



**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА**

А. В. Григорьев

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И
СЕРТИФИКАЦИЯ**

*Рекомендовано Федеральным учебно-методическим объединением
в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей
и направлений подготовки 26.00.00 «Техника и технологии
кораблестроения и водного транспорта» в качестве учебника
для реализации основной профессиональной образовательной
программы высшего образования по специальности 26.05.07
«Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»*

**Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова
2025**

Оглавление

Введение

Список сокращений

1. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

1.1. Основные термины и определения

1.2. Технические средства измерения

1.3. Способы, принципы и методы измерения

1.4. Погрешности измерения

1.5. Точность электроизмерительных приборов

2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

2.1. Назначение и классификация измерительных преобразователей

2.2. Измерительные преобразователи в цепях постоянного тока

2.3. Измерительные трансформаторы постоянного тока

2.4. Датчики на основе эффекта Холла, магниторезисторные и оптические датчики

2.5. Измерительные трансформаторы переменного тока

2.6. Измерительные преобразователи переменного тока в постоянный

2.7. Термоэлектрические преобразователи

3. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

3.1. Назначение, принцип действия и устройство электроизмерительных механизмов

3.2. Магнитоэлектрические измерительные механизмы

3.3. Электромагнитные измерительные механизмы

3.4. Электродинамические и ферродинамические измерительные механизмы

3.5. Индукционные измерительные механизмы

3.6. Электростатические измерительные механизмы

4. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

4.1. Назначение, классификация и условные обозначения

электроизмерительных приборов

4.2. Конструкция судовых электроизмерительных приборов

4.3. Магнитоэлектрические измерительные приборы

4.4. Электромагнитные измерительные приборы

4.5. Электродинамические и ферродинамические измерительные приборы

4.6. Индукционные измерительные приборы

4.7. Электростатические измерительные приборы

5. ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

5.1. Общие сведения о цифровых измерительных приборах

5.2. Системы счисления и кодирования

5.3. Классификация цифровых электроизмерительных приборов

5.4. АЦП с времяимпульсным преобразованием

5.5. Погрешность измерения АЦП с времяимпульсным преобразованием

5.6. Погрешность измерения АЦП с времяимпульсным преобразованием

5.7. Назначение и классификация осциллографов

5.8. Устройство электронно-лучевого осциллографа

5.9. Осциллографические измерения электрических величин

5.10. Осциллографические измерения периодических процессов

6. ПРИБОРЫ СРАВНЕНИЯ

6.1. Общие сведения о приборах сравнения

6.2. Измерительные мосты постоянного тока

6.3. Измерительные мосты переменного тока

6.4. Потенциометры постоянного тока

6.5. Автоматические измерительные потенциометры и мосты

7. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

7.1. Общие сведения об измерении электрических величин

7.2. Измерение тока и напряжения

7.3. Измерение активной мощности и энергии

7.4. Измерение реактивной мощности и энергии

7.5. Измерение сопротивления изоляции

7.6. Измерительная аппаратура

распределительных щитов постоянного тока

7.7. Измерительная аппаратура

распределительных щитов переменного тока

7.8. Техническая эксплуатация распределительных щитов

8. МАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

8.1. Основные магнитные величины

8.2. Классификация приборов для магнитных измерений

8.3. Измерение магнитных потоков и магнитной индукции

8.4. Измерение напряженности и магнитодвижущей силы
магнитного поля

9. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

9.1. Основные положения об измерениях неэлектрических величин

9.2. Реостатные преобразовательные приборы

9.3. Терморезистивные преобразовательные приборы

9.4. Тензорезистивные преобразовательные приборы

9.5. Индуктивные преобразователи

9.6. Взаимоиндуктивные преобразователи

9.7. Индукционные генераторные преобразователи

10. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

10.1. Общие сведения о стандартизации и сертификации.

Основные термины и определения

10.2. Стандартизация

10.3. Подтверждение соответствия

10.4. Нормативные документы по стандартизации

10.5. Виды и содержание стандартов

10.6. Типизация и оптимизация объектов стандартизации

10.7. Унификация

10.8. Организационная структура стандартизации

10.9. Сертификации

10.10. Контроль и оценка качества

ВВЕДЕНИЕ

Учебник по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования (ФГОС ВО) и предназначен для курсантов (студентов) вузов, обучающихся по специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматизации», для формирования универсальных / общепрофессиональных / профессиональных компетенций по уровню /специалитета/:

- 260507.01 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»;
- 260507.02 Эксплуатация судового электрооборудования и автоматики судов с ядерными энергетическими установками.

Учебник состоит из десяти глав. В первой главе приведены основные термины и определения, рассмотрены технические средства измерения, способы и методы измерения, погрешности измерений. Во второй главе рассмотрены измерительные преобразователи электрических величин, включая трансформаторы тока и напряжения. Принцип действия электроизмерительных механизмов непосредственной оценки изложен в третьей главе. В четвертой главе рассмотрен принцип действия и конструкция электроизмерительных приборов непосредственной оценки. Пятая глава посвящена цифровым электроизмерительным приборам и методам осциллографического измерения электрических величин. Конструкция и принцип действия приборов сравнения приведена в шестой главе. Седьмая глава посвящена методам измерения электрических величин в судовых сетях. В восьмой главе рассмотрены методы проведения магнитных измерения. В девятой главе приведены основные методы и рассмотрены преобразователи для измерения неэлектрических величин. В десятой главе приведены общие сведения о стандартизации и сертификации, основные термины, вопросы унификации, контроля и оценки качества.

1. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

1.1. Базовые термины и определения

Метрология подразделяется на теоретическую, законодательную и прикладную (практическую). Теоретическая метрология определяет фундаментальные основы метрологии, предметом законодательной метрологии является установление обязательных технических и юридических требований по к применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и точности измерений. Прикладная (практическая) метрология изучает вопросы практического применения теоретической и законодательной метрологии. Физическая величина - свойство материального объекта или явления, общее в качественном отношении для многих объектов или явлений, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Размер величины — это количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.

Размерность величины — произведение символов основных физических величин в различных степенях, отражающее их связь с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные.

Результат измерения — числовые значения измеряемой величины.

Мера величины — средство измерений, предназначенное для воспроизведения или хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах.

1.2. Технические средства измерения

Для осуществления процесса измерения необходимы специальные технические средства. Совокупность таких средств называют средствами измерения, или измерительной аппаратурой.

Измерительный прибор — это средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

В показывающем измерительном приборе возможен только визуальный отсчет его показаний (стрелочный или цифровой вольтметр, амперметр, омметр). В регистрирующем приборе предусмотрена регистрация показаний. Самопишущий прибор регистрирует показания, печатающий прибор печатает результаты измерений. В интегрирующем приборе подводимая к нему величина определяется по независимой переменной.

Измерительный преобразователь (ИП) — техническое средство с метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Измерительный преобразователь входит в состав измерительного прибора (измерительной установки, измерительной системы и др.) или применяется вместе с другим средством измерений.

Первичный измерительный преобразователь — преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина, т. е. первый преобразователь в измерительной цепи измерительного прибора (установки, системы). В одном средстве измерений может быть несколько первичных преобразователей.

Датчик — конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы.

Промежуточный преобразователь — преобразователь, расположенный после первичного. Передающий преобразователь — преобразователь, предназначенный для передачи сигнала измерительной информации.

Масштабный измерительный преобразователь изменяет измеряемую величину, не изменяя ее вида.

Измерительная установка — это совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин, расположенных в одном месте.

Измерительная система — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта с целью измерений одной или нескольких физических величин .

Измерительно-вычислительный комплекс — функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.

1.3. Способы, принципы и методы измерения

Прямыми измерениями называются измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

Косвенными измерениями называются измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между измеряемой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

Принцип измерений — это физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Метод измерений — прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

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

Метод сравнения (метод сравнения с мерой) — метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с другой величиной, воспроизводимой мерой.

Дифференциальный метод измерений (дифференциальный метод) — метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с величиной, имеющей известное значение

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

1.4. Погрешности измерения: виды и основные характеристики

Значение любой физической величины может быть определено в результате измерения лишь приближенно, т. е. с некоторой погрешностью

Действительным значением измеряемой величины называют ее значение, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

Систематической погрешностью называется составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

Постоянные погрешности — погрешности, которые длительное время сохраняют свое значение, например, в течение времени выполнения измерений.

Прогрессивные погрешности — непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. К ним относятся погрешности износа контактной части измерительных приборов и др.

Периодические погрешности — погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного прибора.

Инструментальные погрешности — составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений. .

Погрешность метода измерения — составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.

Субъективная погрешность измерения — составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная индивидуальными особенностями оператора. .

Промах (грубая погрешность измерения) — погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий значительно отличается от остальных результатов измерений.

Если обозначить результаты измерений одной и той же величины $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, то среднее арифметическое результатов измерений

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n},$$

где n — число измерений

Средняя квадратичная погрешность ряда из n измерений:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_{\text{ср}} - x_1)^2 + (x_{\text{ср}} - x_2)^2 + \dots + (x_{\text{ср}} - x_n)^2}{n - 1}}.$$

Абсолютная погрешность Δ прибора — разность между показаниями этого прибора a_x и действительным значением величины:

$$\Delta = a_x - a.$$

Абсолютная погрешность, взятая с противоположным знаком, называется *поправкой к показаниям прибора*: $\delta n = -\Delta$. Абсолютная погрешность и поправка выражаются в тех же единицах, что и измеряемая величина.

Относительной погрешностью δ прибора называется отношение абсолютной погрешности Δ к действительному значению измеряемой величины. Относительную погрешность часто выражают в процентах действительного значения измеряемой величины:

$$\delta = \Delta / a.$$

Приведенная погрешность γ прибора — отношение абсолютной погрешности к верхнему пределу $a_{\max}$ шкалы прибора. Чаще всего данная погрешность выражается в процентах $a_{\max}$:

$$\gamma = \frac{\Delta}{a_{\max}} 100.$$

1.5. Точность электроизмерительных приборов

В основе классификации электроизмерительных приборов по точности измерения максимально допустимое для данного прибора значение основной приведенной погрешности. Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливают по формуле

$$\Delta = \pm a$$

Классы точности электроизмерительных приборов обозначают в документации прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности или относительной погрешности классы точности в документации обозначают числами, которые равны этим пределам, выраженным в процентах.

Обозначение класса точности прибора

Предел допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности в документации	Обозначение класса точности на средстве измерений
$Y = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
$Y = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	$\nabla_{0,5}$
$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	$\textcircled{0,5}$

2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

2.1. Назначение и классификация

Измерительные преобразователи предназначены для измерения физических величин. Измерительным преобразователем называют устройство, реализующее определенную функциональную связь между двумя физическими величинами.

Преобразователи рода физической величины осуществляют преобразование одной физической величины в другую.

Масштабные преобразователи осуществляют количественное изменение значений физической величины.

Преобразователи рода тока осуществляют изменение электрической величины одного рода тока в другой.

2.2. Измерительные преобразователи в цепях постоянного тока

В цепях постоянного тока в качестве преобразователей применяются резисторы, сопротивление которых практически не зависит от внешних воздействий, в частности от температуры.

Различают два основных вида резисторных преобразователей: шунты и добавочные резисторы. Шунты применяют для расширения пределов измерения амперметров, добавочные сопротивления – вольтметров. *Шунт* применяют для расширения диапазона измерения а

мперметров..Шунт преобразует ток в падение напряжения.

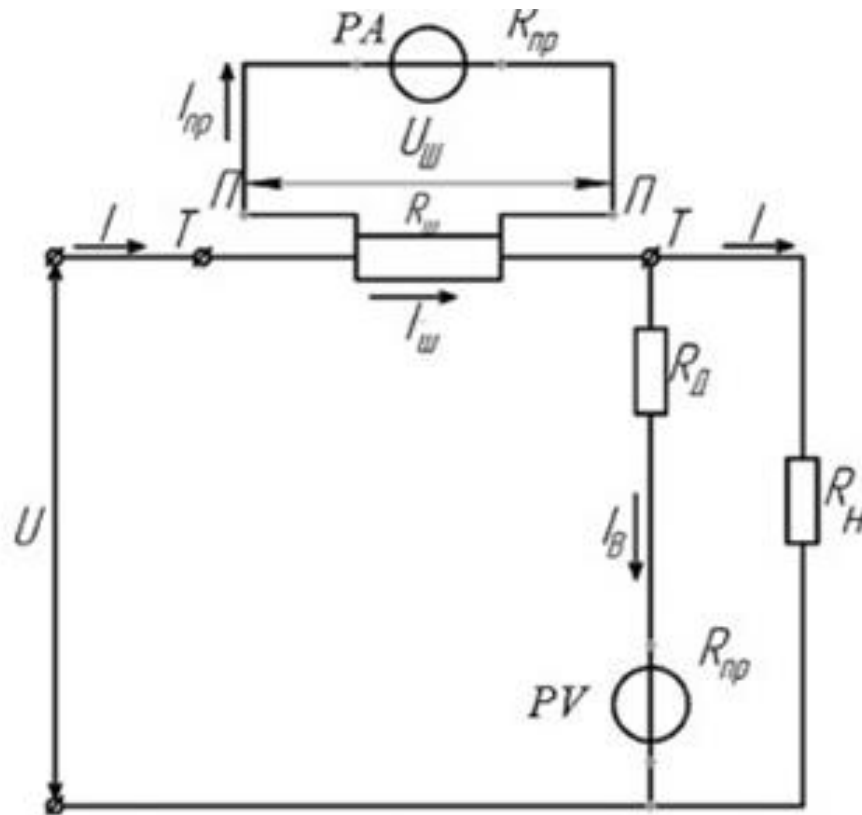
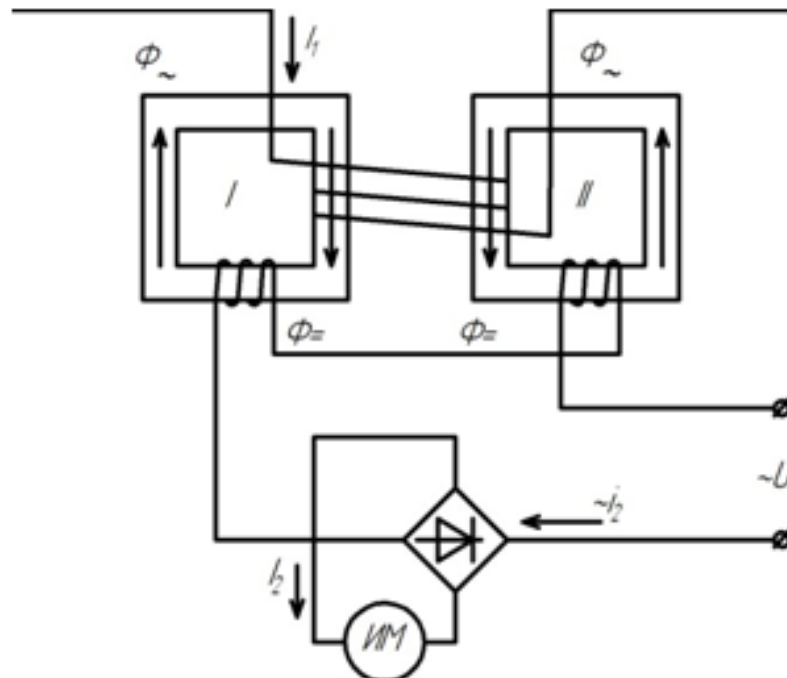


Схема включения шунта и добавочного сопротивления в цепь постоянного тока

2.3. Измерительные трансформаторы постоянного тока

Измерительные трансформаторы постоянного тока находят применение на судах, как правило, в электрических цепях постоянного тока для измерения больших токов (свыше 5000 А). На судах измерительные трансформаторы постоянного тока применяют в гребных электрических установках постоянного или двойного рода тока.

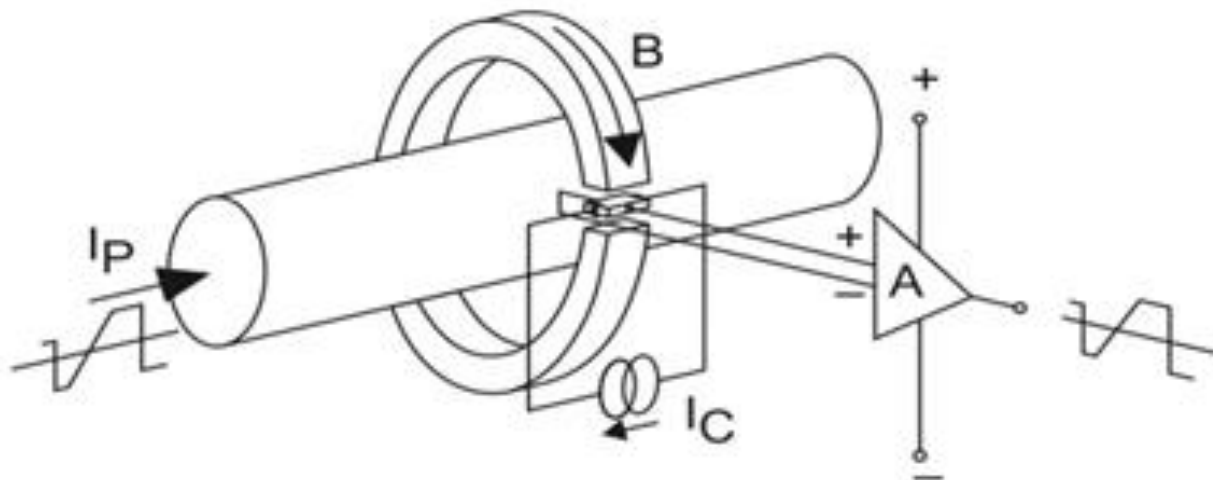


Принципиальная схема измерительного трансформатора постоянного тока

2.4. Датчики на основе эффекта Холла, магниторезисторные и оптические датчики

Для измерения постоянного тока на современных судах применяют датчики, выполненные на основе эффекта Холла, а также на магниторезисторные и оптические датчики.

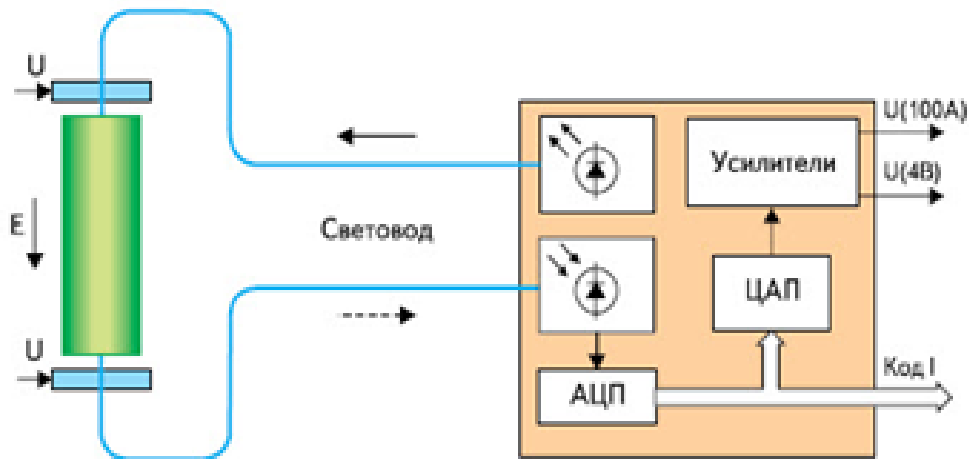
Датчик тока на основе эффекта Холла. Эффект Холла заключается в появлении напряжения на концах полоски проводника или полупроводника, помещенного перпендикулярно силовым линиям магнитного поля.



Датчика на основе эффекта Холла

Принцип действия магниторезистивных датчиков тока основан на изотропном эффекте.

В современных установках широко применяются оптические датчики тока и напряжения, а также датчики напряжения, разработанные на основе пояса (катушки) Роговского. Данные датчики применяются с цифровыми процессорами обработки сигналов, оборудованными встроенными аналого-цифровыми преобразователями (АЦП).



Структурная схема оптического датчика напряжения

2.5. Измерительные трансформаторы переменного тока

Основное назначение трансформаторов состоит в преобразовании значений измеряемых напряжений и токов в стандартные.

Применение измерительных трансформаторов вместо шунтов и добавочных резисторов позволяет снизить потери, возникающие в процессе преобразования, исключить гальваническую связь между первичной электрической цепью и измерительными приборами, повысить безопасность эксплуатации, так как приборы включаются в цепь низкого напряжения, а также уменьшить габариты и массу.

Измерительные трансформаторы делятся на трансформаторы тока и трансформаторы напряжения. Первичная обмотка трансформатора тока включается в измеряемую цепь последовательно. Вторичные цепи этих трансформаторов питают амперметры и последовательные цепи ваттметров и других электроизмерительных приборов. Нормальным режимом для трансформатора тока является режим, близкий к короткому замыканию. Разрыв вторичной цепи трансформатора является аварийным режимом и может привести к отказу.

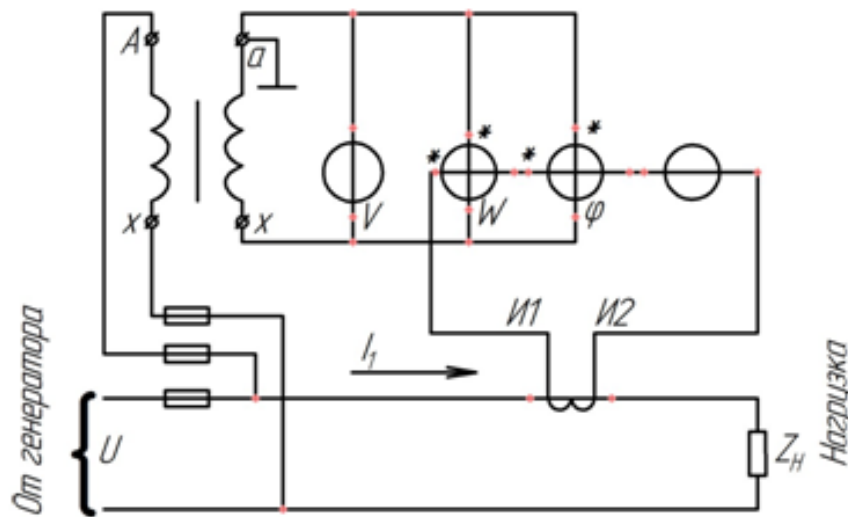


Схема включения
измерительных приборов
с помощью трансформаторов
тока и напряжения

Первичная обмотка трансформатора напряжения включается в электрическую цепь параллельно. К зажимам вторичной обмотки подключаются вольтметры, частотомеры и параллельные цепи других электроизмерительных приборов.

Трансформатор напряжения работает в режиме, близком к режиму холостого хода, и короткое замыкание вторичной цепи является для трансформатора напряжения аварийным режимом..

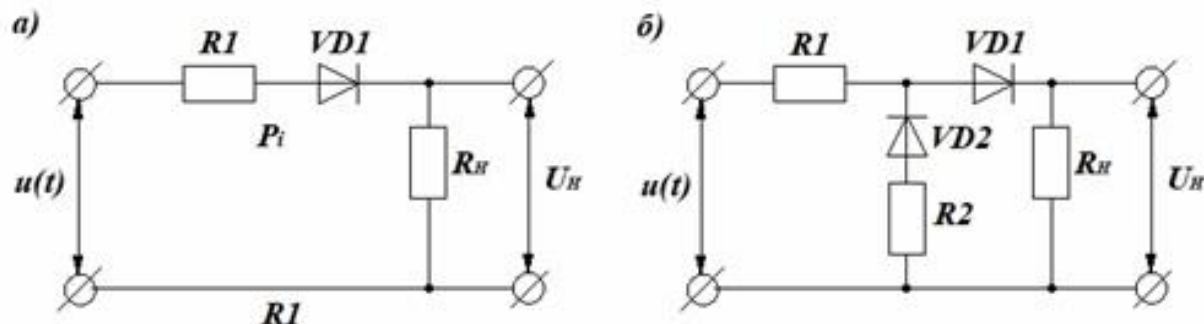
Ток первичной обмотки трансформатора тока I_1 зависит от напряжения и сопротивления нагрузки z_n . Во вторичную обмотку трансформатора тока включают электроизмерительный прибор с малым сопротивлением. Нормальный режим работы трансформатора тока близок к режиму короткого замыкания.

Измерительные трансформаторы напряжения работают в режиме близком к режиму холостого хода. Во вторичную обмотку трансформаторов напряжения включают измерительные приборы с относительно большим внутренним сопротивлением.

2.6. Измерительные преобразователи переменного тока в постоянный

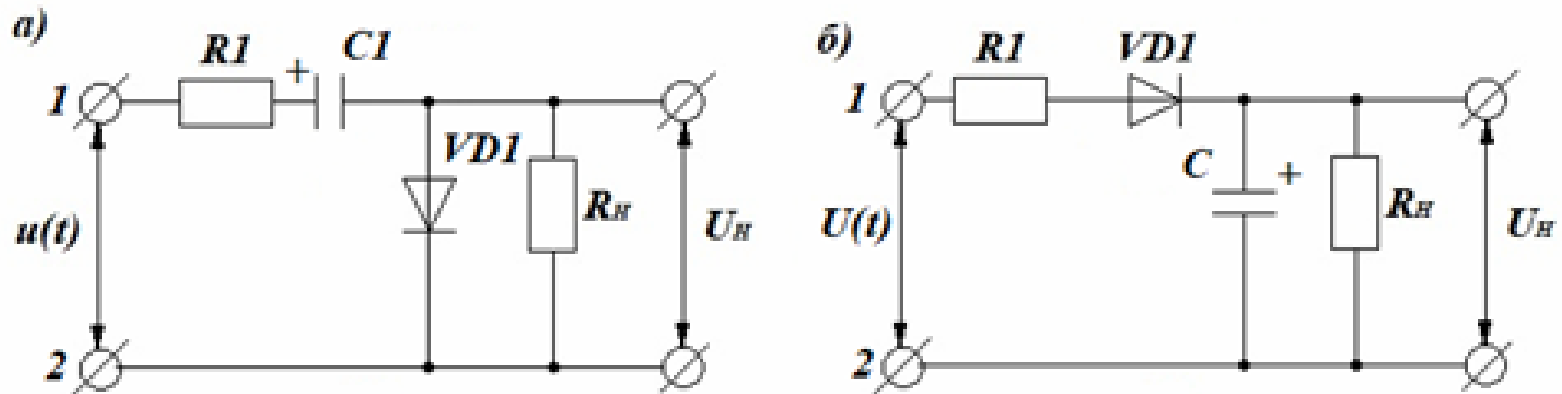
Измерительные преобразователи переменного тока в постоянный относятся к классу измерительных преобразователей электрических величин в электрические. Наибольшее распространение находят выпрямительные преобразователи переменного тока в постоянный.

Различают детекторы среднего, действующего и амплитудного (пикового) значения. Схемы детекторов не отличаются от схем силовых выпрямителей, работающих на активную, емкостную или смешанную (активно-емкостную) нагрузки. Различие между силовыми выпрямителями и детекторами заключается в том, что выпрямители предназначены для преобразования энергии, а детекторы — для преобразования информации.

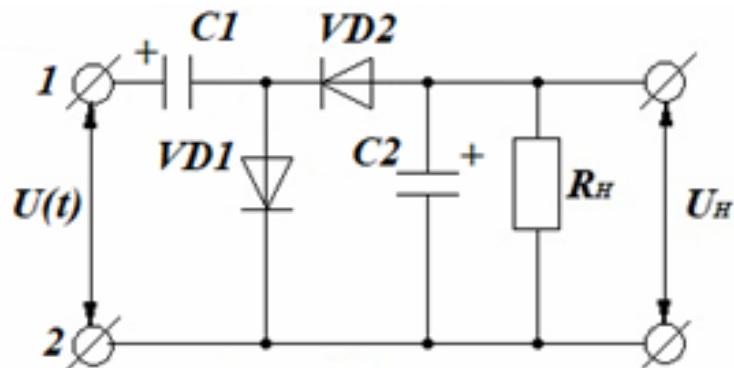


Детекторы среднего значения

Амплитудные детекторы отличаются от детекторов среднего значения наличием конденсатора C , включаемого последовательно или параллельно нагрузке.



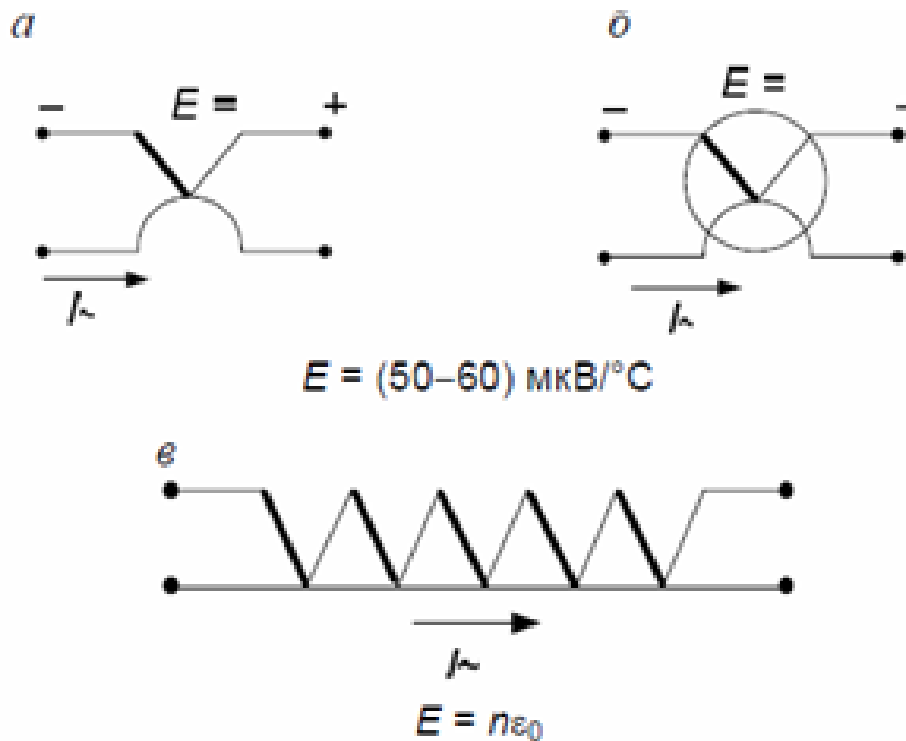
Амплитудные детекторы



Двухполупериодный детектор

2.7. Термоэлектрические преобразователи

Термоэлектрические преобразователи предназначены для использования в электрических цепях постоянного или переменного тока для измерения электрического тока



Термоэлектрические преобразователи

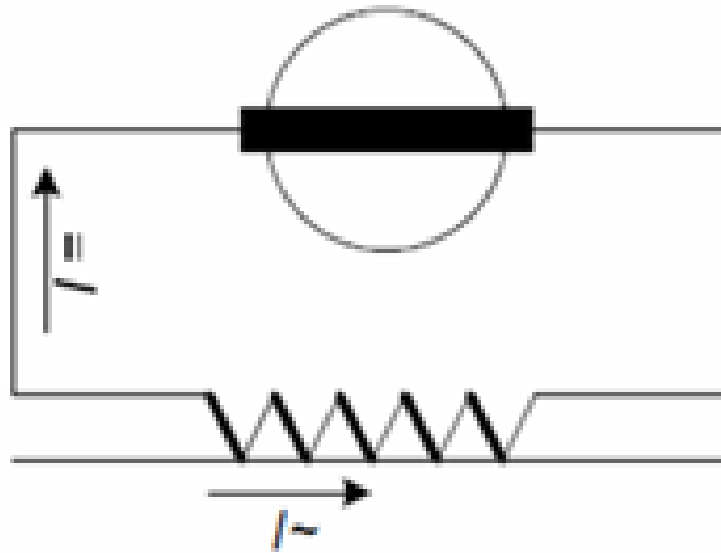


Схема подключения
термопреобразователя контактного типа
к электроизмерительному прибору

3. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

3.1. Назначение, принцип действия и устройство

Измерительная цепь обеспечивает преобразование сигнала измерительной информации, необходимое для осуществления процесса измерения. Измерительный механизм преобразует подводимую к нему электромагнитную энергию в механическую энергию перемещения подвижной части.

Вращающий момент, возникающий в приборе при проведении измерения, вызывает поворот подвижной части в сторону возрастающих показаний. В зависимости от способов преобразования электромагнитной энергии, используемых для создания вращающего момента, электромеханические приборы разделяются на следующие группы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные и электростатические.

Для электромеханических приборов вращающий момент равен скорости изменения энергии электромагнитного поля W_e , сосредоточенной в измерительном механизме, при перемещении на угол α :

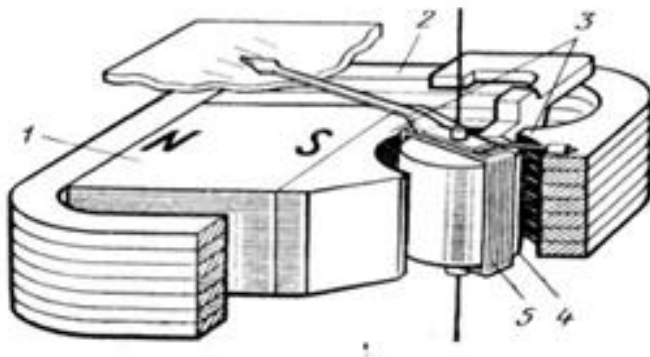
$$dA = dW_e / d\alpha.$$

Для приборов, у которых вращающий момент пропорционален измеряемой величине $M = kX$ и не зависит от угла отклонения, уравнение шкалы имеет вид

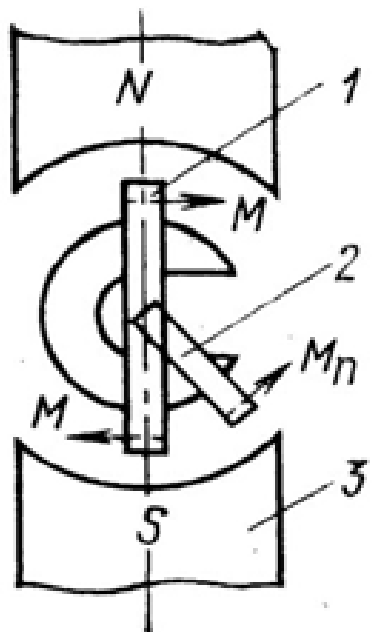
$$\alpha = \frac{k}{W} X$$

3.2. Магнитоэлектрические измерительные механизмы

В магнитоэлектрических измерительных механизмах вращающий момент возникает в результате взаимодействия магнитного поля постоянного магнита с проводником, по которому течет электрический ток. Данные механизмы разделяют на механизмы с подвижным магнитом и с подвижной рамкой.



Магнитоэлектрический измерительный механизм с подвижной рамкой

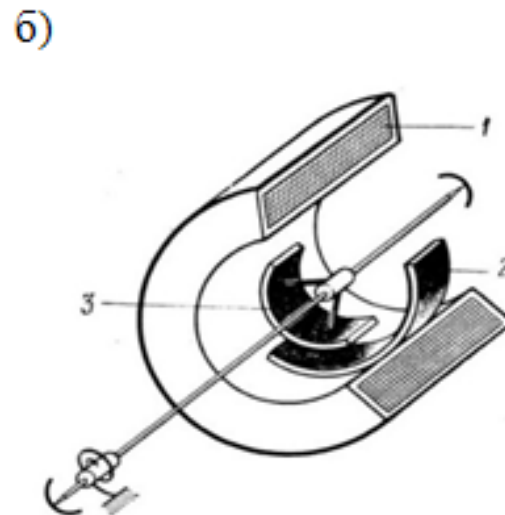
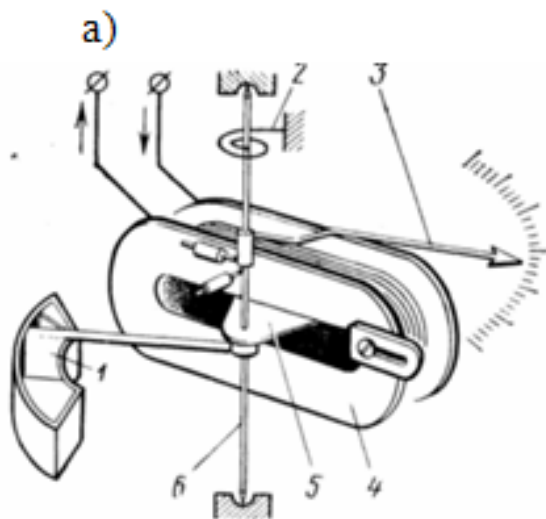


Измерительный механизм
магнитоэлектрического логометра

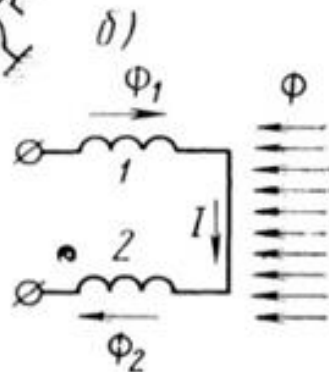
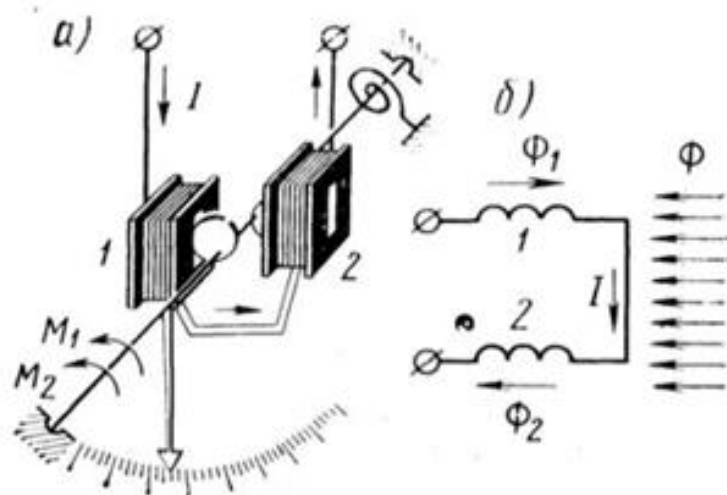
3.3. Электромагнитные измерительные механизмы

Вращающий момент в электромагнитном механизме возникает в результате взаимодействия одного или нескольких ферромагнитных сердечников, обычно составляющих его подвижную часть, с магнитным полем неподвижной катушки, по обмоткам которой протекает измеряемый ток. Под влиянием магнитного поля сердечник стремится расположиться так, чтобы магнитный поток катушки был наибольшим.

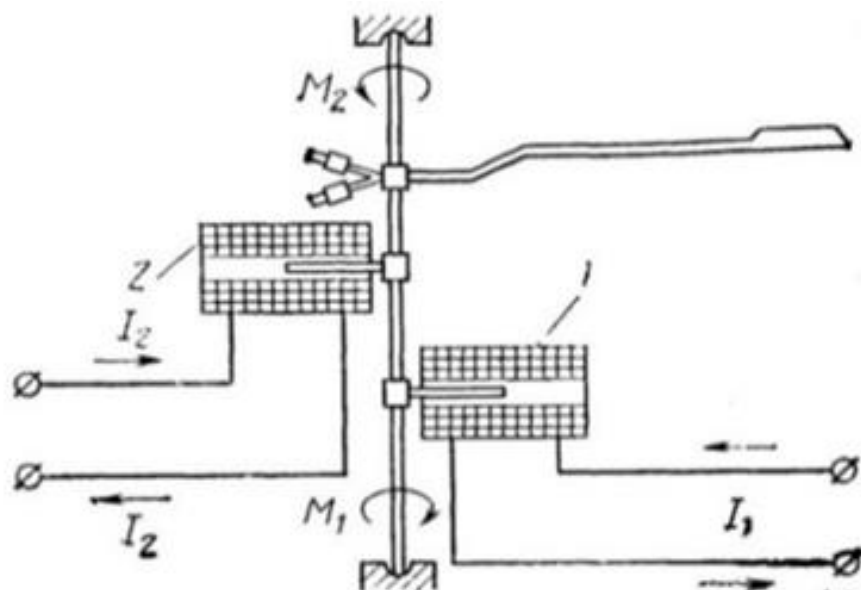
Измерительные механизмы по конструкции их катушек разделяют на механизмы с плоской и круглой катушками.



Электромагнитные измерительные механизмы:
а — с плоской катушкой; б — с круглой катушкой



Электромагнитный измерительный механизм
астатического исполнения:
а — конструкция механизма;
б — электрическая схема



Измерительный механизм
электромагнитного
логометра

3.4. Электродинамические и ферродинамические измерительные механизмы

В электродинамическом измерительном механизме вращающий момент возникает в результате взаимодействия магнитных полей подвижной и неподвижной катушек, обтекаемых токами. При наличии тока в обмотке катушек измерительного механизма возникают силы, стремящиеся повернуть подвижную часть так, чтобы магнитный поток измерительного механизма увеличился

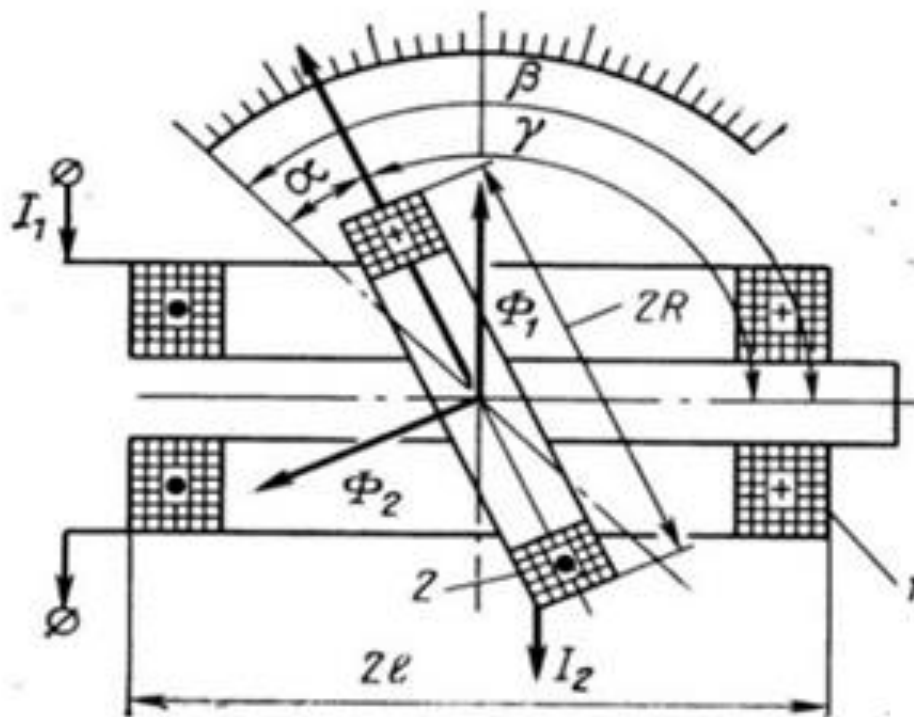
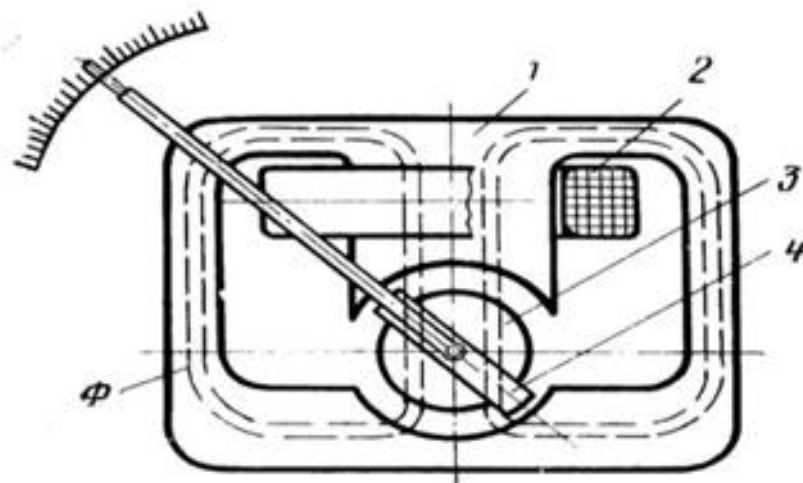


Схема устройства
электродинамического механизма

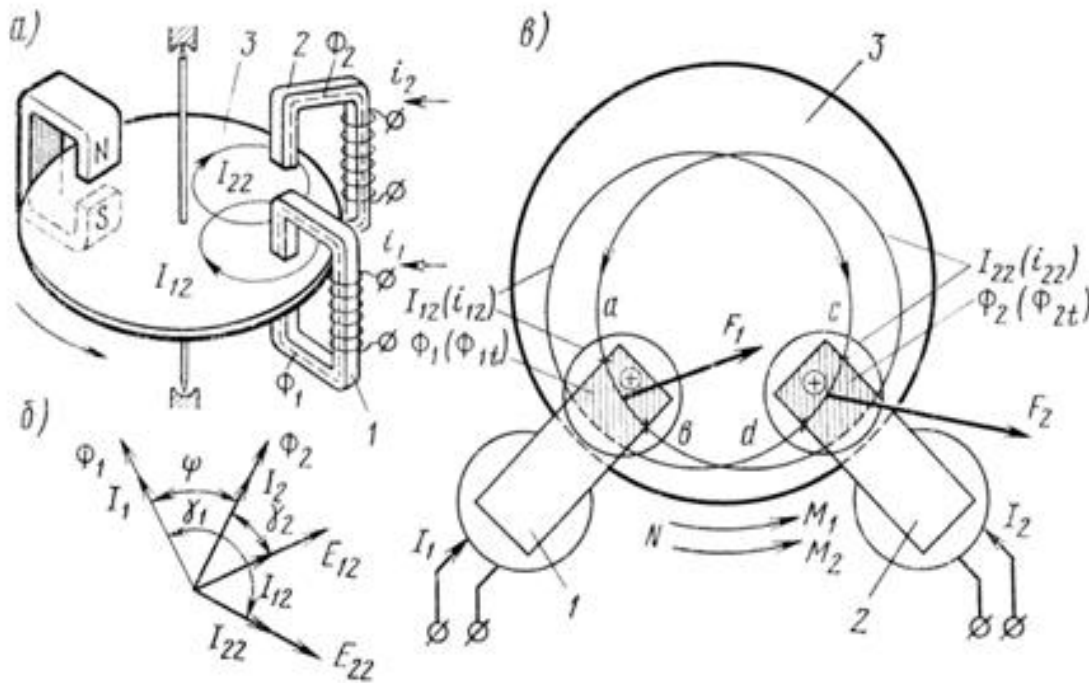
Измерительный механизм
электродинамического прибора состоит из
неподвижной катушки 1
и подвижной катушки 2.

Устройство ферродинамического
измерительного механизма



3.5. Индукционные измерительные механизмы

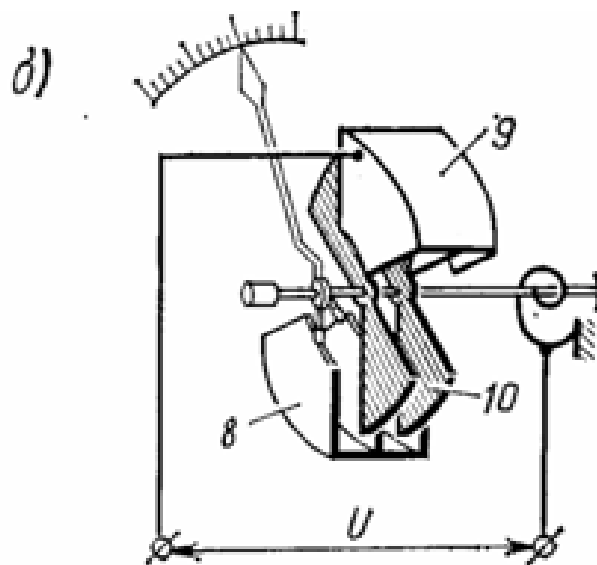
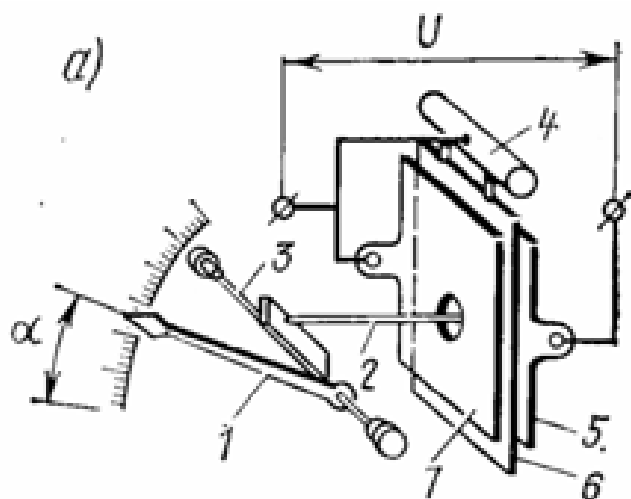
Индукционный измерительный механизм состоит из одного или нескольких неподвижных электромагнитов и подвижной части, выполненной обычно в виде алюминиевого диска. Вращающий момент возникает в результате взаимодействия магнитных потоков электромагнитов с вихревыми токами, индуцированными в диске этими же потоками.



Двухпоточный индукционный измерительный механизм:
а — устройство;
б — векторная диаграмма;
в — направления сил в диске

3.6. Электростатические измерительные механизмы

Электростатическими называются механизмы, вращающий момент которых создается в результате действия сил электрического поля, возникающих между разноименно заряженными проводниками — электродами измерительного механизма.



Электростатические измерительные механизмы:

а — с изменяющимся расстоянием;

б — с изменяющейся активной площадью

Электростатический измерительный механизм представляет собой конденсатор той или иной конструкции, емкость которого изменяется при перемещении его подвижной части, вызванном подключением к электродам прибора нагрузки, напряжение которой измеряется.

4. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

4.1. Назначение, классификация, условные обозначения

Электроизмерительные приборы непосредственной оценки (прямого действия) предназначены для измерения электрических величин..

Условные обозначения типов приборов

Тип прибора	С механическим противодействующим моментом	Без механического противодействующего момента
Магнитоэлектрический с подвижной рамкой		
Магнитоэлектрический с подвижным магнитом		
Электромагнитный		
Электродинамический		
Ферродинамический		
Индукционный		
Электростатический		

В зависимости от способа создания противодействующего момента различают приборы:

- с механическим противодействующим моментом;
- с электрическим противодействующим моментом.

Электроизмерительные приборы с электрическим противодействующим моментом называют логометры логометры.

Механический противодействующий момент создается спиральными пружинами, растяжками или подвесом.

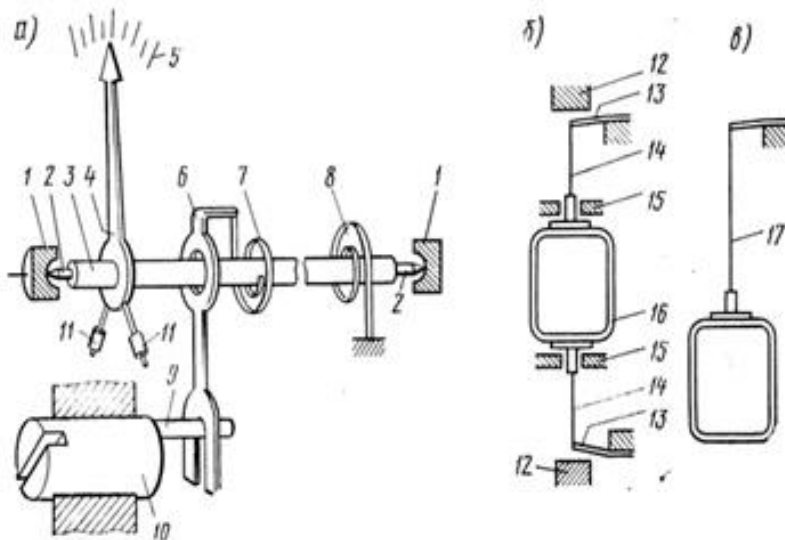
Во всех случаях противодействующий момент M_p пропорционален углу закручивания:

$$M_p = W\alpha,$$

где W — удельный противодействующий момент, зависящий только от свойств упругого элемента.

4.2. Конструкция судовых электроизмерительных приборов

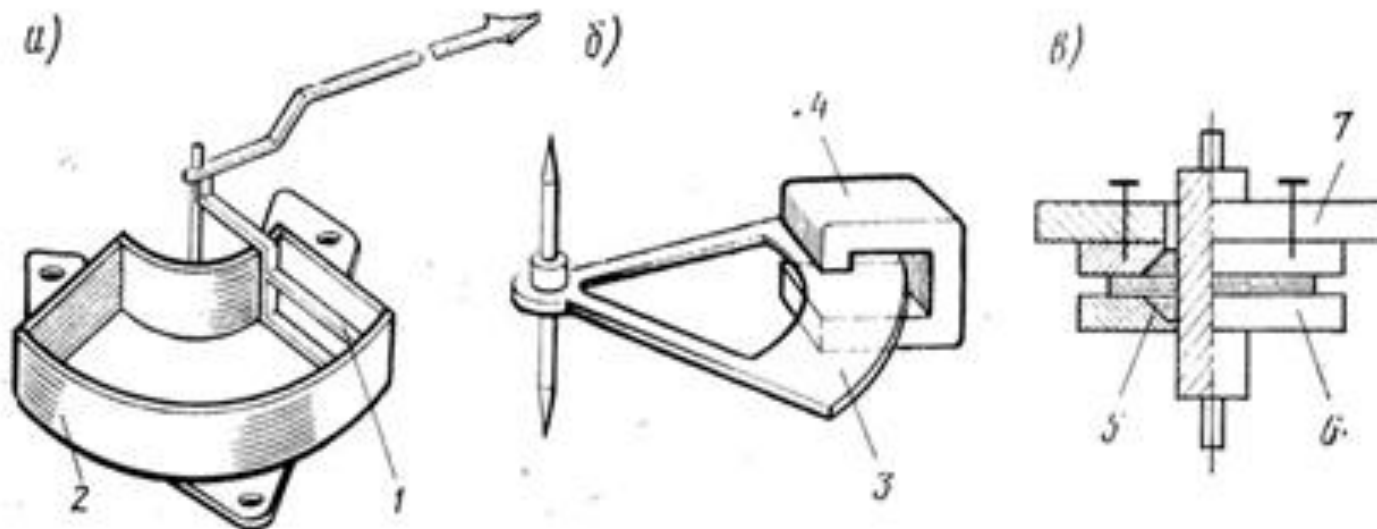
Различные по устройству и принципу действия электроизмерительные приборы имеют одинаковую конструкцию. Электроизмерительный прибор состоит из корпуса, указательной стрелки, шкалы, оси, подпятника, успокоителя, устройства для создания противодействующего момента, корректора



Подвижная часть измерительных механизмов приборов:

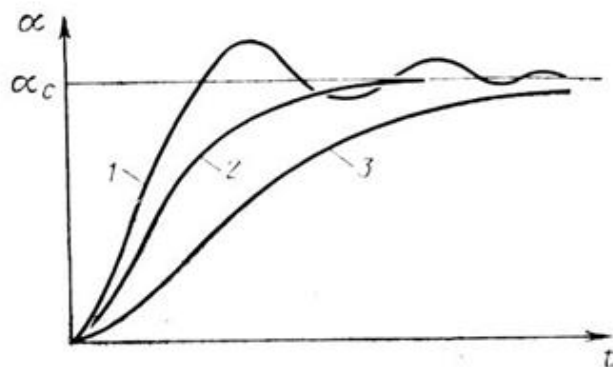
- а — на опорах;
- б — на растяжках;
- в — на подвесе

По конструкции и принципу действия различают успокоители трех видов: воздушные, магнитоиндукционные и жидкостные.



Виды успокоителей электроизмерительных приборов:

а — воздушный; б — магнитоиндукционный; в — жидкостной



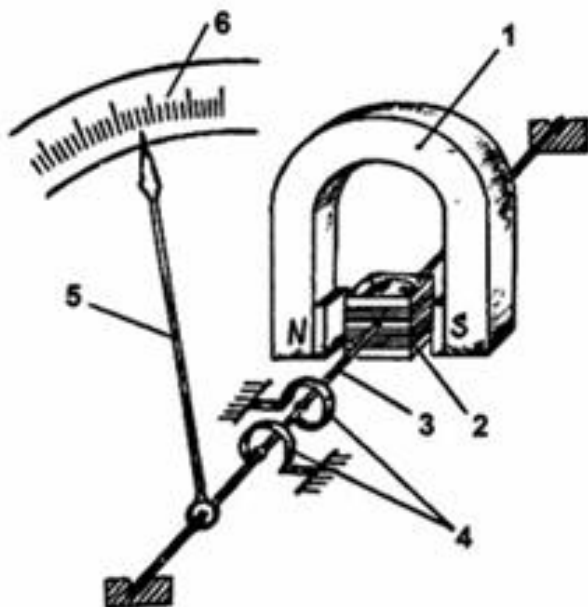
Переходный процесс при различных значениях момента успокоения

1 — $M_y < M_x$; 2 — $M_y = M_x$; 3 — $M_y > M_x$

4.3. Магнитоэлектрические измерительные приборы

На основе магнитоэлектрических измерительных механизмов строятся магнитоэлектрические приборы: амперметры, вольтметры, мегаомметры и др.

Магнитоэлектрические амперметры применяются при прямых измерениях постоянного тока путем включения измерительного прибора непосредственно в цепь с измеряемым током.



Магнитоэлектрический амперметр:

- 1 — магнит;
- 2 — катушка; 3 — ось;
- 4 — пружины;
- 5 — стрелка; 6 — шкала

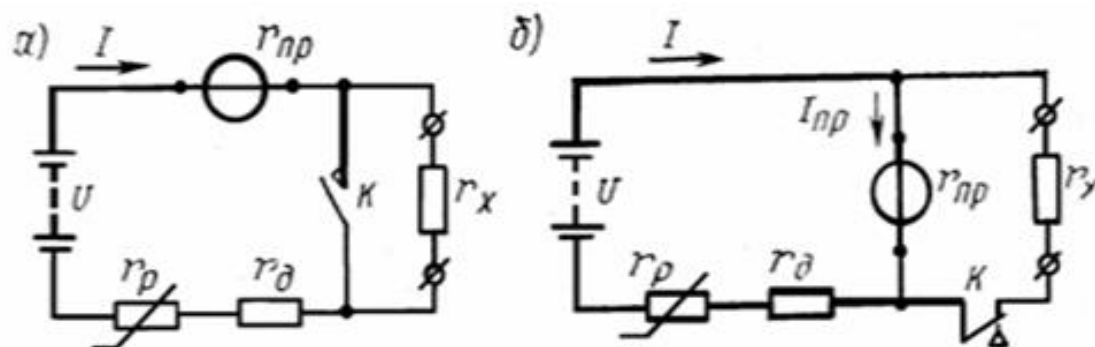
Достоинствами магнитоэлектрического амперметра является низкое потребление электроэнергии, высокая чувствительность и точность измерений. Все магнитоэлектрические амперметры оснащены равномерной градуировкой шкалы измерений, что позволяет произвести измерения с высокой точностью.

К недостаткам магнитоэлектрического амперметра относится его сложность внутренней конструкции, наличие движущейся катушки. Такой прибор не является универсальным, так как он действует только для постоянного тока.

Для расширения пределов измерения магнитоэлектрического амперметра используют масштабные преобразователи — шунты

Для измерения напряжения магнитоэлектрическим прибором его шкалу размечают в единицах измерения напряжения. Падение напряжения на сопротивлении измерительного механизма.

Для расширения пределов измерения напряжения прибором применяют добавочные резисторы, которые включают последовательно с магнитоэлектрическим прибором. ..



Схемы включения омметров в измеряемую цепь:

а — последовательная; б — параллельная

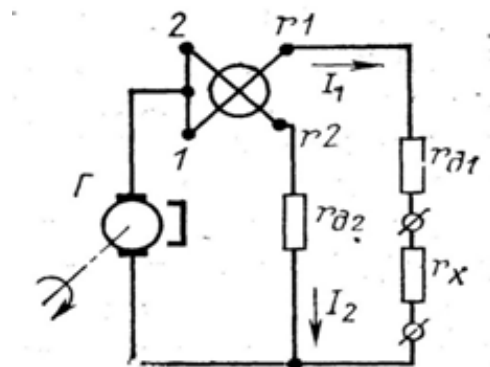


Схема включения мегаомметра
в измеряемую цепь

4.4. Электромагнитные измерительные приборы

Электромагнитные измерительные механизмы применяют в амперметрах и вольтметрах. В электромагнитных амперметрах катушку включают последовательно в цепь измеряемого тока. Пределы измерений вольтметров лежат в пределах от 1,5 до 600 В. В сетях переменного тока для расширения пределов измерения применяют измерительные трансформаторы напряжения.

На точность показаний электромагнитных вольтметров в процессе измерений в цепях переменного тока оказывает влияние изменение частоты тока, так как от нее зависит индуктивное сопротивление вольтметра.



Электромагнитный
частотомер



Электромагнитный фазометр

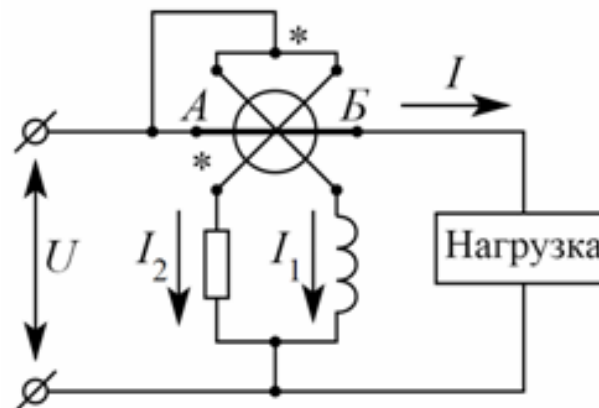
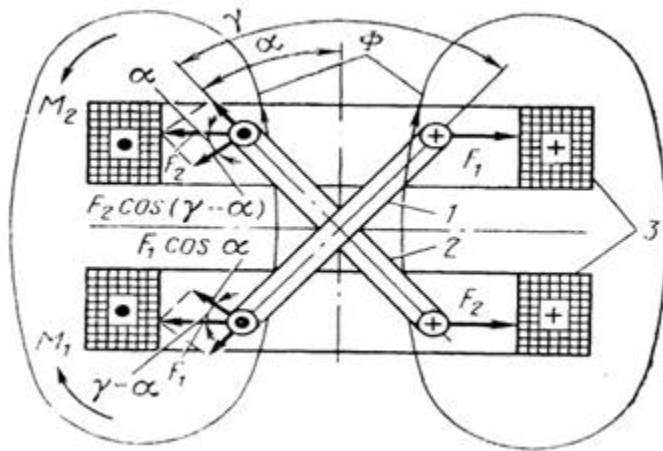


Схема подключения фазометра

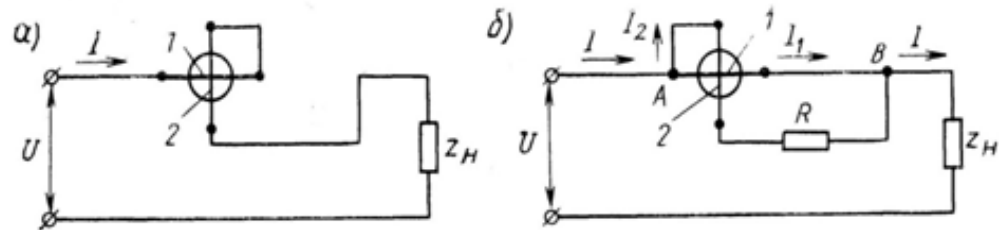
4.5. Электродинамические и ферродинамические измерительные приборы

В электро- и ферродинамических логометрах вращающий и противодействующий моменты возникают в результате взаимодействия магнитного поля неподвижной катушки с полями двух подвижных катушек (рамок).

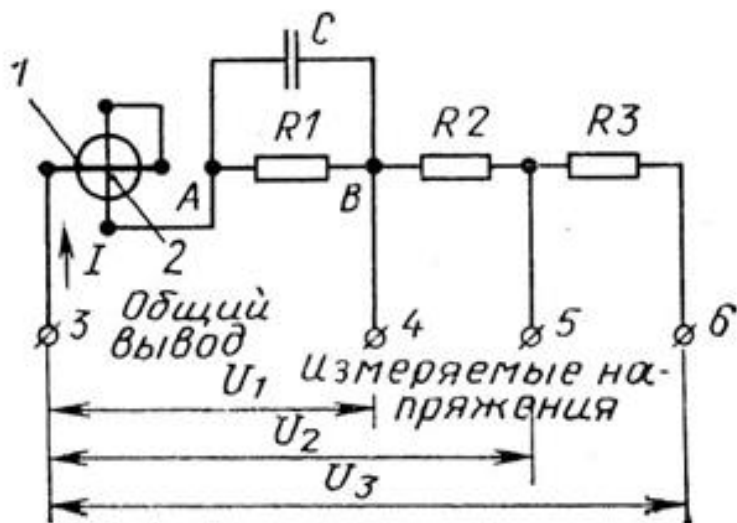


Устройство электродинамического логометра

На основе электро- и ферродинамических измерительных механизмов с механическим противодействующим моментом могут быть выполнены амперметры и вольтметры. Амперметры обеих систем включаются последовательно с нагрузкой

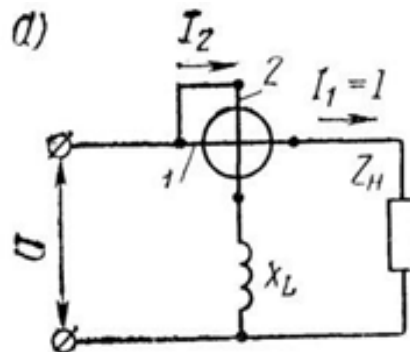
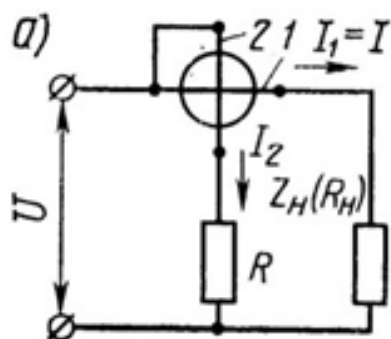


Схемы электродинамических и ферродинамических амперметров при последовательном (а) и параллельном (б) включении катушек:
1 и 2 — соответственно неподвижные и подвижные катушки

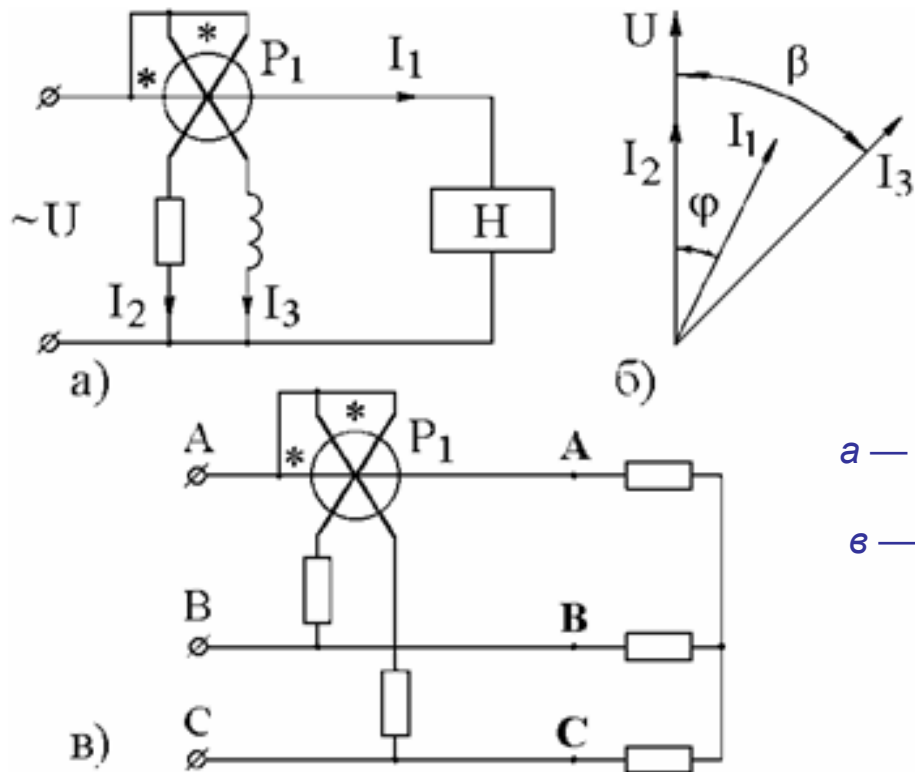


**Схема электро-
и ферродинамического вольтметров**

для измерения в цепях постоянного и переменного тока чаще всего используются электро- и ферродинамические измерительные механизмы. Электродинамические ваттметры делают переносными, высоких классов точности и применяют для точного измерения мощности постоянного и переменного тока. Ферродинамические ваттметры чаще всего бывают стационарными, имеют относительно низкий класс точности

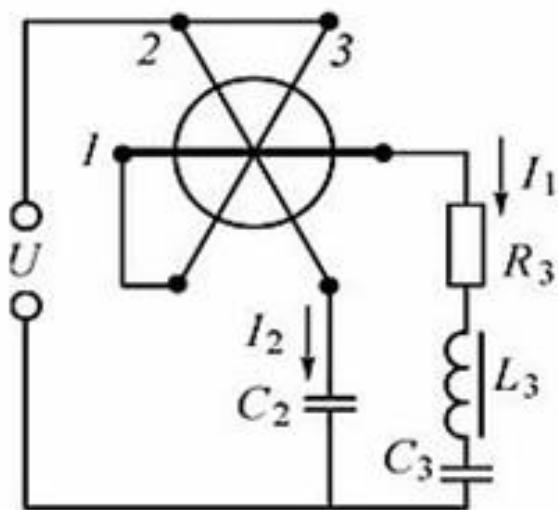


Схип включения электродинамического ваттметра и варметра



Электродинамический фазометр:
 а — схема включения однофазного прибора;
 б — векторная диаграмма;
 в — схема включения трехфазного прибора

Электро-и ферродинамические фазометры выполняют на основе измерительного механизма логометра, они предназначены для измерения угла сдвига фаз между током и напряжением, а также коэффициента мощности в однофазной цепи переменного тока.



Электродинамический частотомер

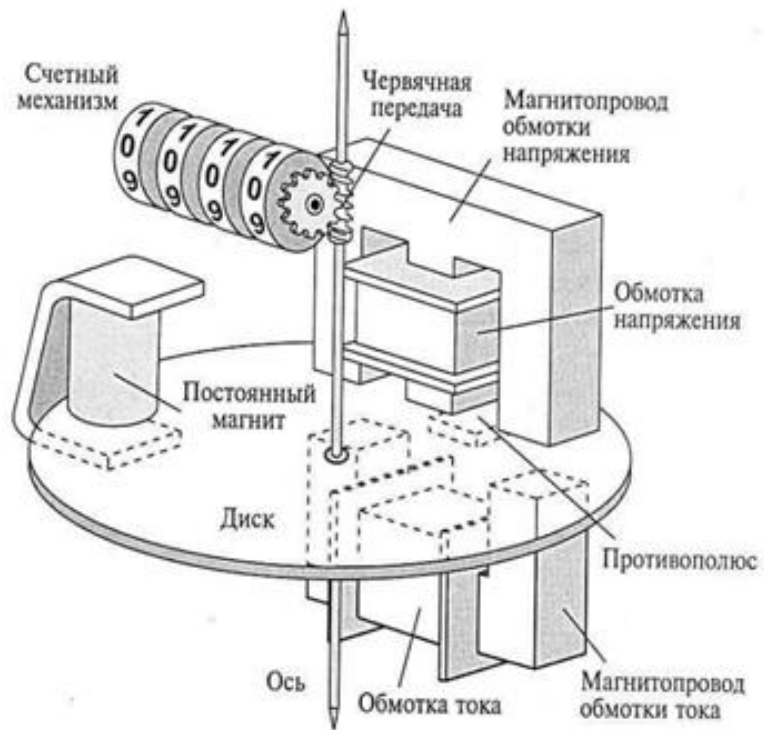
Ферродинамические приборы выполняются обычно для измерения тех же величин, что и электродинамические, но с меньшей точностью, классов от 1,5 до 2,5.

4.6. Индукционные измерительные приборы

На основе индукционных измерительных механизмов могут быть построены счетчики энергии.

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt$$

Счетчики представляют собой интегрирующие приборы, так как они измеряют энергию за некоторый период времени. Подвижной частью счетчика служит алюминиевый диск, укрепленный на оси и расположенный между полюсами электромагнитов



Устройство индукционного счетчика

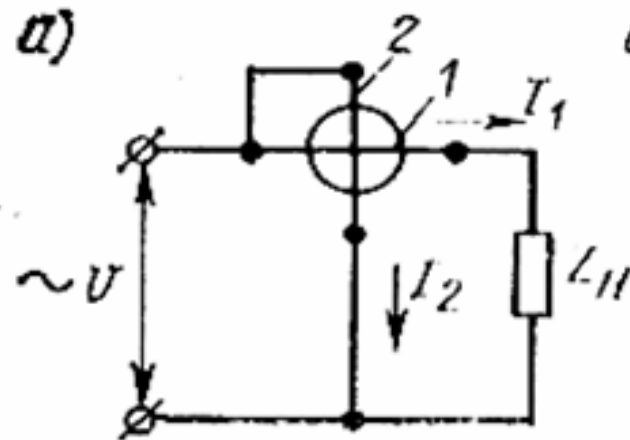


Схема включения индукционного счетчика

5. ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

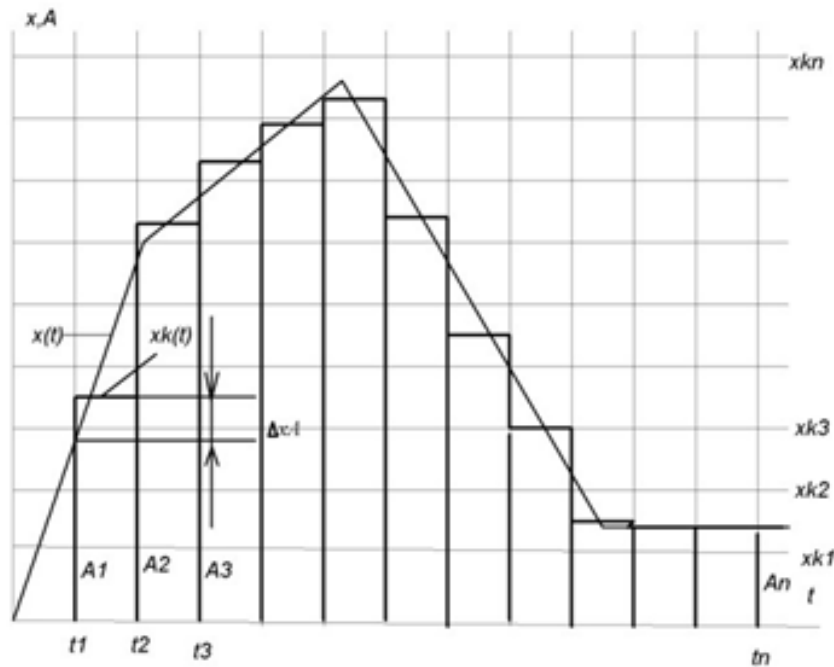
5.1. Общие сведения о цифровых измерительных приборах

На морских судах в последние десять лет широко используются цифровые электроизмерительные приборы (ЦП). У данных приборов измеряемая величина представляется на индикаторе в цифровой форме.

Во входной цепи ЦП устанавливается аналого-цифровой преобразователь (АЦП), а на выходе индикатор, обработка сигнала обычно выполняется контроллером. АЦП выдает код в соответствии со значением измеряемой величины, а индикатор отражает это значение в цифровом виде. Кроме АЦП ЦП могут включать цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), предназначенные для преобразования кода в аналоговую величину, а также другие элементы цифровой вычислительной техники. АЦП и ЦАП обычно выпускаются в виде интегральных микросхем.

Для образования цифрового кода аналоговая величина в АЦП дискретизируется во времени и квантуется по уровню. Дискретизацией аналоговой величины $x(t)$ является преобразование в прерывную во времени величину, которая совпадает с соответствующими значениями $x(t)$ только в определенные моменты времени. Промежуток между двумя соседними моментами дискретизации называется шагом дискретизации, который может быть постоянным или переменным

Квантованием по уровню непрерывной величины $x(t)$ называется операция ее преобразования в квантованную (ступенчатую, дискретную) величину путем замены ее мгновенных значений ближайшими фиксированными значениями — *уровнями квантования*. Разность между ближайшими уровнями называется *шагом квантования*.



Квантование по уровню и дискретизация во времени непрерывной измеряемой величины

5.2. Системы счисления и кодирования

Наиболее распространенной является десятичная система счисления, в которой любое число записывается с помощью десяти арабских цифр

$$275 = 2 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$$

В общем случае любое целое действительное число можно представить в виде выражения

$$A = \sum_{i=0}^{n-1} a_i N^i$$

$$A = \sum_{i=0}^{n-1} a_i 10^i$$

Цифровые приборы обычно строятся на двоичной системе счисления, в которой для выражения любого числа используются только две цифры: 0 и 1. Для двоичной системы счисления формула (5.1) принимает следующий вид

$$A = \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i$$

Число 275 в двоичной системе счисления представляется суммой:

$$275 = 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0.$$

Преимущества двоичной системы счисления при производстве операций: меньшее число элементов по сравнению с десятичной; меньшее число разрядов. При этом непрерывная измеряемая величина выражается двоичным кодом, а для получения десятичных чисел применяется двоично-десятичное кодирование.

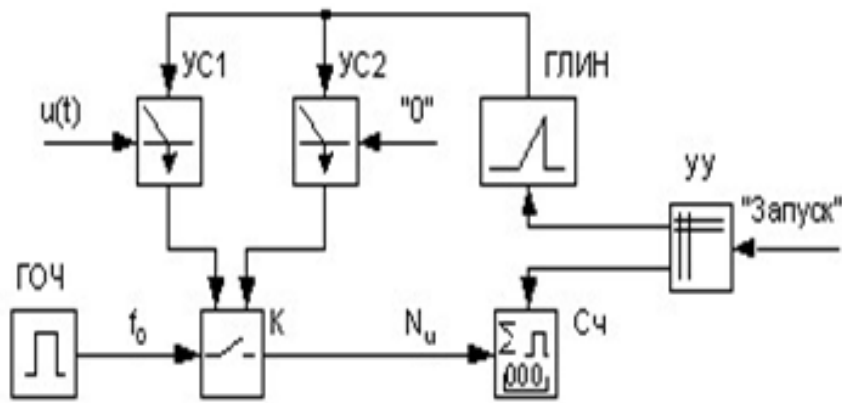
5.3. Классификация цифровых электроизмерительных приборов

Способов реализации АЦП существует достаточно много. Они могут отличаться последовательностью выполняемых операций, используемыми схемотехническими решениями и необходимой для этого элементной базой, а также технологическими особенностями и конструктивным исполнением.

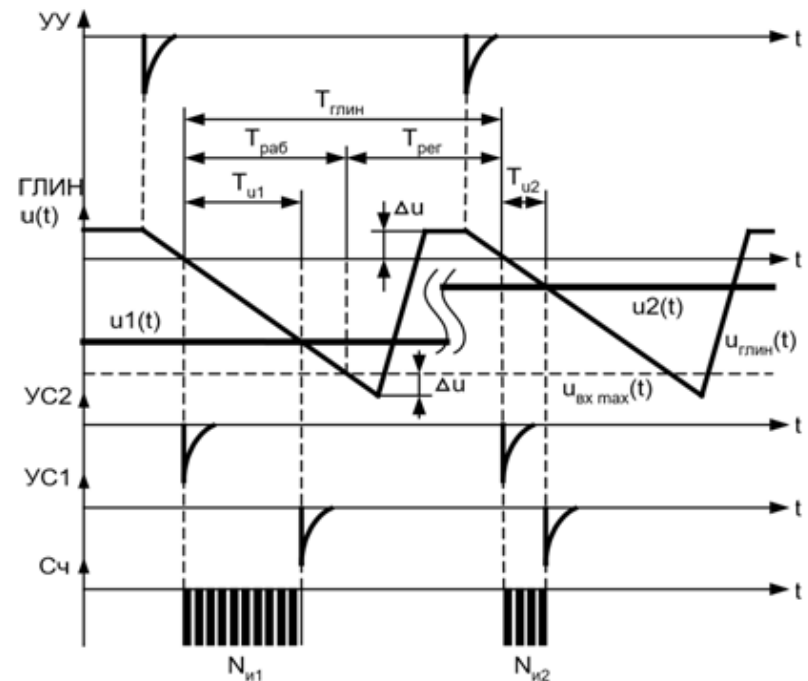
Наиболее обоснованной считается классификация АЦП по методу преобразования аналоговой величины в цифровой эквивалент.

5.4. АЦП с время-импульсным преобразованием

В основе времяимпульсного метода аналого-цифрового преобразования лежит принцип преобразования величины входного напряжения во временной интервал, который заполняется импульсами фиксированной частоты. Эти импульсы подсчитываются счетчиком, и их количество служит цифровым эквивалентом аналоговой величины.



Структурная схема АЦП
с время-импульсным преобразованием



Временные диаграммы работы АЦП
с время-импульсным преобразованием

5.5. Погрешность измерения АЦП с время-импульсным преобразованием

Среди основных причин невысоких точностных характеристик метода время-импульсного преобразования можно выделить следующие:

- погрешность квантования счетного интервала времени
- нестабильность порога срабатывания сравнивающих устройств
- нестабильность угла наклона линейно изменяющегося напряжения генератора ГЛИН
- – высокочастотные помехи в измеряемом сигнале

5.6. Цифровой ваттметр

Для измерения мощности в электрических сетях находит применение цифровой ваттметр. Основным элементом схемы ваттметра (рис. 5.6) является микропроцессор.



5.7. Назначение и классификация осциллографов

В схемах современного судового электрического, в частности электронного, оборудования происходят процессы, характеризующиеся разнообразными по форме и частоте токами и напряжениями: периодическими сложной формы. Для наблюдения и регистрации таких процессов широко используются *электронно-лучевые осциллографы* — измерительные приборы, предназначенные в основном для визуального наблюдения графиков и измерения параметров этих электрических процессов.

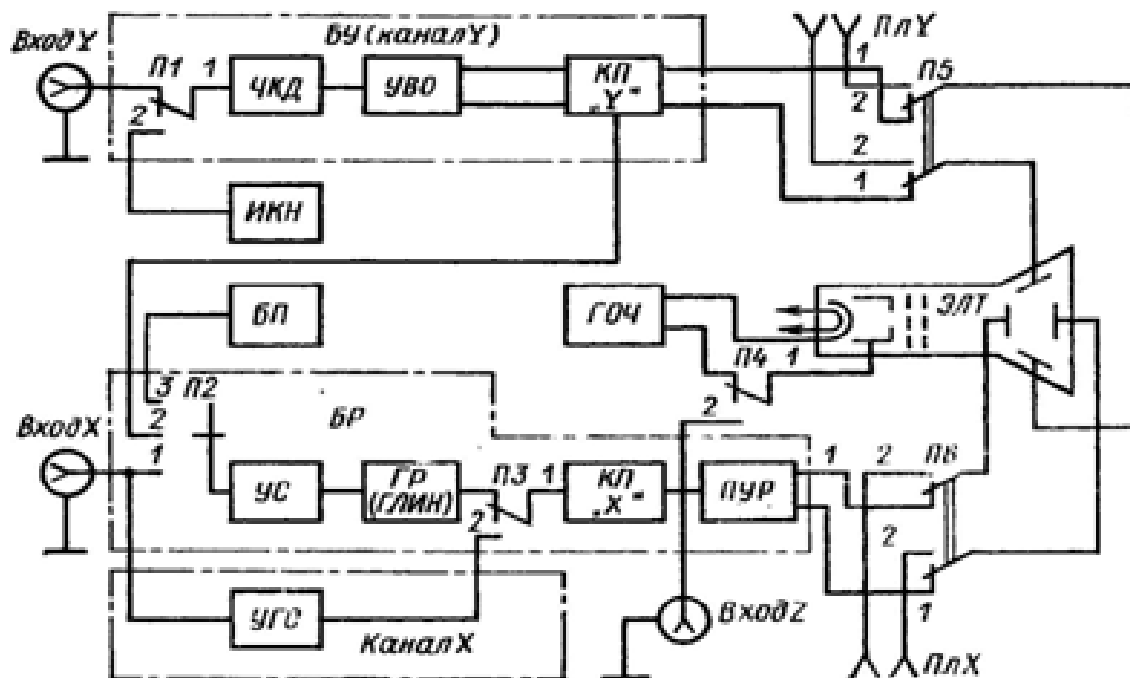


Внешний вид
электронного осциллографа

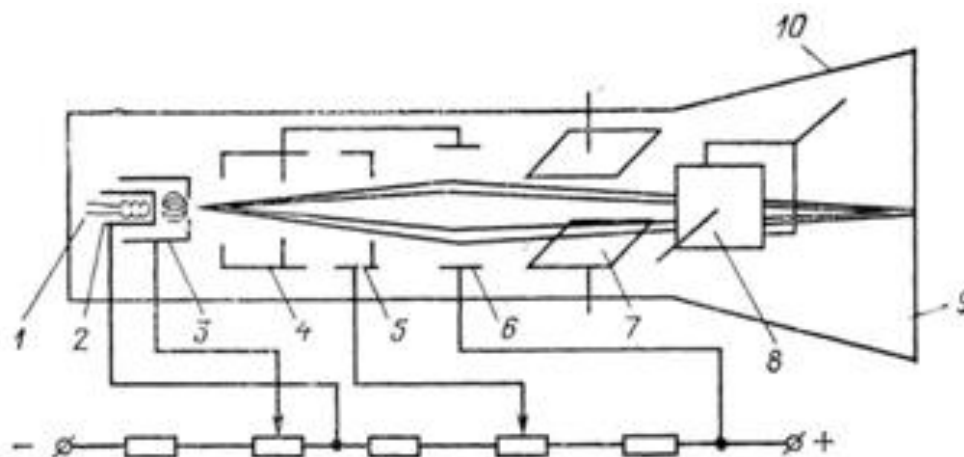
Осциллографом можно измерять напряжение, ток, мощность, частоту, интервалы времени, разность фаз.

5.8. Устройство электронно-лучевого осциллографа

Основными блоками осциллографа являются: электронно-лучевая трубка *ЭЛТ*; блок усиления *БУ*, входящий в состав канала вертикального отклонения по оси *y* (канал *Y*), блок развертки *БР*, блок усилителя горизонтального отклонения *УГО*



Структурная схема
электронного осциллографа



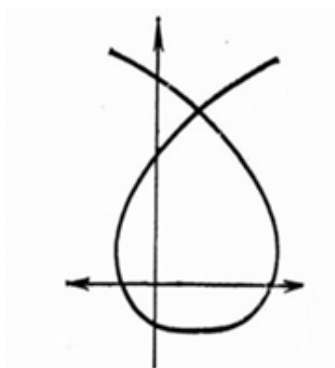
Схематическое
устройство
электронно-лучевой
трубки

5.9. Осциллографические измерения электрических величин

Наиболее распространенной областью применения электронного осциллографа является определение с его помощью формы напряжений и токов в электрических цепях в зависимости от времени, т.е. качественная оценка исследуемого процесса.

5.10. Осциллографические измерения периодических процессов

С помощью осциллографов возможно производить измерение частоты в электрической сети. Измерение частоты основано на сравнении измеряемой частоты с известной частотой колебаний внутреннего или внешнего генератора образцовой частоты.



Фигура Лиссажу
и определение соотношения частот
по числу пересечений

6. ПРИБОРЫ СРАВНЕНИЯ

6.1. Общие сведения и особенности использования

Отличительной особенностью приборов сравнения является непосредственное использование меры в процессе измерения. Процесс измерения заключается в установлении равенства или определенного соотношения между значениями измеряемой величины и меры. Приборы сравнения, среди которых наибольшее распространение получили *мосты* и *потенциометры* (компенсаторы), имеют самую высокую степень точности.

6.2. Измерительные мосты постоянного тока

Мостовой измерительной цепью, или мостом, принято называть четырехполюсник, к двум зажимам которого подводится питающее напряжение (ток), а к двум другим присоединяется указатель равновесия (чувствительный индикатор напряжения или тока).

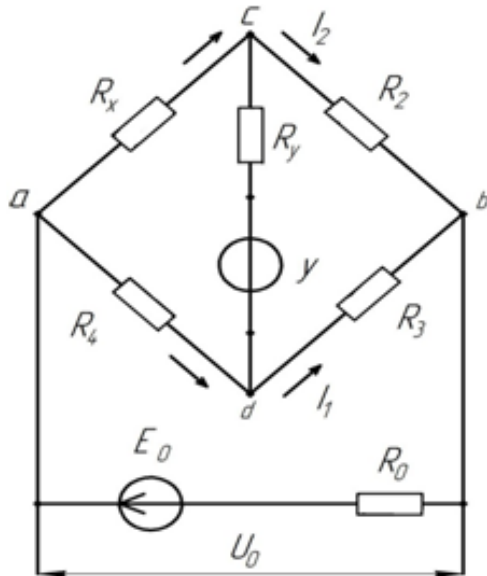


Схема измерительного моста

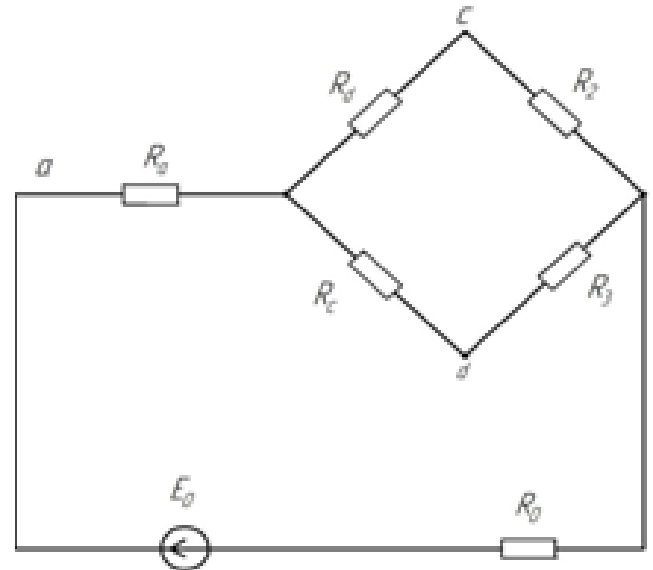
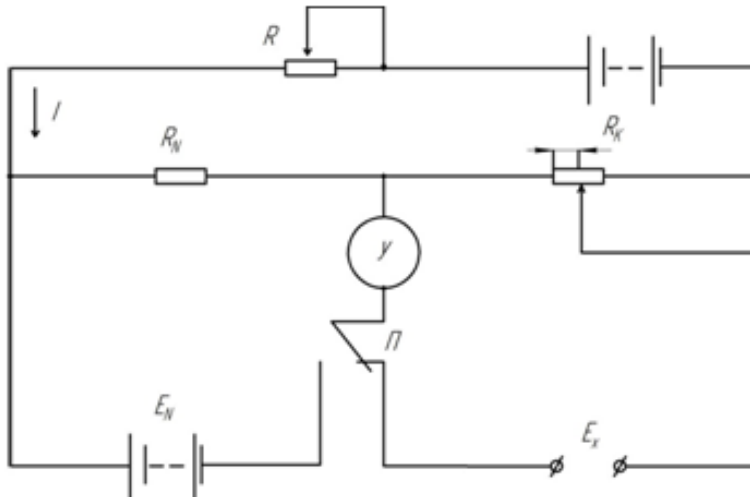


Схема измерительного моста после преобразования

6.4. Потенциометры постоянного тока

Потенциометр (компенсатор) предназначен для точного измерения электродвижущей силы. Потенциометры постоянного тока основаны на сравнении измеряемого напряжения E_x с падением напряжения, создаваемого током I на части R_k компенсационного резистора.

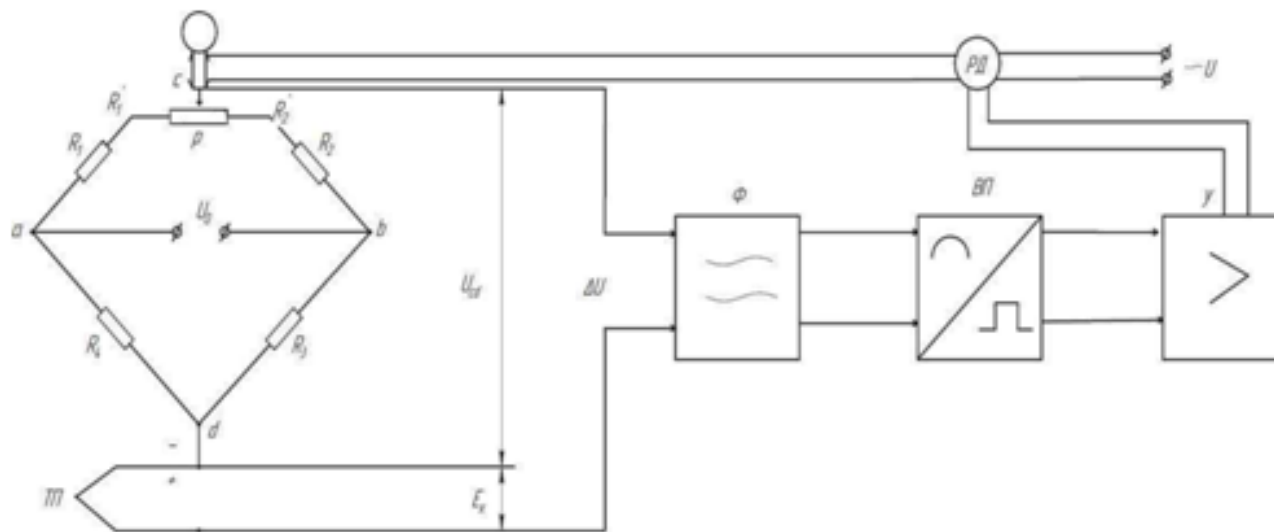


Принципиальная схема потенциометра

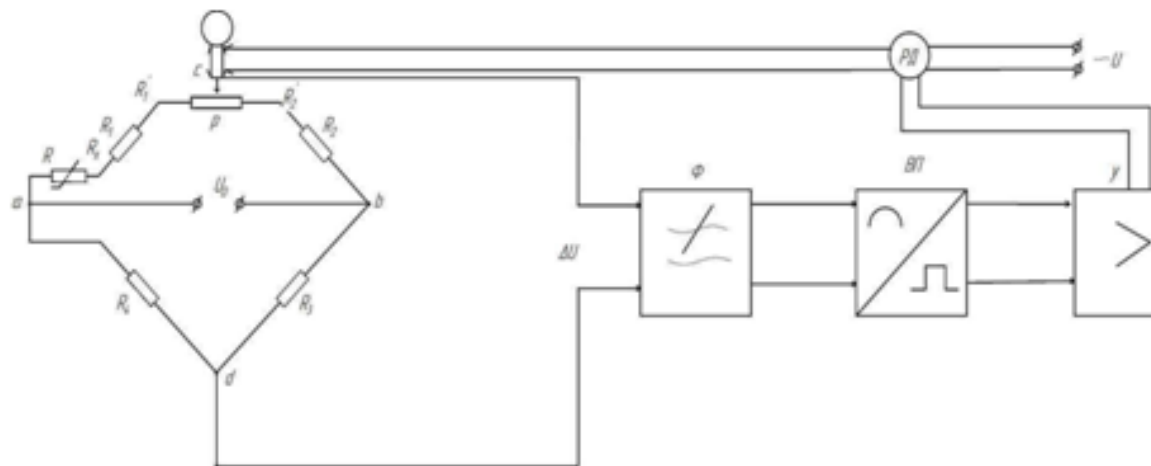
6.5. Автоматические измерительные потенциометры и мосты

На судах для непрерывных показаний и регистрации величин находят широкое применение мосты с автоматическим процессом уравнивания (автоматические мосты). Автоматические потенциометры и мосты с дополнительным регулирующим устройством применяются для автоматического управления производственными процессами.

В настоящее время широко распространены автоматические потенциометры и мосты для измерения, регистрации и регулирования температуры различных механизмов и устройств судовой электрической установки (СЭУ). В качестве измерительного преобразователя температуры в электрическое сопротивление в этих мостах применяются термометры сопротивления.



Принципиальная схема автоматического потенциометра



Принципиальная измерительная схема автоматического моста

7. ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

7.1. Общие сведения об измерении электрических величин

В процессе эксплуатации СЭУ необходимо систематически выполнять измерение тока, напряжения, мощности, сопротивления изоляции и других электрических величин для безаварийной работы генераторов судовых электрических станций, электроприводов и других потребителей электроэнергии.

7.2. Измерение тока и напряжения в судовых сетях

Измерение постоянных токов и напряжений в судовых цепях выполняется главным образом с помощью магнитоэлектрических амперметров и вольтметров.

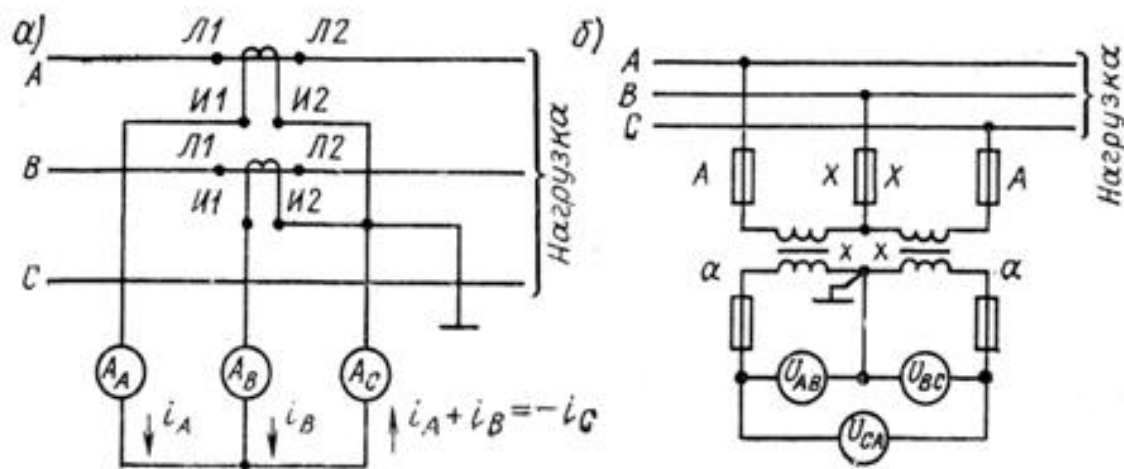


Схема измерения токов (а) и напряжений (б) трехфазной цепи с помощью измерительных трансформаторов

7.3. Измерение активной мощности и энергии

Измерение мощности в СЭУ постоянного тока Правилами РС не предусмотрено, так как показания амперметров, установленных в цепях генераторов и основных потребителей энергии, прямо пропорциональны отдаваемой или потребляемой ими мощности.

В судовых установках трехфазного тока измеряется активная мощность, вырабатываемая генераторами. Ее измерение выполняется с помощью ваттметров главным образом ферродинамической системы или магнитоэлектрическими приборами с преобразователями.

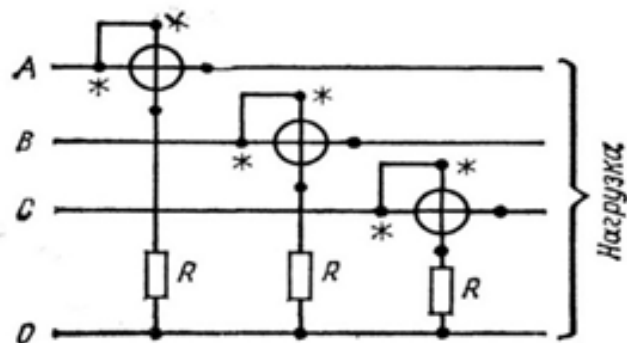


Схема измерения активной мощности трехфазной четырёхпроводной цепи тремя ваттметрами

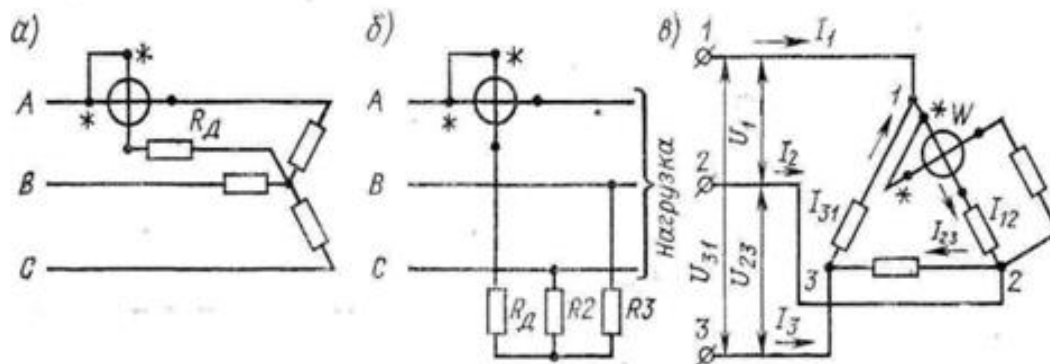


Схема измерения активной мощности трехфазной цепи одним ваттметром при симметричной нагрузке: а — при доступной нулевой точке; б — с искусственной нулевой точкой; в — при соединении треугольником

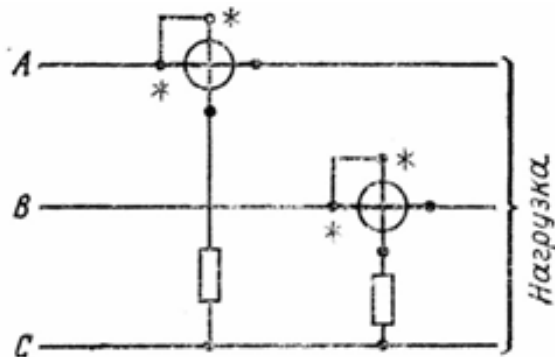


Схема измерения активной мощности трехфазной цепи двумя ваттметрами

Измерение активной мощности на судах, как правило, выполняется по методу двух ваттметров. При этом для устранения необходимости суммирования показаний измерительные механизмы ваттметров объединяют так, что их подвижные части имеют общую ось. В связи с этим вращающие моменты обоих приборов алгебраически складываются.

7.4. Измерение реактивной мощности и энергии

Измерение реактивной мощности и энергии на судах не предусмотрено Правилами РС, однако такая задача нередко возникает при испытании и исследовании судовых электромеханических установок.

$$Q = 3U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi$$

$$Q = 3U_{\text{л}} I_{\text{л}} \sin \varphi .$$

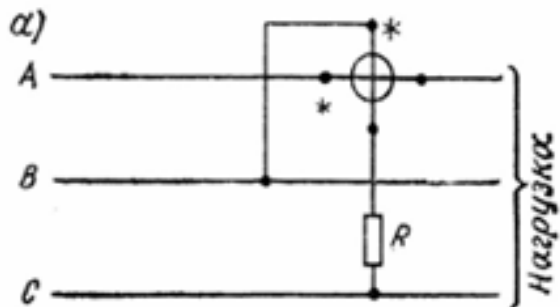


Схема включения варметра в трехфазной цепи при симметричной нагрузке



Щитовой мегаомметр

7.6. Измерение сопротивления изоляции

На судах сопротивление изоляции измеряют переносными и щитовыми мегомметрами кратковременного и непрерывного включения. Сопротивление изоляции зависит от значения приложенного напряжения. Поэтому по Правилам РС сопротивление изоляции определяют в зависимости от номинального напряжения контролируемой сети.

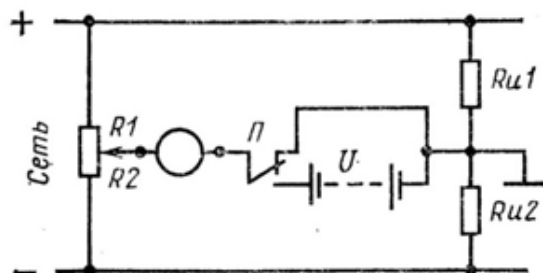


Схема включения мегаомметра для измерения изоляциисетей постоянного тока под напряжением

7.7. Измерительная аппаратура распределительных щитов постоянного тока

Измерение электрических величин в СЭУ выполняется регулярно и в максимальном объеме с помощью измерительных приборов, установленных на главном распределительном щите (ГРЩ) судовой электростанции.

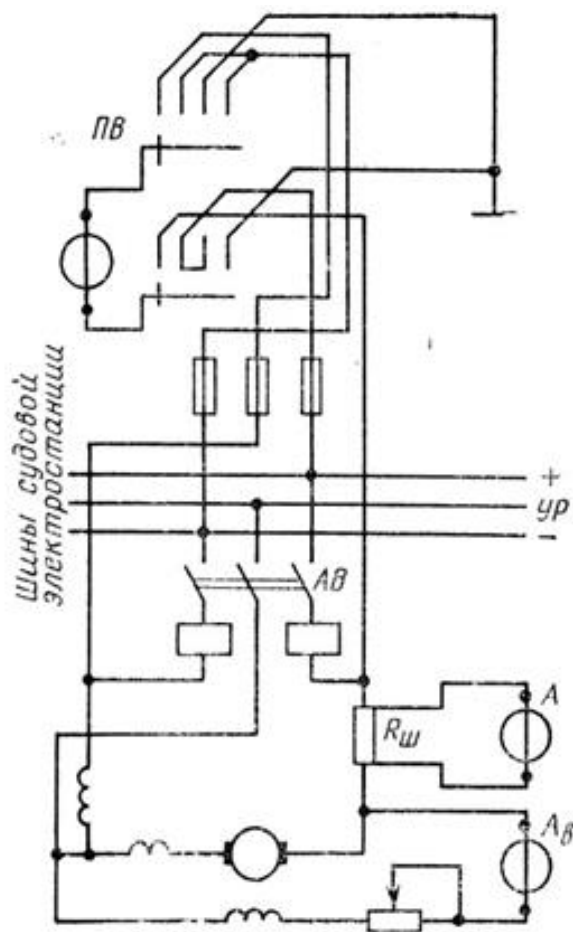


Схема включения
измерительных приборов
генератора постоянного
тока

7.8. Измерительная аппаратура распределительных щитов переменного тока

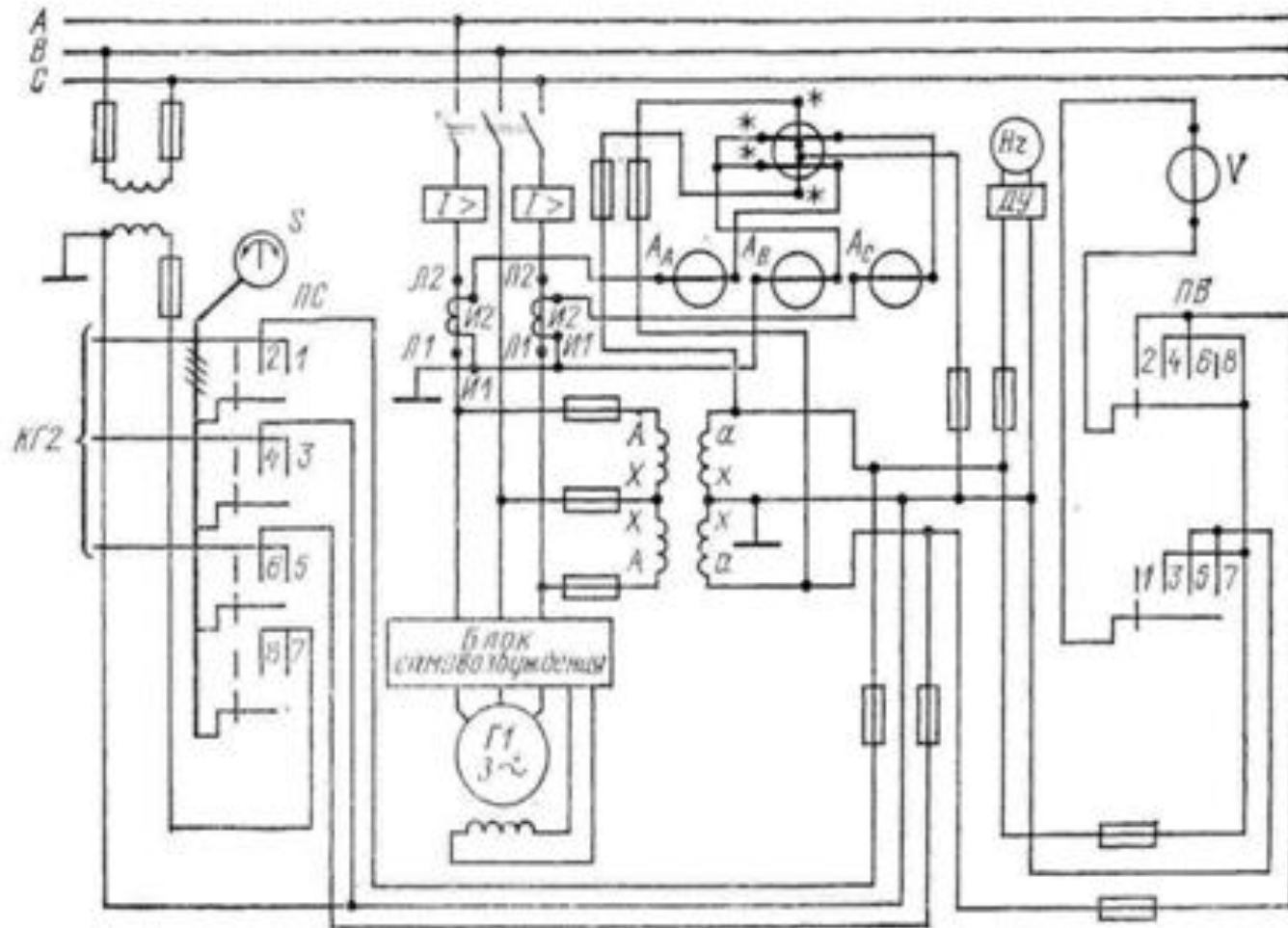


Схема включения измерительных приборов
трехфазного синхронного генератора

7.7. Техническая эксплуатация распределительных щитов

Все электроизмерительные приборы, применяемые на судах, должны иметь пломбы завода-изготовителя или предприятия, выполнившего ремонт прибора, а также клеймо поверяющей организации. Снятие пломб и ремонт электроизмерительных приборов силами судового персонала запрещаются.

Для обеспечения необходимой достоверности измерительной информации щитовые электроизмерительные приборы должны поверяться не реже чем раз в год. Контрольные приборы поверяют также не реже одного раза в год.

Для обеспечения безопасной эксплуатации судовые распределительные щиты заземляют.

8. МАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

8.1. Основные магнитные величины

При определении характеристик электромагнитных механизмов, магнитных систем и электрических машин на судах возникает необходимость в измерении магнитных величин. Магнитоизмерительные преобразователи и приборами используют при размагничивании судов, настройке и эксплуатации специальных электрических устройств, оборудовании компасно-навигационных пультов и ремонте электромеханических устройств.

8.2. Классификация приборов для магнитных измерений

Основная классификация приборов для магнитных измерений основана на делении первичных преобразователей, а затем и приборов по принципу используемого физического явления или эффекта. Согласно этой схеме имеются два основных класса, а также разделяющая их промежуточная группа первичных преобразователей и приборов.

К первому классу относятся механические и квантовые преобразователи.

Протекающие в них процессы основаны на силовом взаимодействии обладающих магнитным моментом тел или частиц с измеряемым полем, т. е. подчинены закону Ампера.

Ко второму относятся индукционные, ферроиндукционные и частично сверхпроводниковые преобразователи. Процессы, протекающие в этих преобразователях, так или иначе связаны с законом электромагнитной индукции.

Индукционные преобразователи активного типа имеют в качестве чувствительного элемента катушку.

Ферроиндукционные преобразователи имеют в качестве чувствительного элемента ферромагнитный сердечник.

8.3. Измерение магнитных потоков и магнитной индукции

Большинство методов измерения магнитного потока основано на индукционном принципе, заключающемся в том, что в измеряемое магнитное поле помещают катушку, напряжение e_k на зажимах которой измеряют прибором.

$$e_k = -\omega_k \frac{d\Phi}{dt}.$$

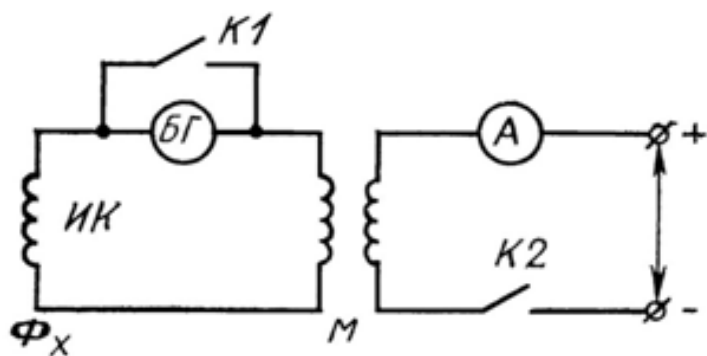
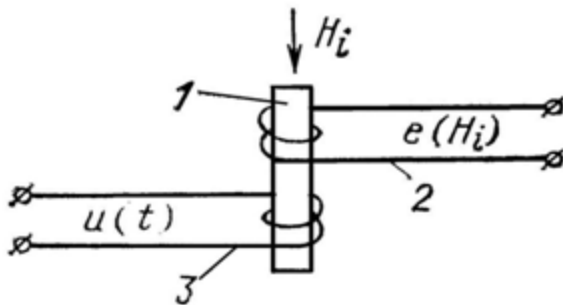


Схема измерения магнитного потока баллистическим гальванометром: ИК — измерительная катушка; БГ — баллистический гальванометр; М — катушка взаимной индуктивности; А — амперметр

8.4. Измерение напряженности и магнитодвижущей силы магнитного поля

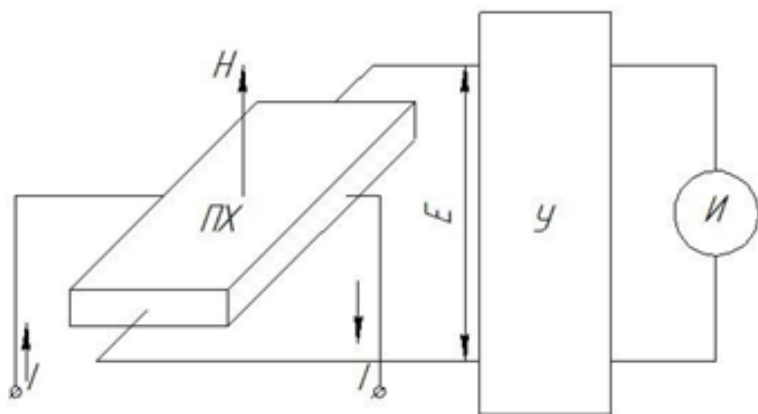
Напряженность магнитного поля можно измерять, используя индукционный метод. Часто для измерения напряженности поля применяют так называемые *феррозонды*, являющиеся разновидностью ферроиндукционных преобразователей. Наиболее распространенными являются ферродинамические преобразователи с магнитным возбуждением.



Ферроиндукционный преобразователь
с магнитным возбуждением

Для измерения магнитной индукции и напряженности магнитного поля в настоящее время используют *эффект Холла*.

Принцип действия преобразователей Холла основан на использовании физического явления, заключающегося в появлении поперечной разности потенциалов E (ЭДС Холла) на краях проводящей пластины, помещенной в магнитное поле, при условии, что по пластине протекает электрический ток I .



Принципиальная схема прибора для измерения индукции и напряженности магнитного поля, основанного на эффекте Холла:
 ПХ — преобразователь Холла; У — усилитель; И — показывающий прибор

9. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

9.1. Основные положения

К неэлектрическим величинам, измеряемым электрическими методами, относятся:

- механические величины силы и напряжения, действующие в деталях машин, механизмов и металлических конструкциях стационарных и движущихся объектов, в частности судов;
- перемещения (поступательные и вращательные) различных узлов и деталей в механизмах управления промышленными и транспортными установками (штурвалов, клапанов, задвижек, люков);
- скорость движения, ускорение, амплитуда и частота вибраций различных деталей и устройств;
- давление жидкости и газов в трубопроводах, котлах и других объектах;
- тепловые величины, характеризующие режим работы и состояние энергетических, в частности судовых установок;
- величины, характеризующие химический состав веществ, в частности наличие примесей в воде, питающей котлы и охладители энергетических установок, в смазочном масле и т. п.

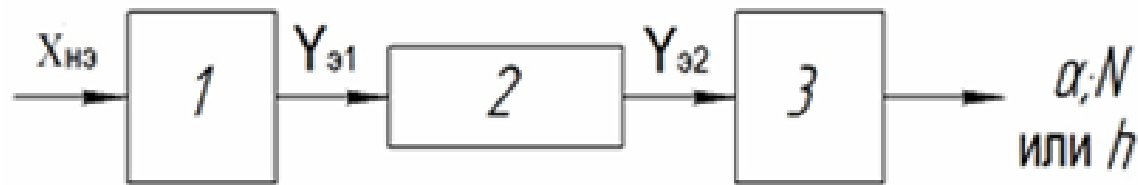
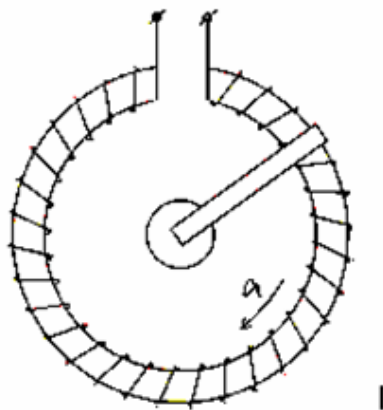


Схема измерения неэлектрических величин
электрическим методом

9.2. Реостатные преобразовательные приборы

Резистивными преобразователями называются первичные измерительные преобразователи, преобразующие какую-либо неэлектрическую величину



Устройство реостатного преобразователя

9.3. Терморезистивные преобразовательные приборы

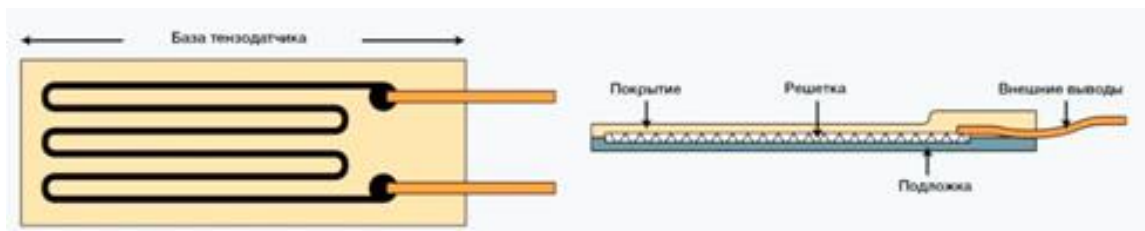
Металлические или полупроводниковые резисторы, сопротивление которых существенно зависит от температуры, называют *терморезистивными преобразователями*, или *терморезисторами*.

Терморезистивные измерительные преобразователи состоят из металлического или полупроводникового терморезистора, помещенного в герметичный, обычно металлический, корпус цилиндрической формы, который обеспечивает электрическую изоляцию терморезистора от контролируемой среды, защиту от коррозирующего действия внешней среды и герметичный вывод проводов, служащих для включения его в измерительную цепь термометра сопротивления.

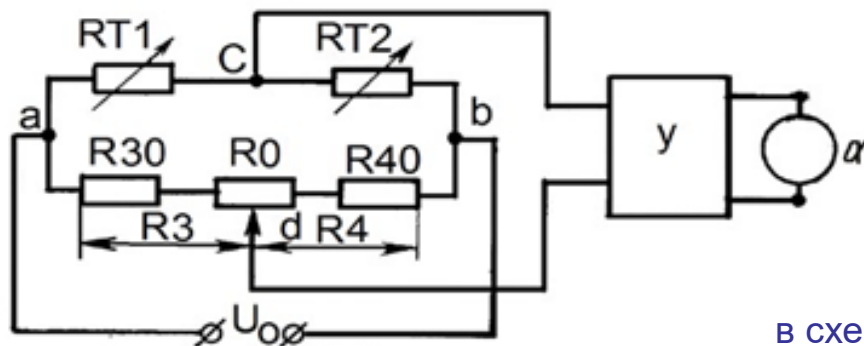
9.4. Тензорезистивные преобразовательные приборы

Резистивные преобразователи, применяемые для электрического измерения деформаций деталей машин, механизмов и элементов металлических конструкций, а также механических напряжений и сил, вызывающих эти деформации, называются тензорезистивными, или тензорезисторами.

Действие тензорезисторов основано на явлении тензоэффекта, заключающегося в том, что электрическое сопротивление изделий из электропроводящих материалов — проводов, металлических листов и т. п. — зависит от механических деформаций, которым они подвергаются.



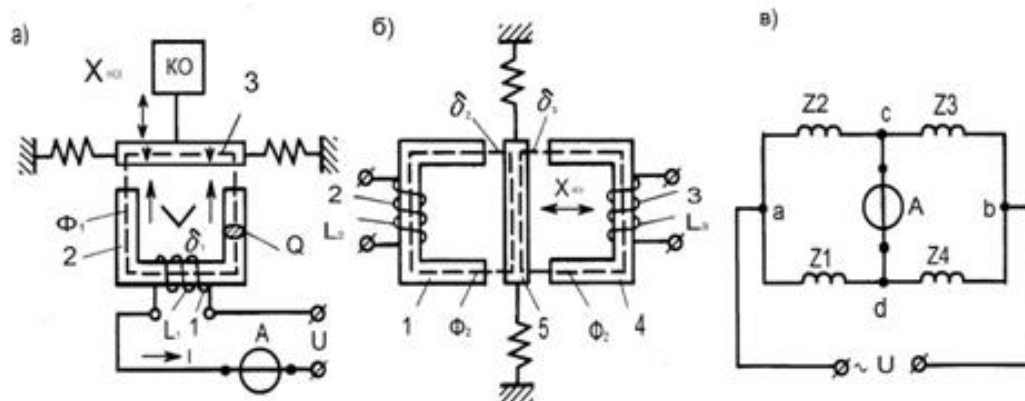
Устройство проволочного тензорезистора



Включение тензопреобразователя
в схему неуравновешенного моста постоянного тока

9.5. Индуктивные преобразователи

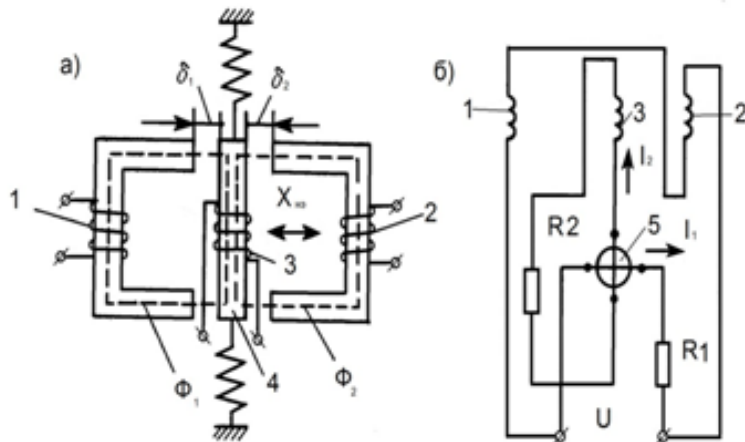
Индуктивными называются первичные измерительные преобразователи, у которых под влиянием преобразуемой неэлектрической величины изменяется индуктивность



Индукционные преобразователи:
а — с одной катушкой; б — с двумя
катушками; в — схема подключения
измерительного механизма к
индукционному преобразователю

9.6. Взаимоиндуктивные преобразователи

Взаимоиндуктивные преобразователи перемещений находят применение на судах для измерения неэлектрических величин.



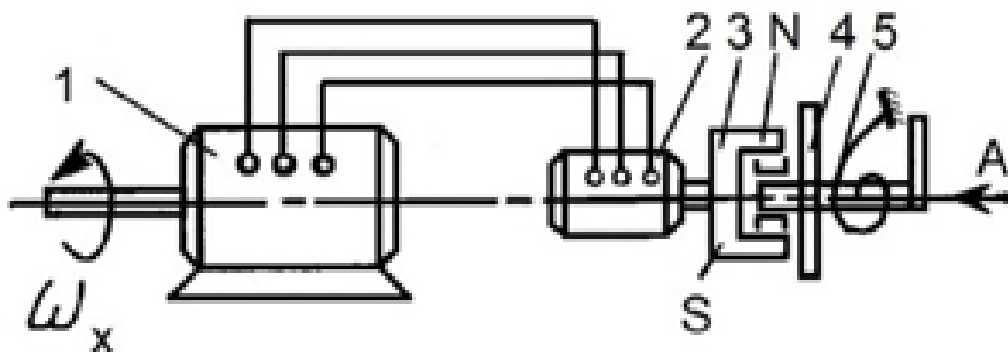
Взаимоиндуктивный преобразователь перемещений:
а — устройство;
б — включение в цепь фазочувствительного механизма

9.7. Индукционные генераторные преобразователи

Индукционными называются измерительные преобразователи, преобразующие перемещение катушки.

Индукционный преобразователь чаще всего представляет собой генератор, состоящий из постоянного магнита или электромагнита и подвижной катушки.

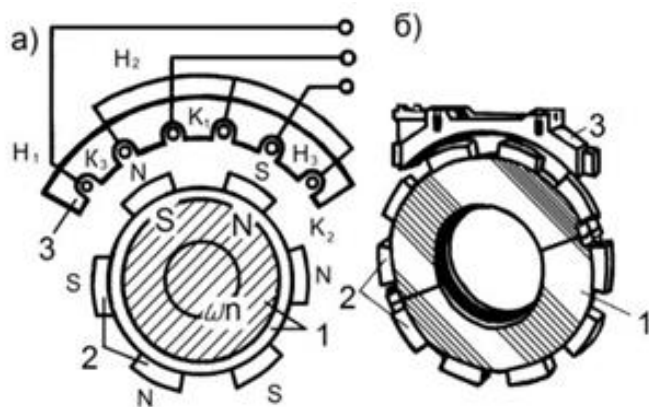
Для возбуждения генератора обычно применяются постоянные магниты. В качестве указывающих приборов используются магнитоэлектрические вольтметры, соединенные с генератором двухпроводными линиями. Шкалы приборов градуируются в оборотах в минуту.



Трехфазный индукционный тахометр

Частота выходного напряжения генератора пропорциональна измеряемой угловой скорости, поэтому частота вращения двигателя также пропорциональна частоте вращения вала.

При изменении направления вращения вала чередование фаз генератора, направление вращения двигателя и отклонения стрелки измерительного прибора также изменяются.



Устройство индукционного тахогенератора:
а — электрическая схема; б — общий вид

ГЛАВА 10. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

10.1. Основные термины и определения

Под *сертификацией* понимается подтверждение соответствия — документальное удостоверение соответствия продукции и всех указанных ранее действий требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров. *Стандарт* — это документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления всех указанных ранее действий.

Стандартизация — это деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг;

Техническое регулирование — правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции и всем действиям, связанным с ее созданием и эксплуатацией, а также в области установления и применения требований на добровольной основе.

Технический регламент — документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации, который устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования.

10.2. Цель и документы стандартизации

Стандартизация всегда играла большую роль в процессе технической и иных видов деятельности человека. Наряду с необходимостью выполнения требований технических регламентов необходимо выполнять требования стандартов. К документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся: национальные стандарты; правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации; применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации; стандарты организаций; своды правил и др. Документы.

10.3. Подтверждение соответствия

Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации. Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в следующих формах: принятие декларации о соответствии (далее — декларирование соответствия); обязательная сертификация..

Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных определенным техническим регламентом, и исключительно на предмет соответствия его требованиям.

Сертификат соответствия выдается на серийно выпускаемую продукцию, на отдельно поставляемую партию продукции или на единичный экземпляр продукции.

10.4. Нормативные документы по стандартизации

Нормативный документ (НД) — документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов.

К НД по стандартизации в РФ относятся, национальные стандарты (ГОСТ Р); международные (региональные) стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации;

общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (ОК); правила (Пр), нормы (Н) и рекомендации (Р) по стандартизации.

Технические условия (ТУ) относятся к техническим, а не нормативным документам. При этом ТУ рассматриваются как нормативные документы, если на них есть ссылка в контрактах или договорах на поставку продукции.

Национальный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р) — стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации — Росстандартом.

Международный (региональный) стандарт — стандарт, утвержденный международной (региональной) организацией по стандартизации.

Стандарты организаций (СТО) разрабатываются и утверждаются организациями самостоятельно для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ и оказания услуг.

Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (далее — общероссийские классификаторы) — это нормативные документы, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами) и являющиеся обязательными для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов.

Правила по стандартизации (ПР) и рекомендации по стандартизации (Р) — организационно-методические документы, устанавливающие содержание, порядок и методы проведения работ или отдельных их этапов.

10.5. Виды и содержание стандартов

В РФ действует несколько видов стандартов, которые отличаются спецификой объекта стандартизации. Различают следующие виды стандартов:

стандарты основополагающие (организационно- методические и общетехнические);, стандарты на продукцию, услуги; , стандарты на работы (процессы);, стандарты на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

Основополагающие организационно-методические стандарты устанавливают: цели, задачи, классификационные структуры объектов стандартизации различного назначения, общие организационно - технические положения по проведению работ в определенной области деятельности и др.;, порядок (правила) разработки, утверждения и внедрения нормативных документов, технических (конструкторских, технологических, проектных, программных) документов.

На продукцию, услуги разрабатывают следующие стандарты:
стандарты общих технических условий, которые должны содержать общие требования к группам однородной продукции, услуг;
стандарты технических условий, которые должны содержать требования к конкретной продукции, услуге.

10.6. Основные научно-практические методы

В деятельности по стандартизации используются следующие научно-практические методы: классификация, кодирование, каталогизация, систематизация, селекция, симплификация, типизация, оптимизация, унификация, агрегатирование.

Классификация — разделение множества объектов на подмножество по их сходству или различию в соответствии с принятыми методами. Систематизированный перечень классифицированных объектов, позволяющий находить место каждому объекту, присваивая ему после этого определенное условное обозначение, называется *классификатором*.

Действующие классификаторы подразделяются на следующие категории: общероссийские, межотраслевые, отраслевые и классификаторы предприятий.

Кодирование — образование и присвоение кода классифицированной группировке и / или объекту классификации.

Каталогизация — одна из форм информационных технологий. В основу каталогизации положены работы по классификации и кодированию. *Каталогизация продукции* — процесс составления перечней производимой, экспортируемой и импортируемой продукции с ее описанием.

Систематизация — расположение объектов стандартизации в определенном порядке и последовательности. При этом образуется четкая и удобная для пользования система. Непременно учитывается взаимная связь объектов систематизации. Наиболее простой формой систематизации является алфавитная система расположения объектов, которую используют, например, в справочниках и библиографических списках.

10.8. Организационная структура стандартизации

Организационная структура стандартизации в Российской Федерации включает:

- Центральный аппарат Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт);
- организации и предприятия Росстандарт;
- службы (подразделения) стандартизации в федеральных органах исполнительной власти;
- технические комитеты (ТК) по стандартизации, создаваемые заинтересованными сторонами (предприятиями и организациями) на добровольной основе;
- головные научно-исследовательские институты и конструкторские бюро в отраслях промышленности;
- подразделения (службы) стандартизации, создаваемые самими субъектами хозяйственной деятельности (предприятиями и организациями).

Международными организациями по стандартизации являются ISO и МЭК .

Международная электротехническая комиссия (МЭК). Международной стандартизацией в области электротехники, электроники, радиосвязи, приборостроения занимается МЭК, которая была создана в 1906 г. Несмотря на то, что МЭК на сегодняшний день стала автономной организацией в составе ISO, область деятельности МЭК не является сферой деятельности ISO.

Целью деятельности МЭК является содействие международному сотрудничеству, развитию международных связей и формированию единой международной рыночной системы путём разработки международных стандартов и проведения сертификации на основе международных стандартов, разрабатываемых в области электротехнической промышленности, ядерного приборостроения, лазерной техники, средств связи, авиационного и космического приборостроения, судостроения и морской навигации, атомной энергии, информатики, акустики, медицинской техники.

10.9. Сертификация

Сертификация (Sertifico, в пер. с лат. яз. *подтверждаю, удостоверяю*), по сути, представляет собой деятельность, направленную на установление и подтверждение соответствия рассматриваемого объекта определенным требованиям.

Национальный орган по сертификации — Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) — осуществляет свою деятельность как национальный орган по сертификации на основе прав, обязанностей и ответственности, предусмотренных действующим законодательством Российской Федерации.

Основными его функциями являются формирование и реализация государственной политики в области сертификации, установление общих правил и рекомендаций по проведению сертификации на территории РФ, проведение государственной регистрации систем сертификации и знаков соответствия, опубликование официальной информации о проведении сертификации.

10.10. Контроль и оценка качества

Качество является наиболее обобщенной и в то же время единственной характеристикой предмета, отражающей совокупность бесконечного множества всех его свойств.

Качество продукции — это совокупность ее свойств, обуславливающих пригодность продукции удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Контроль продукции состоит из двух этапов:

1-й этап — получение информации о фактическом состоянии продукции (ее количественных и качественных признаках);

2-й этап — сопоставление полученной информации с заранее установленными техническими требованиями, т. е. получение вторичной информации.

Показатели качества продукции принято подразделять на три группы в соответствии с основными составляющими уровня качества.

Группы подразделяют по показателям, которые указываются в нормативно-технических документах. К показателям, характеризующим основное назначение оцениваемой продукции, относятся: технические: мощность, емкость и т. д.; функциональные: производительность, прочность, и т. д.; конструктивные (габаритные размеры, показатели состава и структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебник по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по уровню специалитета. В него включены следующие основные разделы: основы метрологии, измерительные преобразователи электрических величин, электроизмерительные механизмы и приборы непосредственной оценки, цифровые электроизмерительные приборы, приборы сравнения, измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин.

Основное внимание при изучении дисциплины следует обратить на проведение измерений в судовых условиях электрических величин, включая напряжение, частоту, силу тока, активную и реактивную мощность.

Полученные теоретические знания в результате изучения материалов учебника дадут возможность будущим специалистам выполнять в судовых условиях измерения физических величин с помощью современных средств, включая приборы с электроизмерительными механизмами непосредственной оценки, цифровые электроизмерительные приборы, приборы сравнения и осциллографы.

Анализ полученных результатов измерений позволит будущим судовым инженерам в их практической деятельности принимать обоснованные решения по вопросам технической эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматизации.

С увеличением степени автоматизации судовых средств роль метрологии будет значительно повышаться. К перспективным направлениям развития средств измерений относится все более масштабное применение цифровых приборов на базе микропроцессорной техники с возможностью передачи результатов измерений по беспроводным информационным каналам.

***Автор выражает благодарность ПАО «Совкомфлот»
за помощь и содействие в издании учебника***