



**Рассмотрено и одобрено на заседании**  
Методической комиссии преподавателей  
дисциплин профессионального цикла  
специальностей отделения судовой  
энергетики

Председатель МКо (МО/ ЦК)

\_\_\_\_\_ Е.В. Колянов

**Разработано**

на основе ФГОС СПО по специальности  
11.02.03 Эксплуатация оборудования  
радиосвязи и электрорадионавигации  
судов, утвержденного приказом  
Министерства образования и науки РФ от  
07 мая 2014 г. № 441 и Международная  
конвенция о подготовке и  
дипломированию моряков и несении вахты  
1978 года. Кодекс по подготовке и  
дипломированию моряков и несению  
вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25  
июня 2010 года (с учетом Манильских  
поправок) с поправками в части  
выполнения требований раздела А-IV

Протокол № \_\_\_ от «29» мая 2021 г.

Автор (составитель): Рожнова Т.Г., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ  
ВО «МГТУ» \_\_\_\_\_

Ф.И.О., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

Эксперт (рецензент) Быкова М.В., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ  
ВО «МГТУ» \_\_\_\_\_

Ф.И.О., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

## Содержание

Введение .....	4
Цели и задачи практической (лабораторной) работы .....	4
Требования к результатам освоения .....	4
Порядок выполнения практической (лабораторной) работы обучающихся .....	6

## Введение

**1.1. Методические указания по практическим и лабораторным работам обучающихся по учебной дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»** разработана в соответствии Метрология, стандартизация и сертификация в соответствии с ФГОС СПО по специальности 11.02.03 Эксплуатация оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов базовой подготовки, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14 мая 2014г. № 522 и Международная конвенция о подготовке и дипломированию моряков и несении вахты 1978 года. Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских поправок) с поправками в части выполнения требований раздела А-IV; учебного плана очной и заочной форм обучения, утвержденного 28.05.2021 г.

**1.2 Цели и задачи практической (лабораторной) работы** - требования к результатам освоения учебной дисциплины: обеспечить более высокий уровень подготовки обучающихся технического профиля.

### **1.3 Требования к результатам освоения:**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

У1 применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов;

У2 применять документацию систем качества;

**знать:**

31 основные понятия метрологии, стандартизации и сертификации;

32 основные положения систем (комплексов) общетехнических и организационно-методических стандартов.

Процесс изучения дисциплины Метрология, стандартизация и сертификация направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС СПО (табл. 1).

Таблица 1 Компетенции, формируемые дисциплиной Метрология, стандартизация и сертификация в соответствии с ФГОС СПО

<b>Код компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Требования к знаниям, умениям, практическому опыту</b>
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес	У 1, У2,31, 32
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество	У 1, У2,31, 32
ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	У 1, У2,31, 32
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач,	У 1, У2,31, 32

	профессионального и личностного развития	
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности	У 1, У2,31, 32
ОК 6.	Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	У 1, У2,31, 32
ОК 7.	Брать ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	У 1, У2,31, 32
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	У 1, У2,31, 32
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	У 1, У2,31, 32
ПК 1.1.	Осуществлять техническую эксплуатацию систем судовой радиосвязи и электрорадионавигации	У 1, У2,31, 32
ПК 1.3.	Вести вахтенный журнал радиостанции и оформлять техническую документацию радиооборудования	У 1, У2,31, 32
ПК 1.5.	Проводить профилактическое и регламентируемое техническое обслуживание оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов	У 1, У2,31, 32
ПК 2.1.	Диагностировать оборудование радиосвязи и средства электрорадионавигации судов при помощи контрольно-измерительных приборов	У 1, У2,31, 32
ПК 3.1.	Осуществлять монтаж оборудования радиосвязи и средств электрорадионавигации судов, включая подведение питающих силовых и сигнальных линий передач и антенн	У 1, У2,31, 32
ПК 3.2.	Осуществлять демонтаж оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов	У 1, У2,31, 32
ПК 3.3.	Выполнять операции по коммутации и сопряжению отдельных элементов оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов	У 1, У2,31, 32
ПК 3.4.	Выполнять операции по установке и введению в действие оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов	У 1, У2,31, 32

## Порядок выполнения практической (лабораторной) работы обучающихся

Раздел 1. Стандартизация и сертификация – инструменты повышения качества.

Тема 1.3. Документирование системы менеджмента качества

### Практическая работа №1

**Тема:** Основные законодательные акты и нормативные документы в области безопасности продукции, процессов, работ и услуг.

**Цель занятия:** сформировать умения и навыки в работе с нормативно – технической документацией в области безопасности продукции, процессов, работ и услуг.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:**

*знать* практическое применение нормативных документов в области безопасности продукции, процессов, работ и услуг;

*уметь* давать сравнительную характеристику основным законодательным актам и нормативным документам.

**Оборудование:** закон «О техническом регулировании»; перечень национальных стандартов.

**Перечень используемых источников:**

1. Воробьева, Г.Н. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / Г.Н. Воробьева, И.В. Муравьева. — Москва : МИСИС, 2019. — 278 с. — ISBN 978-5-906953-60-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129000>

2. Угольников, А. В. Метрология. Электрические измерения [Электронный ресурс] : практикум / А. В. Угольников. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 140 с. — 978-5-4497-0019-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82232.html>

3. Викулина В.Б, Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Б. Викулина, П.Д Викулин - М. : Издательство МИСИ - МГСУ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416724.html>

4. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон.текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

5. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для вузов : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим направлениям / И. М. Лифиц. - 13-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2020. - 362 с. - (Высшее образование). - Книга доступна на образовательной платформе "Юрайт" [urait.ru](http://urait.ru), а также в мобильном приложении "Юрайт.Библиотека". - Библиография: с. 360-362. - ISBN 978-5-534-08669-0 : 989-00. - Текст : непосредственное.

6. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / под редакцией И. А. Иванова, С. В. Урушева. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. - 354 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиография: с. 353-354. - ISBN 978-5-8114-3309-4 : 1780-00. - Текст : непосредственное.

7. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 112 с. : табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

## Содержание и порядок выполнения работы

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:** 1. ФЗ «О техническом регулировании», глава 2 «Технические регламенты», глава 4 «Подтверждение соответствия»  
2. Информационный указатель национальных стандартов.

К объектам сертификации относятся продукция, услуги, система качества, персонал, рабочие места.

Основными законодательными актами и нормативными документами в области безопасности продукции, процессов, работ и услуг является ФЗ «О техническом регулировании».

### **Пример 1:**

Глава 2. Технические регламенты.

Технический регламент не может содержать требования к продукции, причиняющей вред жизни или здоровью граждан, накапливаемый при длительном использовании этой продукции и зависящей от других факторов, не позволяющих определить степень допустимого риска. В этих случаях технический регламент может содержать требование, касающееся информирования приобретателя о возможном вреде и о факторах, от которых он зависит.

Подтверждение соответствия осуществляется в целях:

удостоверения соответствия продукции, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, сводам правил, условиям договоров;

(в ред. Федерального закона от 01.05.2007 N 65 – ФЗ)

содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ, услуг; повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;

создание условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно – технического сотрудничества и международной торговли.

### **Пример 2:**

*Обязательная сертификация* является формой государственного контроля за безопасностью продукции. Ее осуществление связано с определенными обязанностями, налагаемыми на предприятия, в том числе материального характера. Поэтому она может *осуществляться лишь в случаях, предусмотренных законодательными актами РФ*, т.е. законами и нормативными актами Правительства РФ. Отсюда второе наименование обязательной сертификации – «сертификация в законодательно регулируемой сфере».

В соответствии со ст. 7 «Закона о защите прав потребителей» перечни товаров (работ, услуг), подлежащих обязательному подтверждению соответствия, утверждаются Правительством РФ. На основании этих перечней разрабатывается и вводится в действие постановлением Ростехрегулирования «Номенклатура продукции услуг(работ), в отношении которых законодательными актами РФ предусмотрено их обязательное подтверждение соответствия». По существу, «Номенклатура...» - это детализированный «Перечень...». Если «Перечень...» представлен классами соответствующего Общероссийского классификатора (по продукции ОК 005-93-ОКП, по услугам 002-93-ОКУН) с двухразрядным кодом, «Номенклатура...» - видами продукции (услуг) с шестиразрядным кодом. Если «Перечни...» включают объекты, как подвергаемые в настоящее время, так и намечаемое в перспективе для обязательного подтверждения соответствия, то «Номенклатура...» включает только объекты, подвергаемые в настоящее время обязательной сертификации.

В перспективе объекты обязательного подтверждения будут устанавливаться техническими регламентами.

При обязательной сертификации подтверждаются только те обязательные требования, которые установлены законом, вводящим обязательную сертификацию.

При обязательной сертификации действие сертификата соответствия и знака соответствия распространяется на всей территории РФ.

**Добровольная сертификация** проводится в соответствии с ФЗ о техническом регулировании по инициативе заявителей (изготовителей, продавцов, исполнителей) в целях подтверждения соответствия продукции (услуг) национальным стандартам, стандартам организации, системам добровольной сертификации, условиям договоров.

В определении термина «Сертификация», данном в ст. 2 ФЗ о техническом регулировании не упомянуты в качестве носителя требования правила системы сертификации. Но в ст. 21 ФЗ о техническом регулировании это упущение исправлено, так как указывается, что при добровольном подтверждении соответствия может устанавливаться соответствие как положениям стандартов и условий договоров, так и системам добровольной сертификации.

Добровольная сертификация проводится на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольная сертификация продукции, подлежащей обязательной сертификации, не может заменить обязательную сертификацию такой продукции. Создать систему добровольной сертификации может не только юридическое лицо, но индивидуальный предприниматель или оба указанных субъекта. Это изменение (по отношению к Закону РФ «О сертификации продукции и услуг») отражает предпринимательский характер этой формы сертификации.

#### **Задания для самостоятельной работы**

1. Дайте сравнительную характеристику обязательной и добровольной сертификации.

2. Каковы формы подтверждения соответствия?

#### **Выводы и предложения по данной практической работе.**

Применение законодательных актов и нормативных документов позволяют обеспечить обязательные требования к продукции, процессам ЖЦП, правилам и формам оценки соответствия, упаковки, маркировки продукции. В настоящее время эти документы базируются на принципах, которые позволяют гармонизировать национальные стандарты за счет применения в качестве их основы международных и региональных стандартов.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Какие нормативные документы применяют в области безопасности продукции.

2. Дайте характеристику закону «О техническом регулировании»

### **Раздел 3. Содержательные аспекты стандартизации, и сертификации**

Тема 3.2. Метрология: сущность, содержание, виды измерений

#### **Практическая работа №2**

**Тема:** Электронные аналоговые измерительные приборы

**Цель занятия:** способствовать формированию навыков работы с измерительными приборами.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:**

*знать* техническую и метрологическую характеристику электронного осциллографа;

*уметь* пользоваться электронными измерительными приборами.

**Оборудование:** электронно-счетные частотомеры, электронные омметры, электронно – лучевой осциллограф, электронно – аналоговые вольтметры.

**Перечень используемых источников:**

1. Воробьева, Г.Н. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / Г.Н. Воробьева, И.В. Муравьева. — Москва : МИСИС, 2019. — 278 с. — ISBN 978-5-906953-60-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129000>



2. Угольников, А. В. Метрология. Электрические измерения [Электронный ресурс] : практикум / А. В. Угольников. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 140 с. — 978-5-4497-0019-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82232.html>

3. Викулина В.Б, Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Б. Викулина, П.Д Викулин - М. : Издательство МИСИ - МГСУ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416724.html>

4. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон.текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

5. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для вузов : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим направлениям / И. М. Лифиц. - 13-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2020. - 362 с. - (Высшее образование). - Книга доступна на образовательной платформе "Юрайт" [urait.ru](http://urait.ru), а также в мобильном приложении "Юрайт.Библиотека". - Библиография: с. 360-362. - ISBN 978-5-534-08669-0 : 989-00. - Текст : непосредственное.

6. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / под редакцией И. А. Иванова, С. В. Урушева. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. - 354 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиография: с. 353-354. - ISBN 978-5-8114-3309-4 : 1780-00. - Текст : непосредственное.

7. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 112 с. : табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

## **Содержание и порядок выполнения работы**

### **Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:**

1. Принцип работы электронного аналогового вольтметра.
2. Характеристики электронного омметра.

### **Пример 1:**

#### **Принцип работы.**

*Электронно – лучевой осциллограф* – универсальный измерительный прибор, применяемый для визуального наблюдения на экране электрических сигналов и измерения их параметров. Основная функция осциллографа заключается в воспроизведении в графическом виде электрических колебаний (осциллографом) в прямоугольной системе координат. Чаще всего с помощью осциллографа наблюдают зависимость напряжения от времени, причем, как правило, осью времени является ось абсцисс, а по оси ординат откладывается напряжение сигнала. С помощью осциллографа можно наблюдать непериодические непрерывные и импульсные сигналы, непериодические и случайные сигналы, одиночные импульсы и оценивать их параметры.

По осциллограммам получаем на экране осциллографа, могут быть измерены частота и фазовый сдвиг, параметры модулированных сигналов, временные интервалы. На базе осциллографа созданы приборы для исследования переходных, частотных и амплитудных характеристик различных электро – и радиотехнических устройств. Широкое распространение электронно – лучевых осциллографов обусловлено возможностью их использования в полосе частот от нуля до десятков гигагерц, при напряжении сигнала от десятков микровольт до сотен вольт.

Электронные осциллографы характеризуются рядом технических и метрологических характеристик. К наиболее важным относятся:

- чувствительность по каналам Y и X (мм/В);

- полоса пропускания, т.е. диапазон частот, в пределах которого коэффициент усиления канала  $Y$  уменьшается не более чем на 3дБ по отношению к некоторой опорной частоте;
- диапазон изменения длительности развертки;
- входное сопротивление и входная емкость канала  $Y$ ;
- параметры, характеризующие погрешности измерения напряжения и интервалов времени.

### **Пример 2:**

#### **Принцип работы.**

Метод непосредственной оценки реализуется в приборах для измерения сопротивления постоянному току – электромеханических и электронных омметрах. Электромеханические омметры строятся на основе приборов магнитоэлектрической системы и в зависимости от величины измеряемого сопротивления могут быть выполнены по схеме с последовательным либо параллельным включением измеряемого напряжения.

Характер шкалы подсказывает, что омметр такого типа предпочтительно использовать для измерения сравнительно больших сопротивлений (до нескольких килом), так как при малых значениях  $R_x$  этот омметр имеет малую чувствительность.

Для измерения небольших сопротивлений применяются омметры, с параллельным включением измеряемого сопротивления.

При построении электронных омметров используются два метода измерения: метод стабилизированного тока в цепи делителя и метод преобразования измеряемого сопротивления в пропорциональное ему напряжение. По методу стабилизированного тока делитель напряжения, составленный из образцового  $R_{обр}$  и измеряемого  $R_x$  сопротивлений. Этот вариант схемы омметра применяется для измерения достаточно больших сопротивлений.

Эта схема реализована в ряде выпускаемых промышленностью миллиомметров, обеспечивающих измерение активных сопротивлений в диапазоне  $10^{-4} \dots 10^2$  Ом с погрешностью 1,5...2,0%

Применение в одном приборе обеих вариантов схем позволяет создать измерители сопротивлений с диапазоном измерения от единиц Ом до несколько десятков мегаом с погрешностью не более 10%.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

1. Дайте сравнительную характеристику принципа работы электронного вольтметра и омметра.
2. Опишите технические и метрологические характеристики электронного осциллографа.

#### **Выводы и предложения по данной практической работе.**

Электронные аналоговые приборы способствуют наблюдению зависимости напряжения от времени, а также периодические и непрерывные импульсные сигналы.

При работе омметров можно проследить работу отдельных и комбинированных приборов (тестеров, автотестеров).

#### **Контрольные вопросы.**

1. Расскажите о принципе действия электронного – лучевого осциллографа.
2. Что является основным узлом осциллографа?
3. Какие методы измерения используются при построении электронных омметров?

## **Практическая работа №3**

**Тема:** Измерение электрических величин. Методы и средства измерений магнитных величин.

**Цель занятия:** способствовать формированию навыков электрических величин; познакомить с методами и средствами измерений магнитных величин; дать понятия о категориях стандартов в различных отраслях.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** осуществлять измерение физических величин с помощью электромеханических приборов, приборов магнитоэлектрической системы; уметь пользоваться методом вольтметра – амперметра; представлять методы и средства измерения магнитных величин (приборы магнитоэлектрической системы).

**Оборудование:** амперметр, вольтметр, электромеханические приборы, приборы магнитоэлектрической системы.

**Перечень используемых источников:**

8. Воробьева, Г.Н. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / Г.Н. Воробьева, И.В. Муравьева. — Москва : МИСИС, 2019. — 278 с. — ISBN 978-5-906953-60-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129000>

9. Угольников, А. В. Метрология. Электрические измерения [Электронный ресурс] : практикум / А. В. Угольников. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 140 с. — 978-5-4497-0019-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82232.html>

10. Викулина В.Б, Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Б. Викулина, П.Д Викулин - М. : Издательство МИСИ - МГСУ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416724.html>

11. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон.текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

12. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для вузов : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим направлениям / И. М. Лифиц. - 13-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2020. - 362 с. - (Высшее образование). - Книга доступна на образовательной платформе "Юрайт" [urait.ru](http://urait.ru), а также в мобильном приложении "Юрайт.Библиотека". - Библиография: с. 360-362. - ISBN 978-5-534-08669-0 : 989-00. - Текст : непосредственное.

13. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / под редакцией И. А. Иванова, С. В. Урушева. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. - 354 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиография: с. 353-354. - ISBN 978-5-8114-3309-4 : 1780-00. - Текст : непосредственное.

14. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 112 с. : табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

**Содержание и порядок выполнения работы.**

**Вопросы теории, рассматриваемые в практической работе:**

1. Принцип работы вольтметра – амперметра. 2. Особенность электромеханических приборов. 3. Работа приборов электромагнитной системы.

**Пример 1:**

Измерение методом вольтметра – амперметра сводится к измерению тока и напряжения в цепи с измеряемым двухполюсником и последующему расчету его параметров по закону Ома. Метод может быть использован для измерения активного и полного сопротивления, индуктивности и емкости.

Измерение активных сопротивлений производится на постоянном токе, при этом включение резистора  $R_x$  в измерительную цепь возможно по схемам. Обе схемы приводят к методическим погрешностям  $\Delta R$ , зависящим от величины сопротивлений приборов. Очевидно, что в схеме методическая погрешность тем меньше, чем меньше сопротивление амперметра (при  $R_v \rightarrow \infty \Delta R \rightarrow 0$ ). Таким образом, схемами следует пользоваться для измерения больших и малых сопротивлений.

Измерение полного сопротивления  $Z_x$  выполняется на переменном токе частотой  $f$ ,  
По показаниям вольтметра и амперметра определяют модуль полного сопротивления

$$|Z_x| = U_v / I_A,$$

Где  $U_v, I_A$  – показания вольтметра и амперметра.

Выполнив анализ методической погрешности, приходим к выводу, что схемы целесообразно применять при  $Z_x \ll Z_v, Z_x \gg Z_v$ .

Измерение емкости методом вольтметра – амперметра может быть выполнено по схемам.

Емкостное сопротивление конденсатора

$$X_C = 1/\omega C_x = U_C/I,$$

откуда

$$C_x = I/\omega U_C$$

Следовательно, при измерении емкости этим методом необходимо знать частоту источника питания. Для измерения очень малых емкостей, применяют вариант метода вольтметра - амперметра (метод двух вольтметров).

Питающее напряжение  $U_1$  измеряется вольтметром  $V_1$ . Вольтметр  $V_2$  измеряет напряжение на конденсаторе  $C_0$ , емкость которого известна

$$U_2 = I/\omega C_0.$$

Ток  $I$  определяется выражением

$$I = U_1/(1/\omega C_x + 1/\omega C_0),$$

откуда

$$C_x = C_0 U_2 / (U_1 - U_2).$$

Для уменьшения погрешности измерения необходимо выполнить условие  $C_0 \gg C_x$ , тогда можно упростить выражение.

$$C_x = C_0 U_2 / U_1.$$

Метод двух вольтметров позволяет измерять емкости от долей пикофарад.

Измерение индуктивности катушки методом вольтметра – амперметра возможно, если ее сопротивление  $R_L$  значительно меньше реактивного сопротивления  $X_L$ .

При этом

$$I = U_L / \omega L,$$

откуда

$$L = U_L / \omega I.$$

Если требуется получить более точный результат, то необходимо учесть сопротивление катушки. Так как

$$Z = U_L / I = \sqrt{R_L^2 + \omega^2 L^2}$$

то

$$L = 1/\omega \sqrt{(U_L/I)^2 - R_L^2}.$$

Погрешности измерения параметров элементов цепей методом вольтметра – амперметра на низких частотах составляют 0,5...10% и определяются погрешностью используемых приборов, а также наличием паразитных параметров. Погрешности измерения возрастают с увеличением частоты.

### **Пример 2. Принцип работы электромеханических приборов.**

Для измерения напряжения и силы тока широко применяются электромеханические приборы. Общим термином электромеханические приборы обозначают средства измерений. К электромеханической группе принадлежат измерительные приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, электростатической и индукционной систем. Приборы этих систем часто входят в состав и других, более сложных, средств измерения. По физическому принципу, положенному в основу построения и конструктивному исполнению, эти приборы относятся к группе аналоговых средств измерения, т.е. средств измерения, показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины.

Измерительная схема представляет собой совокупность сопротивлений, индуктивностей, емкостей и иных элементов электрической цепи прибора и имеет своей основной задачей преобразовать измеряемую физическую величину  $X$  в некоторую новую

величину  $Y$ , под воздействием которой происходит перемещение  $\alpha$  подвижной части измерительного механизма, отсчитываемое с помощью отсчетного устройства. Таким образом, если выполняется зависимость  $\alpha = f(X)$ , то прибор может быть проградуирован в единицах измеряемой величины. величины соответствовало одно, и только одно, определенное отклонение  $\alpha$ . Не менее важно, чтобы параметры схемы и измерительного механизма не изменялись при изменении внешних условий, например, температуры окружающей среды, частоты питающего схему тока и других факторов.

При подаче на вход измерительной схемы прибора измеряемой величины возникает вращающий момент, описываемый выражением

$$M_{вр} = f_1(X).$$

Чтобы каждому значению измеряемой величины  $X$  соответствовало определенное отклонение стрелки  $\alpha$  необходимо уравновесить вращающий момент  $M_{вр}$  противодействующим моментом  $M_{пр}$ , противоположным вращающему и возрастающему по мере увеличения угла поворота подвижной части. В большинстве электроизмерительных приборов противодействующий момент создается плоской спиральной пружинкой, для которой справедливо соотношение

$$M_{пр} = W\alpha,$$

Где  $W$  – коэффициент, зависящий от свойств материала и размеров пружинки. При совместном воздействии вращающего и противодействующего моментов положение равновесия, т.е. установившееся отклонение стрелки определяется из условия  $M_{вр} = M_{пр}$ . Учитывая формулы получим

$$\alpha = f_1(x)/W=f(x)/$$

Для того, чтобы в процессе достижения установившегося положения стрелка прибора не испытывала слишком долгих колебаний в электромеханических приборах, применяются успокоители, создающие момент успокоения, пропорциональный скорости перемещения стрелки

$$M_{усп} = P(d\alpha)/dt$$

### Пример 3. Работа приборов магнитоэлектрической системы.

В приборах магнитоэлектрической системы вращающий момент создается за счет взаимодействия поля постоянного магнита с рамкой (катушкой), по которой протекает ток. Конструктивный измерительный механизм прибора может быть выполнен либо с подвижным магнитом, либо с подвижной рамкой. Постоянный магнит, магнитопровод с полюсными наконечниками и неподвижный сердечник составляют магнитную систему механизма. В зазоре между полюсными наконечниками и сердечником создается сильное, радиальное магнитное поле, в котором находится подвижная прямоугольная рамка, намотанная тонким медным или алюминиевым проводом на алюминиевом каркасе (или без каркаса). Рамка закреплена между полуосями. Спиральные пружинки, предназначенные для создания противодействующего момента, одновременно используются для подачи измеряемого тока в рамку. Рамка жестко соединена со стрелкой. Для балансировки подвижной части имеются передвижные грузики.

Выражение для вращающего момента, действующего на подвижную систему при прохождении через рамку тока получим, используя формулу для силы Лоренца, действующей на проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сила действующая на проводник определяется формулой:

$$F=IBl\sin(B^\wedge)$$

При этом силы, действующие на противоположные отрезки витков, равны, но противоположны по направлению. В результате, на рамку из  $w$  витков проволоки действует вращающий момент

$$M_{вр}=2F(b/2) = BS_p wI,$$

где  $b$  – это ширина рамки;  $S_p$  – площадь рамки

$$\alpha=(BS_p w)/(W)I,$$

угол отклонения подвижной части пропорционален току, протекающему по рамке. Коэффициент пропорциональности

$$S_1 = (BS_p w)/(W),$$

называется чувствительностью магнитоэлектрического прибора к току.

Для получения зависимости угла отклонения  $\alpha$  от приложенного к рамке напряжения подставим в  $I=U/R_p$  (где  $R_p$  – сопротивление рамки):

$$\alpha = (BS_p w)/(WR_p) * U = S_u U,$$

где  $S_u$  – чувствительность магнитоэлектрического прибора к напряжению.

Подвижная система измерительного механизма магнитоэлектрических приборов обладает значительной инерцией, поэтому такие приборы реагируют лишь на постоянную составляющую тока и непригодны для измерения переменного тока или напряжения. Для измерений в цепях переменного тока необходимо предварительно преобразовать переменный ток в постоянный.

Из группы аналоговых электромеханических приборов приборы магнитоэлектрической системы относятся к числу наиболее точных и чувствительных. Изменения температуры окружающей среды и внешние магнитные поля мало влияют на их работу. Равномерная шкала, малое потребление энергии также относится к достоинствам магнитоэлектрических приборов.

#### **Задания для самостоятельного решения.**

1. Дайте характеристику и принцип работы термоэлектрическим приборам
2. Произвести процесс измерения напряжения компенсатором постоянного тока.

#### **Выводы и предложения по данной практической работе.**

При измерении электрических величин определяется ток и напряжение в цепи. Это может быть использовано для измерения активного и полного сопротивления.

Работы приборов электромагнитной системы позволяет определить взаимодействие магнитного поля с подвижным ферромагнитным сердечником.

В настоящее время приборы электромагнитной системы способствуют выдерживанию значительных перегрузок, возможности градуировки приборов.

#### **Контрольные вопросы.**

1. С какой целью применяют электромеханические приборы.
2. Дайте характеристику электромагнитной системы.