

Лекция 22. Электрические измерения и приборы

Виды измерений делятся на *прямые* и *косвенные*.

Прямые – величина A находится, из опытных данных.

Косвенные – величина A находится по известной зависимости. К косвенным можно отнести определение резонансной частоты по результатам прямых измерений емкости и индуктивности.

По *способу преобразования и форме результата* измерения **приборы** делятся на *аналоговые* и *цифровые*.

Показания аналоговых приборов представляются в непрерывной форме, **цифровых приборов** – в цифровой форме.

Приборы делятся на измерители тока (амперметры), напряжения (вольтметры), сопротивления (омметры) и т.д.

Аналоговые электроизмерительные приборы прямого преобразования

В *аналоговых приборах* электрическая энергия измеряемого параметра преобразуется в механическую, а подвижная часть прибора поворачивается на некоторый угол.

Электроизмерительные приборы *прямого преобразования* подразделяются на *электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические, электростатические, выпрямительные, индукционные* и др. Рассмотрим их устройство, принцип действия и область применения.

Электромагнитные приборы

Принцип действия основан на преобразовании измеряемой величины в угол поворота стрелки с помощью механического момента $M_{вр}$ (рис.3.44).

Подвижная часть прибора включает ось 1, на которой смонтированы: сердечник из ферромагнитного материала 6 и неподвижная катушка с током 7; спиральная пружина 9 для противодействующего момента; стрелочный указатель 3.

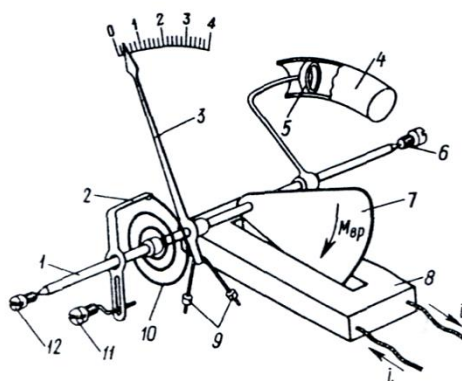


Рис.3.44. Устройство прибора электромагнитной системы

Эти приборы применяются в цепях *переменного тока с частотой до 10 кГц*. По принципу действия электромагнитный прибор является *измерителем тока* (амперметр) и напряжения. Катушка 7 *амперметра* состоит из небольшого числа витков *толстого* медного провода. У *вольтметра* катушка 7 с большим числом витков *тонкого* медного провода. Для ограничения тока последовательно с катушкой включают добавочный резистор.

Прибор применяется для измерения постоянного и действующего значения переменного тока.

Магнитоэлектрические приборы

Вращающий момент в этих приборах создается при *взаимодействии тока* в витках *подвижной катушки и магнитного поля* постоянного магнита. Обмотка подвижной катушки (медный или алюминиевый провод) намотана на алюминиевую рамку, которая со стрелочным указателем крепится на двух полуосях. Ток к обмотке катушки подводится через две спиральные пружинки.

Магнитоэлектрический прибор является *измерителем тока*. Изменение его направления в подвижной катушке изменяет и направление отклонения. Поэтому приборы пригодны для измерений *постоянных токов и напряжений*.

Магнитоэлектрические гальванометры предназначены для измерения очень малых токов (10^{-7} – 10^{-12} А).

Электродинамические приборы

В этих приборах вращающий момент зависит от взаимодействия двух катушек с токами. Измерительный механизм состоит из подвижной и неподвижной катушек. *Используются в основном как ваттметры*. *Электродинамические приборы* могут быть использованы в качестве вольтметров и амперметров при последовательном или параллельном соединении катушек.

Приборы этой системы *наиболее точные*. Их конструкция сложна и относительно дорогая.

Электростатические приборы

Между двумя неподвижными электродами 1 (рис.3.45) помещается подвижный электрод 2, укрепленный на оси 3.

Между электродами возникает электрическое поле. Под его действием электрод 2 занимает положение, соответствующее максимальной энергии.

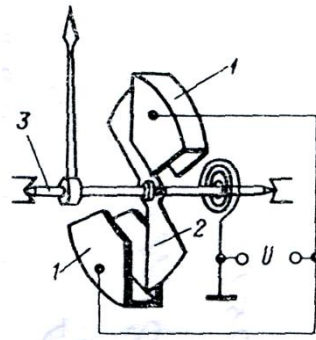


Рис.3.45. Устройство прибора электростатической системы

Электростатические приборы измеряют переменное напряжение. При напряжениях 10...30 В и ниже вращающий момент весьма мал, поэтому чувствительность прибора невелика. *Вольтметры* выпускают для измерения напряжений от 30 до нескольких сотен тысяч вольт в широком диапазоне частот.

Выпрямительные приборы

Представляют собой сочетание полупроводникового выпрямителя (мостовая схема) и механизма магнитоэлектрической системы.

С помощью диодов *VD1-VD4* мостовой схемы (лекция 17) переменный ток преобразуется в пульсирующий, среднее значение которого I_{cp} измеряется магнитоэлектрическим измерителем *I*, установленном в диагонали моста вместо сопротивления нагрузки R_n .

Градуируются приборы в *действующих значениях переменного тока*. Широко применяются в виде универсальных ампервольтметров («тестеров»). Рабочий диапазон частот 50-10⁴ Гц.

Индукционные приборы

Устройство (рис.3.46) прибора состоит из двух разомкнутых магнитопроводов 1 и 7 с обмотками 2 и 8. В зазоре помещен алюминиевый диск 6 на оси 4. Токи в обмотках 2, 8 образуют *бегущее магнитное поле*, которое непрерывно вращает диск.

Постоянный магнит 5, охватывающий диск 6, создаёт в нём противодействующий момент, пропорциональный скорости вращения диска.

Ось прибора 4 через червячную передачу 3 отсчитывает число оборотов диска.

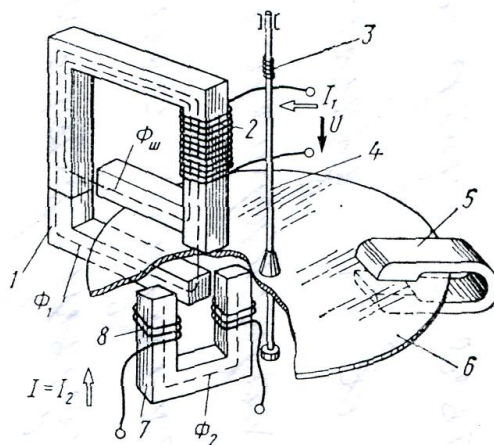


Рис.3.46. Устройство индукционного измерительного механизма

Индукционные приборы применяют в качестве *счетчиков электрической энергии*. При измерении активной *энергии* счетчик включается как *ваттметр*.

Измерение электрических величин

Измерение в цепях постоянного тока

Применяют *магнитоэлектрические, электродинамические, электромагнитные, электростатические приборы*. Наибольшую точность дают *магнитоэлектрические* приборы, используемые в качестве амперметра или вольтметра. *Амперметр А*, включенный последовательно с нагрузкой R_n , должен иметь небольшое внутреннее сопротивление.

Мощность в цепях постоянного тока – произведение одновременно измеренных тока и напряжения. *Энергия в цепях постоянного тока* – счетчиками *электродинамической системы*. Схема его включения аналогична схеме ваттметра.

Измерение сопротивления методом амперметра-вольтметра.

Осуществляется по формуле $R_x = U_v / I_A$. Этот метод отличается невысокой точностью.

Измерение сопротивления омметром. Непосредственно и быстро сопротивление R_x можно измерить омметром (сочетание магнитоэлектрического измерителя, добавочного резистора и источника питания).

Измерение малых сопротивлений осуществляют **измерительными мостами**.

Измерение в цепях переменного тока

Для измерения синусоидального тока используют **электромагнитные амперметры**, а для более точных измерений – **электродинамические амперметры**.

При **больших токах** амперметры включают через **измерительные трансформаторы тока**. Для **малых токов** – выпрямительные мили- и микроамперметры.

Напряжение– электромагнитными и выпрямительными вольтметрами. Для более точных измерений применяют **электродинамические, электростатические и выпрямительные вольтметры**. Синусоидальные напряжения **выше 600 В** измеряют **электромагнитными вольтметрами** через **измерительные трансформаторы напряжения**.

Измерение активной мощности в однофазной цепи переменного тока осуществляют **электродинамическим ваттметром**.

Измерение мощности и энергии в трехфазных цепях переменного тока осуществляют с помощью **электродинамических и ферродинамических ваттметров** (схемы включений см. лекцию 9).

Цифровые измерительные приборы

Аналоговая величина преобразуется в дискретную в виде кода (слова), а результат выдается в цифровой форме.

Преимущества: высокая точность, широкий диапазон измеряемых величин, возможность получения информации в цифровой форме, передача ее на расстояние и обработка на ЭВМ.

Цифровые приборы выполняются на интегральных схемах.

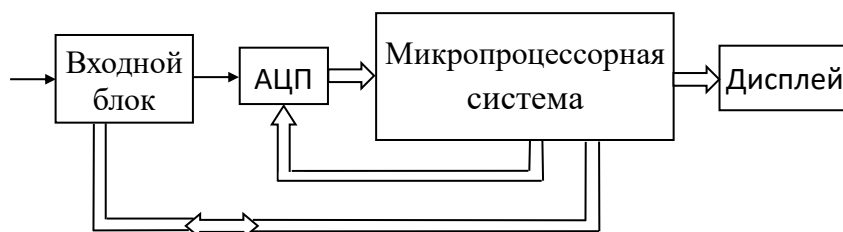


Рис.3.47. Структурная схема цифрового вольтметра

Структурная схема микропроцессорного цифрового вольтметра (рис.3.47), включает входной блок *ВБ*, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), микропроцессорную систему МП и дисплей.

Входной блок содержит аналоговые преобразователи. У цифрового вольтметра – ***аналого-цифровой преобразователь (АЦП)***.

Наиболее распространена классификация АЦП, признаком которой служит *характер приближения цифрового кода* и квантования уровня к преобразуемому *аналоговому сигналу*. В соответствии с этой процедурой АЦП делят на *последовательные, параллельные и последовательно-параллельные*.

Микропроцессорная система обеспечивает управление процессом измерения, обработку сигналов, самодиагностику, а также выдачу результата измерения на *дисплей* в цифровом виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комиссаров Ю.А., Равичев Л.В., Новикова И.И., Семенова Е.А., Хлебалкин И.В. Курс лекций по электротехнике и электронике: учебное пособие для вузов – Калуга: изд. «Ноосфера», 2015. – 160 с.
2. Комиссаров Ю.А., Новикова И.И., Семенова Е.А., Хлебалкин И.В., Лисицина В.В. Алгоритмы решения задач по электрическим цепям переменного тока. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2014. – 45 с.
3. Комиссаров Ю.А. Основы электротехники, микроэлектроники и управления. В 2 т. Том 1: учеб. пособие для академического бакалавриата/ Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Д.П. Вент, Г.И. Бабокин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 455 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс).
4. Комиссаров Ю.А. Основы электротехники, микроэлектроники и управления. В 2 т. Том 2: учеб. пособие для академического бакалавриата / Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Д.П. Вент, Г.И. Бабокин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 313 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс).
5. Логинов В.Я., Беляева Ю.А., Равичев Л.В., Новикова И.И., Семенова Е.А., Комиссаров Ю.А. Сборник задач по электрическим цепям синусоидального тока с применением различных моделей в Mathcad и Multisim: учеб. пособие. - М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2019. - 84 с.
6. Равичев Л.В., Логинов В.Я., Беляева Ю.А., Комиссаров Ю.А.. Электротехника и основы электроники. Лабораторный практикум: учеб. пособие / - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. -76 с.
7. Равичев Л.В., Комиссаров Ю.А., Беляева Ю.А., Киселев М.С. Расчет и выбор электрооборудования для химических производств. – учебное пособие / М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2017. – 64 с.
8. Комиссаров Ю.А., Навроцкая Л.В., Хлебалкин И.В., Семенова Е.А., Таптунов В.Н. Лабораторный практикум по автоматизированному расчёту и моделированию электрических цепей. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2014. – 84 с.
9. Комиссаров Ю.А., Бабокин Г.И. Общая электротехника и электроника: учебник для вузов / Под ред. П.Д. Саркисова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 480 с. – Высшее образование: Бакалавриат). – [www/dx/doi/org/10/12737/13474](http://www.dx/doi/org/10/12737/13474).
10. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П., Бабокин Г.И. Основы электротехники, микроэлектроники и управления. Теория и расчет: т. 1.

Учебное пособие для вузов в 2 т. Под ред. Саркисова П.Д. – М.: Химия, 2007. – 451 с.

11. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П., Бабокин Г.И. Основы электротехники, микроэлектроники и управления. Теория и расчет: т. 2. Учебное пособие для вузов в 2 т.. Под ред. Саркисова П.Д. – М.: Химия, 2007. – 311 с.
12. Рекус Г.Г. Электрооборудование химических производств: пособие по дипломному проектированию. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2006. – 68 с.
13. Комиссаров Ю.А., Лисицина В.В., Новикова И.И., Семенова Е.А., Семенов Г.Н., Хлебалкин И.В. Под ред. Чиркова М.Т. Трехфазные (промышленные) цепи синусоидального тока. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2004. – 64 с.
14. Рекус Г.Г., Никитин Д.А., Голубев Е.Г. Основы электрического привода производственных механизмов: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2001. – 68 с.
15. Рекус Г.Г., Чесноков В.Н. Лабораторный практикум по электротехнике и основам электроники: учебное пособие для неэлектротехнических специальностей вузов. -2-е изд., перераб. и дополненное. – М.: Высш. шк. 2001. – 255 с.
16. Рекус Г.Г., Никитин Д.А., Голубев Е.Г. Основы электробезопасности: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2001. – 40 с.
17. Комиссаров Ю.А., Дружинин О.Г., Рекус Г.Г., Новикова И.И., Семенов Г.Н., Привалихин С.Г., Лабораторные работы по основам электроники на ЭВМ: учеб. пособие. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2000. – 108 с.
18. Комиссаров Ю.А., Семенова Е.А., Семенов Г.Н., Новикова И.И., Киселева И.М. Лабораторные и самостоятельные работы по трехфазным цепям синусоидального тока. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2009. – 88 с.