А. Электрические и электронные измерения: Учеб. для СПО [Текст] / Хрусталева З.А. – М: Академия, 2009. – 297 с.

Учебное текстовое электронное издание

Светлана Борисовна Меняшева

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Учебное пособие

Издается полностью в авторской редакции

0,7 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2015 год

ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

Отделение монтажа и эксплуатации электрооборудования

Центр электронных образовательных ресурсов и
дистанционных образовательных технологий

e-mail: ceor_dot@mail.ru