

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИ-
ВЕРСИТЕТ»
СУДОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ**

**Цикловая комиссия эксплуатации судового электрооборудования и энергетических
установок**

Крайнов Александр Викторович

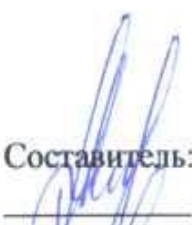
ОП.05 «МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ»

Практикум

для курсантов специальности

26.02.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики
профиля технического
очной и заочной форм обучения

Керчь, 2020 г.


Составитель: Крайнов А.В., преподаватель первой категории СМТ ФГБОУ ВО «КГМТУ»


Рецензент: Гурнаков К.В., преподаватель высшей категории СМТ ФГБОУ ВО «КГМТУ»

Практикум рассмотрен и одобрен на заседании выпускающей цикловой комиссии эксплуатации судового электрооборудования и энергетических установок СМТ ФГБОУ ВО «КГМТУ»

Протокол № 9 от 28 февраля 2020 г.

Председатель ЦК  А.В. Крайнов

Практикум утвержден на заседании учебно-методического совета СМТ ФГБОУ ВО «КГМТУ»

Протокол № 9 от 29.05 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	5
1.1 Практическое занятие №1. Тема. Определение погрешностей электроизмерительных приборов.....	5
1.2 Практическое занятие №2. Тема. Измерение электрических величин	9
1.3 Практическое занятие №3. Тема. Измерение неэлектрических величин	20
Приложение А. Форма титульного листа альбома лабораторных и практических работ.....	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Практикум предназначен для проведения практических занятий по учебной дисциплине ОП.05 «Метрология и стандартизация». Практические занятия проводятся с целью закрепления и углубления знаний по предмету, а также позволяют восполнить пробелы в практическом исследовании схем при отсутствии необходимого лабораторного оборудования.

Указания содержат задания для практических занятий и методику их выполнения по каждой теме. В необходимых случаях в тексте приводятся вспомогательные расчетные данные, поэтому при выполнении заданий нет надобности обращаться к какой-либо дополнительной литературе, кроме каталогов и справочников по элементам электронной аппаратуры. Рекомендуемые источники такого рода указаны в прилагаемом списке литературы.

Предлагаемая методика может служить лишь для первоначального грубого расчета схем, по мере необходимости методика должна быть углублена и уточнена.

В некоторых случаях в тексте указаний приводятся пояснения, помогающие сознательному усвоению используемых методов и приемов расчета.

Графический материал и отчеты по практическим занятиям оформляются в соответствии с ГОСТ и ЕСКД, а также «Положением о порядке оформления студенческих работ ФГБОУ ВО «КГМТУ» [1].

К защите практических занятий допускаются курсанты, выполнившие все разделы задания в соответствии с требованиями настоящих методических указаний.

1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1.1 Практическое занятие № 1

Тема. Определение погрешностей электроизмерительных приборов (4 часа)

Введение

Цель работы: занятия направлены на формирование компетенций

ПК-1.1 «Обеспечивать оптимальный режим работы электрооборудования и средств автоматики с учетом их функционального назначения, технических характеристик и правил эксплуатации» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.2 «Измерять и настраивать электрические цепи и электронные узлы» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.3 «Выполнять работы по регламентному обслуживанию электрооборудования и средств автоматики» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.4 «Выполнять диагностирование, техническое обслуживание и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.5 «Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

Результаты обучения по дисциплине должны обеспечить достижение обучающимися требуемой в соответствии с Таблицей А-III/7 Кодекса ПДНВ компетентности в сфере: Использование ручного инструмента, электрического и электронного измерительного оборудования для обнаружения неисправностей, технического обслуживания и ремонта

Задачи работы:

Освоение методик определения погрешности электроизмерительных приборов.

Методические материалы:

1. Крайнов А.В. ОП.05 «Метрология и стандартизация»: конспект лекций для курсантов специальности 26.05.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики / А.В. Крайнов, – Керчь: Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2019. – 169 с.

2. Бабер А. И. Электрические измерения: учебное пособие / А. И. Бабер, Е. Т. Харевская. — Минск: РИПО, 2019. — 106 с. — ISBN 978-985-503-857-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/132006>.

3. Бузунова М. Ю. Электрические измерения: учебное пособие / М. Ю. Бузунова, В. В. Боннет. — Иркутск: Иркутский ГАУ, 2019. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133360>.

Общие положения

Перед выполнением работы необходимо проработать материал лекции №2 [2], в котором подробно изложен теоретический материал, включая расчетные формулы.

Практическое занятие заключается в решении 15 типовых задач. Выполнить необходимо все задачи.

Задачи для расчета

Задача №1. Дано два последовательно соединенных миллиамперметра. Предельное значение шкалы обоих – 100 мА. Абсолютная погрешность первого прибора 1мА; второго 0,5 мА. Абсолютная погрешность измерений первым прибором 2%, вторым – 2,5%. Вычертить схему измерительной установки. Определить классы точности приборов. Определить показания приборов.

Задача №2. Определить показания двух последовательно включенных магнитоэлектрических миллиамперметров с конечным значением шкалы 100мА и классами точности 1,0 и 0,5. Действительное значение тока при измерении 50мА. Определить наибольшую разницу в показаниях миллиамперметров. Вычертить схему измерительной установки.

Задача №3. Определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с конечным значением диапазона измерения тока 0,5мА, если предельное значение абсолютной погрешности измерений постоянно и равно $\pm 0,0015$ мА. Полученное значение округлить до ближайшего из стандартного ряда (0,05;0,1;0,2;0,5;1;1,5;2,5;4).

Задача №4. Определить конечное значение диапазона измерения тока магнитоэлектрического миллиамперметра, если предельное значение абсолютной погрешности измерений постоянно и равно $\pm 0,0015$ мА, класс точности прибора 0,5.

Задача №5. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения, а также поправку к показанию вольтметра типа Э-30, имеющего класс точности 1,5 если он показал 20В. Предельное значение шкалы 30В.

Задача №6. Определить абсолютную погрешность измерения, а также показания и поправку к показанию вольтметра, имеющего класс точности 1, предельное значение шкалы 50 В, относительную погрешность измерения 2,3%.

Задача №7. Амперметр типа Э-30 с пределом измерения 5А и классом точности 1,5 измеряют токи 2А, 1А. Определить относительные погрешности измерения в обоих случаях.

Задача №8. Амперметром классом точности 1,5 с пределом измерения 5А измеряют токи I_1 и I_2 . Определить действительные значения этих токов, если относительные погрешности измерений их соответственно равны 3,75% и 7,5%.

Задача №9. Аналоговым вольтметром класса точности 0,5 с диапазоном измерения 0 до 3 В и шкалой, содержащей 150 делений, в нормальных условиях измерено напряжение постоянного тока с округлением до десятых долей сделан отсчет 51,3 дел. Выходное R источника пренебрежимо мало. Требуется записать результат измерения.

Задача №10. Аналоговым вольтметром класса точности 0,5 и шкалой, содержащей 150 делений, измерено напряжение постоянного тока. Сделан отсчет 51,3дел. Абсолютная погрешность прибора $\pm 0,015$ В. Выходное сопротивление источника пренебрежимо мало. Требуется найти диапазон измерения и записать результат измерения.

Задача №11. Определить абсолютную и приведенную погрешности измерения напряжения в цепи на рис. 1.1, если показания вольтметра $U_1=100$ В; $U_2=50$ В. Предел измерения вольтметра 150 В, класс точности 1,5. Схему вычерчивать.

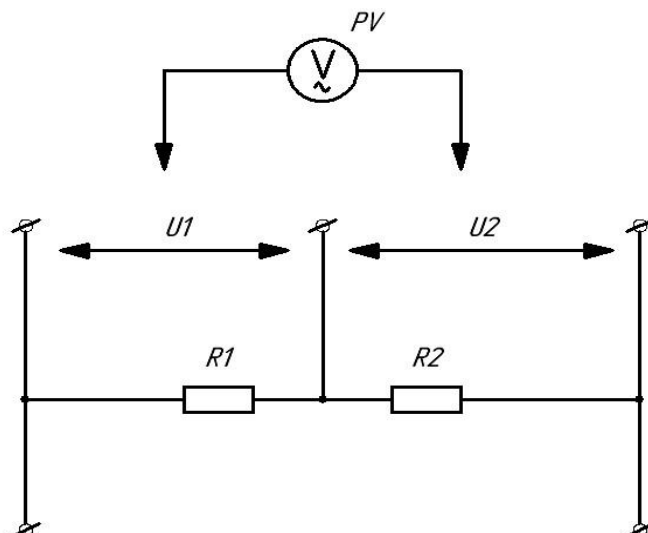


Рисунок 1.1 – Измерительная цепь

Задача №12. Определить абсолютную и приведенную погрешность измерения напряжения в цепи (рис. 1.1), если показания вольтметра: $U_1=170$ В; $U_2=130$ В, предел измерения 300 В, класс точности 4,0. Схему вычерчивать.

Задача №13. При проверке амперметра с верхним пределом измерения 5А в точках шкалы 1;2;3;5 получили соответственно следующие показания образцового прибора 0,95; 2,07;3,045;4,975; 4,95А. Определить:

- 1) абсолютные, относительные и приведенные погрешности в каждой точке шкалы амперметра;
 - 2) К какому классу точности можно отнести амперметр по результатам проверки.
- Результаты расчетов занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Результаты расчётов

I, А	1	2	3	4	5
$I_d, А$					
$\Delta, А$					
$\delta, \%$					
$\gamma, \%$					

Задача №14. Необходимо измерить ток 4А. Имеется два амперметра: один класса точности 0,5 имеет верхний предел измерения 20А; другой класса точности 1,5 имеет верхний предел измерения 5А. Определите, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности и какой прибор лучше использовать для измерения тока 4А.

Задача №15. Определить цену деления шкалы амперметра класса точности 1,5, имеющего 25 делений, если при измерении тока 50 мкА относительная погрешность 2%.

Порядок формирования отчета

Отчет выполняется на листах формата А4, печатным способом, с основной надписью формы 2а [3]. Отчет к каждому из практических занятий начинается с нового листа и должен включать в себя:

1. Номер, тему и цель работы.
2. Исходные данные для каждой задачи, с указанием искомых величин, перевод единиц в систему СИ (если это необходимо).
3. Расчетные схемы, вычерченные в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Расчет и пояснения для каждой задачи с указанием ответа.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое измерение?
2. Какие составляющие входят в суммарную погрешность результата измерения?
3. Какие классификационные признаки погрешности результата измерения Вы знаете?
4. Дайте определения абсолютной и относительной погрешностям.
5. Дайте определения аддитивной, мультипликативной и погрешности линейности.
6. Поясните понятия систематической и случайной погрешностей.
7. В чем отличие погрешностей средств измерения и результата измерения?
8. Что такое влияющая величина?
9. В чем заключается методическая погрешность? Приведите пример.
10. Поясните понятия статическая и динамическая погрешности.
11. Поясните явление возникновения погрешности взаимодействия.
12. Чем обусловлено наличие субъективной погрешности при измерениях?

Литература: [2, 4, 5].

1.2 Практическое занятие № 2

Тема. Измерение электрических величин (4 часа)

Введение

Цель работы: занятия направлены на формирование компетенций

ПК-1.1 «Обеспечивать оптимальный режим работы электрооборудования и средств автоматики с учетом их функционального назначения, технических характеристик и правил эксплуатации» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов,

стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.2 «Измерять и настраивать электрические цепи и электронные узлы» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.3 «Выполнять работы по регламентному обслуживанию электрооборудования и средств автоматики» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.4 «Выполнять диагностирование, техническое обслуживание и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.5 «Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

Результаты обучения по дисциплине должны обеспечить достижение обучающимися требуемой в соответствии с Таблицей А-III/7 Кодекса ПДНВ компетентности в сфере: Использование ручного инструмента, электрического и электронного измерительного оборудования для обнаружения неисправностей, технического обслуживания и ремонта

Задачи работы:

Освоение методик измерения электрических величин.

Методические материалы:

1. Крайнов А.В. ОП.05 «Метрология и стандартизация»: конспект лекций для курсантов специальности 26.05.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики / А.В. Крайнов, – Керчь: Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2019. – 169 с.

2. Бабер А. И. Электрические измерения: учебное пособие / А. И. Бабер, Е. Т. Харевская. — Минск: РИПО, 2019. — 106 с. — ISBN 978-985-503-857-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/132006>.

3. Бузунова М. Ю. Электрические измерения: учебное пособие / М. Ю. Бузунова, В. В. Боннет. — Иркутск: Иркутский ГАУ, 2019. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133360>.

Общие положения

Перед выполнением работы необходимо проработать материал лекций №3 - 5 [2], в котором подробно изложен теоретический материал, включая расчетные формулы.

Практическое занятие заключается в решении 10 практических заданий. Выполнить необходимо все.

Задачи для расчета

Задача №1. Выведите формулы для расчёта сопротивлений резисторов R_1 , R_2 и R_3 многопредельного шунта для расширения пределов измерения магнитоэлектрического микроамперметра (см. схему на рис. 1.2) с током полного отклонения I_A и внутренним сопротивлением R_A . Новые пределы измерения токов: I_1 , I_2 и I_3 ($I_1 < I_2 < I_3$). Рассчитайте значения сопротивлений шунтирующих резисторов R_1 , R_2 и R_3 . Исходные данные для расчёта приведены в табл. 1.2. Сопротивление R_A примите равным $200N$ Ом. Где N – номер варианта по списку. Определите цену деления C и чувствительность S прибора на каждом пределе измерения.

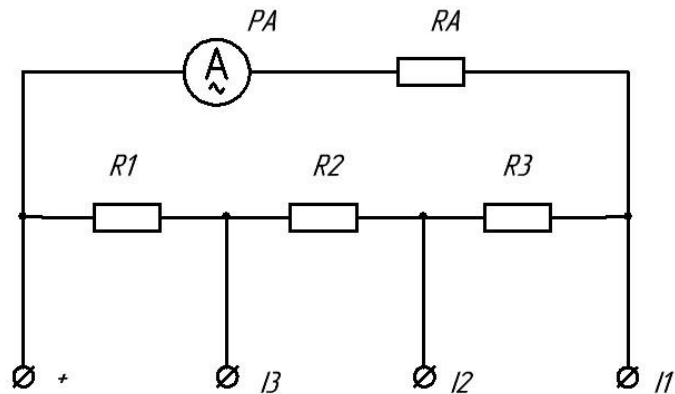


Рисунок 1.2 – Схема многопредельного амперметра

Таблица 1.2 – Исходные данные к задаче №1

Параметр	Номер варианта (по списку)			
	1–5	6–10	11–15	16–20
I_A , мкА	1	10	25	50
I_1 , мкА	10	50	100	200
I_2 , мА	1	5	10	20
I_3 , А	0,5	1	2,5	5
Число делений шкалы	10	50	100	200

Примечание. Формулы для расчёта имеют вид:

$$R_1 = R_A(k_2 - k_1) / k_2(k_1 - 1); \quad (1.1)$$

$$R_2 = R_A k_1(k_3 - k_2) / k_2 k_3(k_1 - 1); \quad (1.2)$$

$$R_3 = R_A k_1 / k_3(k_1 - 1), \quad (1.3)$$

где k_1 , k_2 и k_3 – коэффициенты шунтирования, соответственно равные I_1/I_A , I_2/I_A и I_3/I_A .

Задача №2. Определите сопротивления шунтирующего и добавочного резисторов, которые необходимо подключить к магнитоэлектрическому миллиамперметру с током полного отклонения I_0 , внутренним сопротивлением R_0 и числом делений шкалы α , чтобы измерять ток I и напряжение U . Вычислите постоянные амперметра и вольтметра, а также их чувствительности. Данные для расчётов сведены в табл. 1.3

Таблица 1.3 – Исходные данные к задаче 2

N (по списку)	I_0 , мА	R_0 , кОм	I , А	U , В	α , дел
1	50	3	2	600	200
2		2,8	2	600	200
3		2,6	1	400	100
4		2,4	1	400	100
5		2,2	0,5	200	50
6	100	2,1	5	500	50
7		2,0	4	500	50
8		1,9	2	400	100
9		1,8	2	400	100
10		1,7	1	400	100
11	150	1,6	6	600	150
12		1,4	6	600	150
13		1,2	3	600	150
14		1,0	3	400	100
15		0,8	1,5	400	100
16	200	0,7	5	500	100
17		0,6	4	500	100
18		0,5	2	500	100
19		0,4	1	200	50
20		0,3	0,5	200	50

Примечание. Чтобы расширить предел измерения миллиамперметра, необходимо к его рамке подключить шунтирующий резистор, сопротивление которого рассчитывается по формуле $R_{ш} = R_0(k-1)^{-1}$, где k – коэффициент шунтирования, показывающий во сколько раз расширяется предел измерения прибора ($k = I/I_0$). Для создания на базе миллиамперметра вольтметра необходимо включить последовательно с рамкой прибора добавочный резистор с сопротивлением $R_{д} = R_0(m-1)$, где $m = U/(I_0 R_0)$.

Задача №3. Определите значения сопротивлений добавочных резисторов R_1, \dots, R_4 в цепи многопредельного магнитоэлектрического вольтметра (см. рис. 1.3), который предназначен для измерения напряжения в четырех диапазонах с верхними пределами $U_1=30$ В, $U_2=50$ В, $U_3=100$ В и $U_4=200$ В, если ток полного отклонения рамки измерительного механизма вольтметра равен $(10+N)$ мА., а сопротивление рамки $(400+10N)$ Ом (N – номер варианта по списку). Чему равна мощность P_i , потребляемая вольтметром на указанных пределах?

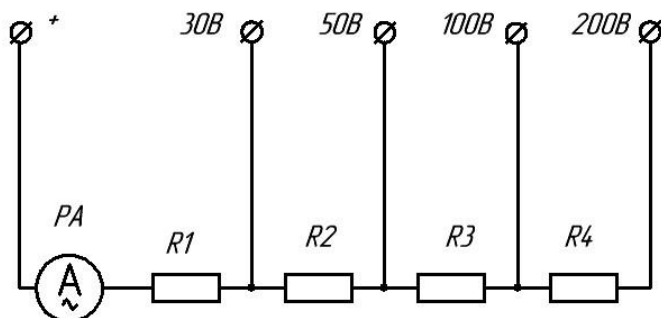


Рисунок 1.3 - Схема многопредельного вольтметра

Задача №4. Электромагнитные вольтметр V и амперметры A_1 и A_2 , включённые в схему (см. рис. 1.4), дали соответственно показания: $U=(50+N)$ В, $I_1=(2+0,1N)$ А и $I_2=(1+0,1N)$ А (N – номер варианта по списку) при частоте питающего напряжения f , равной 0,5 (варианты 1–15) и 0,7 (варианты 16–30) кГц. При какой частоте f^* показания амперметров будут одинаковы? Что покажет амплитудный вольтметр, включённый вместо электромагнитного вольтметра и каковы будут показания магнитоэлектрического амперметра, включённого вместо электромагнитного амперметра A_1 ?

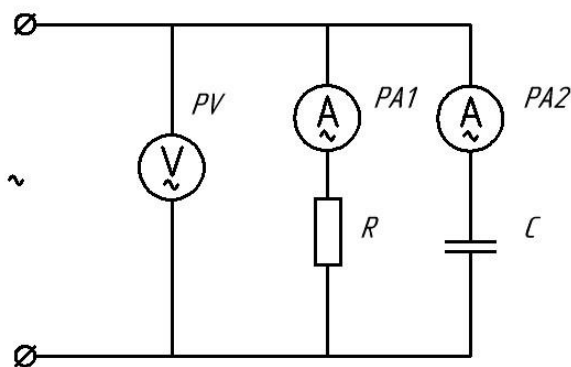


Рисунок 1.4 – Схема включения приборов

Задача №5. Определите показания амперметров электромагнитной системы, измеряющих токи, формы которых приведены на рис. 1.5, а амплитудные значения этих токов одинаковы и равны $I_m=(2+0,2N)$ А (N – номер варианта по списку). Что покажут в этом случае амперметры магнитоэлектрической и электродинамической систем? Свой ответ обоснуйте.

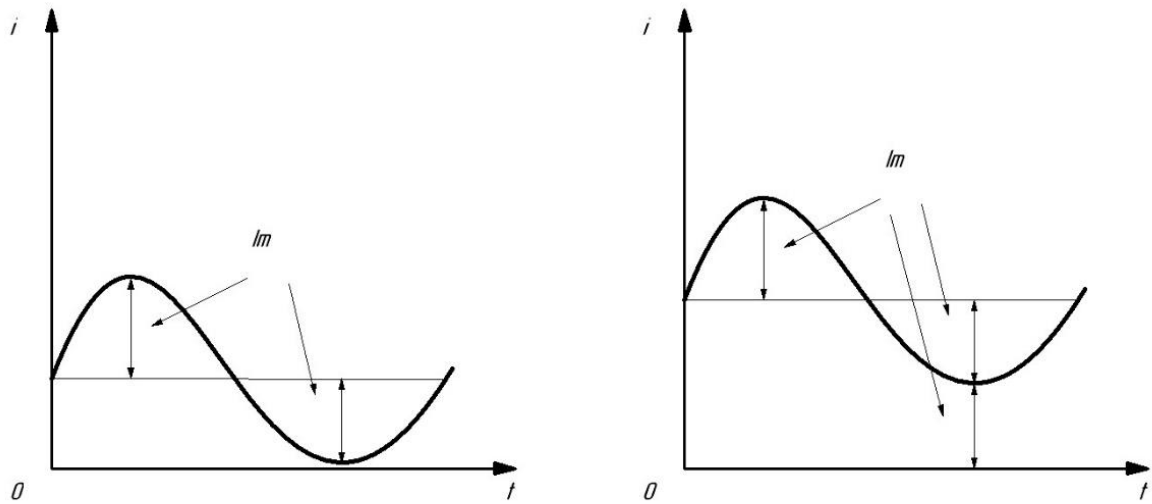


Рисунок 1.5 – Формы тока, протекающего через прибор

Задача №6. Ток в цепи имеет форму отдельных периодически повторяющихся импульсов (см. рис. 1.6), продолжительность каждого из которых составляет 0,1 мс, а период их повторения $T=20$ мс. Определите показания магнитоэлектрического и электродинамического амперметров, включённых в эту цепь, если амплитуда импульса тока $I_m=(50+2N)$ А (N – номер варианта по списку).

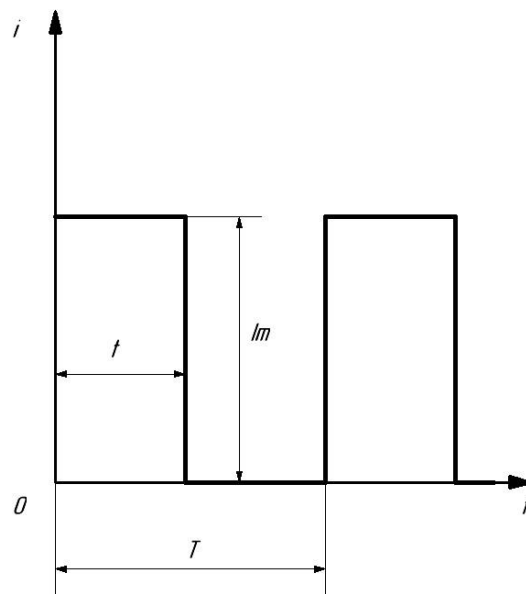


Рисунок 1.6 – Форма тока в цепи

Задача №7. Питание схемы, показанной на рис. 1.7, осуществляется синусоидальным напряжением промышленной частоты. Определите показания амперметров A_2 и A_3 , если показания амперметров A_1 , A_4 и A_5 соответственно равны $(6+0,1N)$, $(5+0,1N)$ и $(2+0,2N)$ А (N – номер варианта по списку). Приборы каких систем можно использовать в данном случае?

По каталогам проведите выбор приборов, укажите их типы, классы точности и диапазоны измерения.

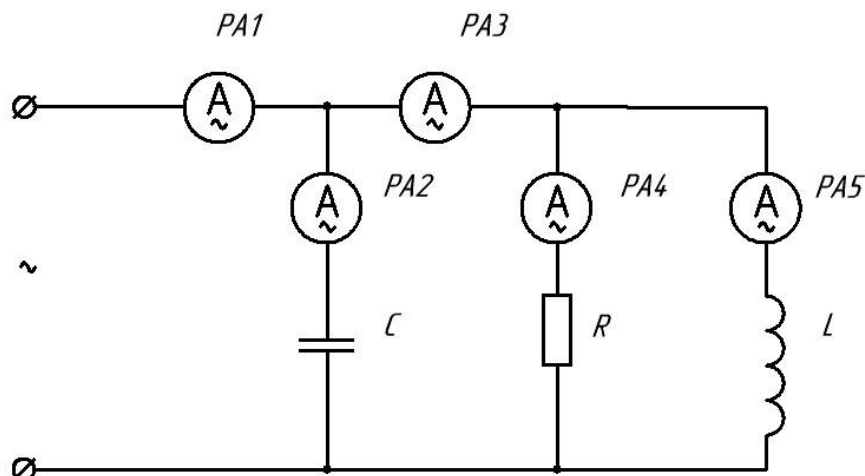


Рисунок 1.7 – Схема включения амперметров

Задача №8. Для определения параметров катушки (R и L) собрана схема, показанная на рис. 1.8. Проведены измерения напряжения U на катушке и силы тока I , протекающего по её обмотке:

а) при частоте $f_1=0$, $U_1=(60+N)$ В, $I_1=(0,5+0,1N)$ А;

б) при частоте $f_2= 500$ Гц, $U_2=(60+N)$ В, $I_2=(0,1+0,01N)$ А (N – номер варианта по списку).

По результатам выполненных измерений найдите активное сопротивление R и индуктивность катушки L ; определите показания амперметра, если частота $f=1$ кГц, а напряжение $U=100$ В; подберите по справочникам или каталогам [6, 7] приборы с нужными диапазонами измерений.

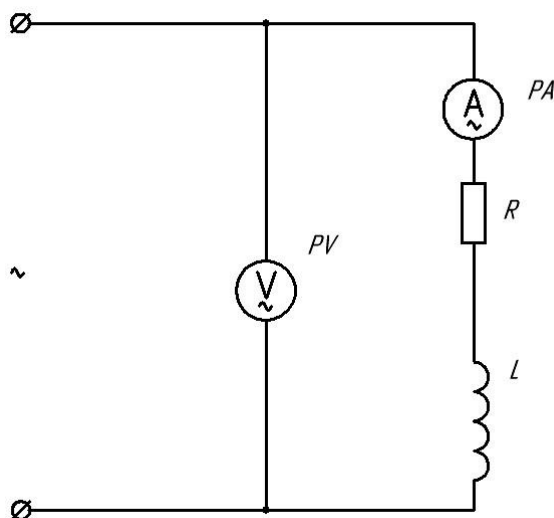


Рисунок 1.8 – Схема для определения параметров катушки

Примечание. При решении задач 4 - 8 примите допущение, что включение электроизмерительных приборов в цепь не изменяет её режима, т.е. сопротивления амперметров считайте равными нулю, а вольтметров – бесконечно большими. Следует учитывать также, что амперметры и вольтметры зависимости от их системы показывают разные значения измеряемых величин:

– показания приборов магнитоэлектрической системы соответствуют среднему за период значению измеряемой величины, т.е. с их помощью измеряются постоянные составляющие тока или напряжения;

– показания приборов тепловой, электромагнитной и электродинамической систем соответствуют действующему значению измеряемой величины.

При решении задачи 4 необходимо, прежде всего, выразить активное и ёмкостное сопротивление через известные величины U , I_1 , I_2 и f , а затем, приравняв R и X_C (т.е. выполнив условие $I_1=I_2$) при частоте f^* , найти соотношение между частотами f и f^* , которое имеет вид $f^* = fI_1/I_2$.

Для решения задачи 5 следует вычислить действующие значения измеряемых токов по формуле:

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_2^2} \quad (1.4)$$

где I_0^2 – постоянная составляющая тока, а I_2^2 – действующее значение переменной составляющей тока, определяемое по соотношению $I_m/\sqrt{2}$ А. Показания амперметров будут соответственно равны $I_m \cdot \sqrt{1,5}$ и $3I_m/\sqrt{2}$ А.

Показания магнитоэлектрического и электродинамического амперметров по задаче 6 соответственно равны $(0,25+0,01N)$ и $(5+0,2N) / \sqrt{2}$ А.

Решение задачи 7 начните с построения векторной диаграммы токов в ветвях схемы.

При решении задачи 8 следует учесть, что сопротивление катушки $R=U_1/I_1$, а её индуктивность

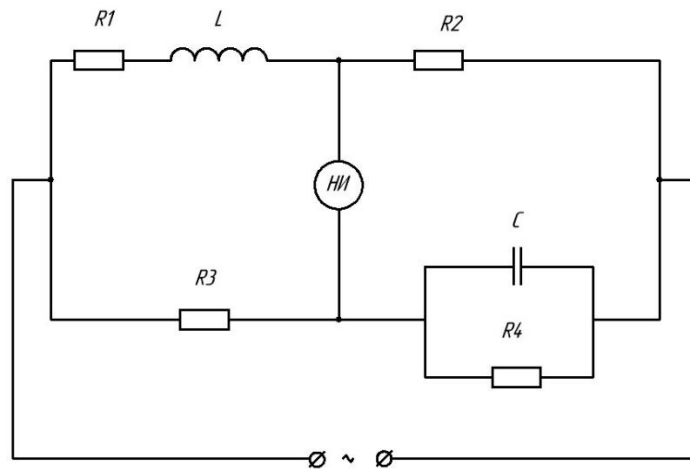
$$L = \sqrt{Z^2 - R^2}/2\pi f_2, \quad (1.5)$$

где $Z=U_2/I_2$.

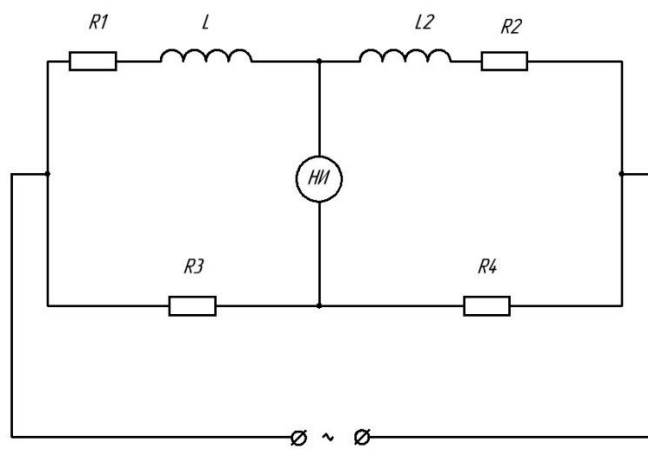
Показания амперметра при значениях f и U , указанных в условии задачи, вычисляются по формуле:

$$I = U/\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}. \quad (1.6)$$

Задача №9. Мостовые схемы, показанные на рис. 1.9 (а, б) и предназначенные для измерения индуктивностей катушек L (их активные сопротивления R_1), уравновешены. Запишите условия равновесия и определите индуктивности катушек L и сопротивления резисторов R_1 для исходных данных, приведенных в табл. 1.4.



а)



б)

Рисунок 1.9 – Мостовые схемы для измерения индуктивностей и активных сопротивлений катушек

Таблица 1.4 – Исходные данные к задаче №9

Схема рис. 2.8	Параметр				
	R ₂	R ₃	R ₄	C ₄	L ₂
	Ом			мкФ	мГн
а)	100	10(20 + N)	10(50 – N)	0,5	–
б)	12	10 – 0,2N	20 – 0,5N	–	100

где (N – номер варианта по списку)

Примечание. Для выполнения задания необходимо составить уравнения равновесия моста переменного тока и решить их относительно искомых параметров.

Задача №10. Мостовые схемы, показанные на рис. 1.10 (а, б) и предназначенные для измерения ёмкостей C_1 конденсаторов с потерями (потери учитываются сопротивлениями R_1), уравновешены. Запишите условия равновесия и определите параметры R_1 , C_1 и $\operatorname{tg} \delta_1$, где δ_1 – угол диэлектрических потерь конденсаторов C_1 . Данные, необходимые для расчёта, сведены в табл. 1.5.

Расчёты выполните при условии, что: конденсаторы C_2 , C_3 и C_4 не имеют потерь; мостовая схема рис. 1.10 (а) питается переменным напряжением с частотой 100 Гц (для чётных вариантов) и 50 Гц (для нечётных вариантов); мостовая схема, показанная на рис. 1.10 (б), питается переменным напряжением с частотой 0,5 кГц.

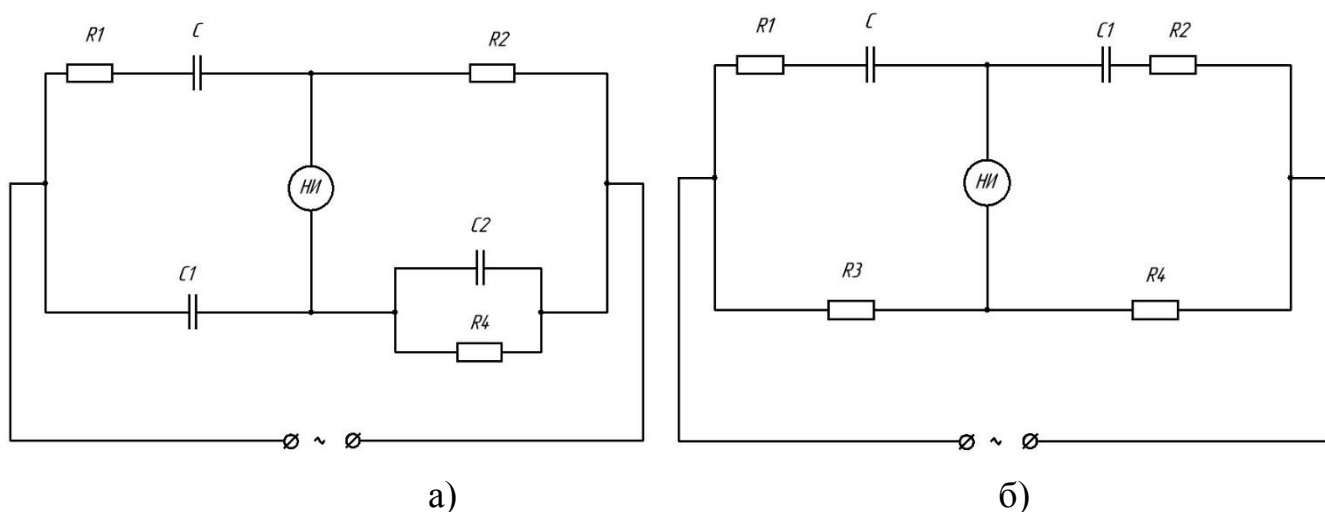


Рисунок 1.10 – Мостовые схемы для измерения ёмкостей конденсаторов с потерями

Таблица 1.5 – Исходные данные к задаче №10

Схема рис. 2.9	Параметр					
	R_2	R_3	R_4	C_2	C_3	C_4
	Ом			мкФ		
а)	$50 + N$	–	$10(80 + N)$	–	0,1	$0,01(5 + N)$
б)	$100 + N$	100	$200 + 5N$	0,05	–	–

Примечание. Как и при решении предыдущей задачи, из уравнений равновесия мостовой схемы следует выразить неизвестные параметры и рассчитать их числовые значения.

Порядок формирования отчета

Отчет выполняется на листах формата А4, печатным способом, с основной надписью формы 2а [3]. Отчет к каждому из практических занятий начинается с нового листа и должен включать в себя:

1. Номер, тему и цель работы.
2. Исходные данные для каждой задачи, с указанием искомых величин, перевод единиц в систему СИ (если это необходимо).

3. Расчетные схемы, вычерченные в соответствии с требованиями ЕСКД.
4. Расчет и пояснения для каждой задачи с указанием ответа.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем отличие между параметрическим и функциональным представлением периодических сигналов?
2. Охарактеризуйте временные параметры периодических сигналов.
3. Охарактеризуйте параметры уровня периодических сигналов.
4. Для чего введены понятия коэффициентов амплитуды и формы?
5. Для чего введено понятие коэффициента мощности?
6. Какие возможны варианты функционального представления периодического сигнала?
7. Из-за чего в электрической цепи возникает несинусоидальность?
8. Как представить несинусоидальность параметрически?
9. Как представить несинусоидальность функционально?
10. Что такое измерительный прибор?
11. В чем отличие между электронными и электромеханическими измерительными приборами?
12. На какие виды подразделяются электромеханические измерительные приборы?

Литература: [2, 4, 5].

1.3 Практическое занятие № 3

Тема. Измерение неэлектрических величин (2 часа)

Введение

Цель работы: занятия направлены на формирование компетенций

ПК-1.1 «Обеспечивать оптимальный режим работы электрооборудования и средств автоматики с учетом их функционального назначения, технических характеристик и правил эксплуатации» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.2 «Измерять и настраивать электрические цепи и электронные узлы» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.3 «Выполнять работы по регламентному обслуживанию электрооборудования и средств автоматики» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.4 «Выполнять диагностирование, техническое обслуживание и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техническими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (З-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (З-5).

ПК-1.5 «Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды» в части знания основных понятий и определений метрологии, стандартизации (З-1), знания принципов государственного метрологического контроля и надзора (З-2), знания принципов построения международных и отечественных технических регламентов, стандартов, область ответственности различных организаций, имеющих отношение к метрологии, и стандартизации (З-3), правила пользования техниче-

скими регламентами, стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией в области водного транспорта, требования международной системы стандартизации (ИСО), Международной морской организации (ИМО), Международного союза электросвязи (МСЭ), и других организаций, задающих стандарты (3-4), основные цели, задачи, порядок проведения освидетельствования и сертификации системы безопасности компаний судов (3-5).

Результаты обучения по дисциплине должны обеспечить достижение обучающимися требуемой в соответствии с Таблицей А-III/7 Кодекса ПДНВ компетентности в сфере: Использование ручного инструмента, электрического и электронного измерительного оборудования для обнаружения неисправностей, технического обслуживания и ремонта

Задачи работы:

Освоение методик измерения неэлектрических величин.

Методические материалы:

1. Крайнов А.В. ОП.05 «Метрология и стандартизация»: конспект лекций для курсантов специальности 26.05.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики / А.В. Крайнов, – Керчь: Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2019. – 169 с.

2. Бабер А. И. Электрические измерения: учебное пособие / А. И. Бабер, Е. Т. Харевская. — Минск: РИПО, 2019. — 106 с. — ISBN 978-985-503-857-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/132006>.

3. Бузунова М. Ю. Электрические измерения: учебное пособие / М. Ю. Бузунова, В. В. Боннет. — Иркутск: Иркутский ГАУ, 2019. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133360>.

Общие положения

Перед выполнением работы необходимо проработать материал лекции №13 [2], в котором подробно изложен теоретический материал, включая расчетные формулы.

Практическое занятие заключается в решении 4 практических заданий. Выполнить необходимо все.

Задачи для расчета

Задача №1. Давление газа в трубопроводе Р (нечётные варианты) измеряется деформационным (пружинным) манометром, а токовая нагрузка двигателя I (чётные варианты) – амперметром. Контролируемые неэлектрический и электрический параметры изменяются в пределах от P_H (I_H) до P_K (I_K). Шкалы приборов проградуированы в диапазоне $0 \dots P_K$ (I_K). Какой класс точности должен быть у манометра (амперметра), чтобы относительная погрешность измерения соответствующей физической величины не превысила значения $\delta = \pm(1,5 + 0,05N)\%$ (N – номер варианта по списку)?

Известно, что манометры указанного типа имеют классы точности: 0,15; 0,25; 0,4; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6,3 и 10, а амперметры 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4. Данные для расчёта сведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Исходные данные к задаче №1

Варианты			
нечётные		чётные	
P_H , МПа	P_K , МПа	I_H , А	I_K , А
$1,5+0,07N$	$3+0,1N$	$50+N$	$100+N$

где (N – номер варианта по списку)

Примечание. Рассмотрим пример решения задачи применительно к манометру. Наибольшая погрешность измерения δ_H будет при нижнем пределе измерения, т.е. при P_H . А так как

$$\delta_H = 100 \Delta_{\text{МАКС}} / P_H, \% \quad (1.7)$$

то максимальная допускаемая абсолютная погрешность

$$\Delta_{\text{МАКС}} = \delta_H P_H / 100, \text{ МПа.} \quad (1.8)$$

Следовательно, класс точности манометра надо выбрать таким, чтобы максимальная приведённая погрешность $(\delta_{\text{ПР}})_{\text{МАКС}}$ не превысила значения $\delta_H P_H / P_K$. Например, если $N=31$, то: $\delta_H = \pm 3,05 \%$, P_H и P_K соответственно равны 3,67 и 6,1 МПа, а $(\delta_{\text{ПР}})_{\text{МАКС}} = 1,83 \%$. Поэтому, необходимо выбрать манометр класса точности не хуже, чем 1,6. В данном случае погрешность измерения им давления газа в трубопроводе не превысит допускаемого значения 3,05 %.

Задача №2. Мост постоянного тока уравновешен. Его плечи R_1 и R_4 , а также R_2 и R_3 являются противолежащими, причём сопротивление второго плеча $R_2 = 2(20+N)$ Ом (N – номер варианта по списку), а $R_3 = R_4$. Определите измеряемое сопротивление медного термопреобразователя R_1 , включённого в первое плечо моста, и температуру контролируемого объекта, если номинальная статическая характеристика преобразователя 50М. Определите чувствительность термопреобразователя.

Примечание. Для решения задачи запишите условие равновесия мостовой схемы и выразите из него искомое сопротивление R_1 . Зная последнее, из функции преобразования медного термопреобразователя сопротивления (значение температурного коэффициента сопротивления меди α примите равным $4,28 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$) найдите температуру (в $^\circ\text{C}$) контролируемого объекта, в котором находится термочувствительный элемент преобразователя. Расчётная формула имеет вид:

$$\theta = (-5+N) / 0,107. \quad (1.9)$$

Эту формулу необходимо самостоятельно вывести.

Задача №3. Медный (варианты 1–10) или платиновый (варианты 11–20) термопреобразователь сопротивления при температуре θ_1 имеет сопротивление R_1 . Какое сопротивление будет у преобразователя при температурах θ_2 , θ_3 и θ_4 , если температурные коэффициенты сопротивления меди и платины равны соответственно $4,26 \cdot 10^{-3}$ и $3,85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$? Какое условное обозначение имеет номинальная статическая характеристика рассматриваемого типа термопреобразователя? Определите среднее значение коэффициента преобразования термопреобразователя сопротивления в диапазоне температур $\theta_1 \dots \theta_4$. Данные для расчёта приведены в табл. 1.7.

Примечание. Сопротивление медного ТПС является функцией температуры θ :

$$R_\theta = R_0(1 + \alpha\theta), \quad (1.10)$$

где R_0 – номинальное (при 0°C) сопротивление термопреобразователя сопротивления; α – температурный коэффициент сопротивления медного провода.

Зная R_1 при температуре θ_1 , находим R_0 , а затем по той же формуле рассчитываем сопротивление R_2 , R_3 и R_4 при соответствующих температурах θ_2 , θ_3 и θ_4 . Для платинового ТПС в рассматриваемом температурном диапазоне зависимость $R=f(\theta)$ имеет вид:

$$R_\theta = R_0(1 + A\theta + B\theta^2), \quad (1.11)$$

где $A = 3,90802 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $B = -5,802 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$.

Значения сопротивлений округлите до сотых долей ома. Обозначение номинальной статической характеристики для термопреобразователя устанавливается по его номинальному сопротивлению. В данной задаче используются ТПС со следующими статическими характеристиками: 1П, 10П, 50П, 100П, 10М, 50М и 100М.

Чувствительность (коэффициент преобразования) термопреобразователя сопротивления в диапазоне $\theta_2 \dots \theta_4$ рассчитывается по формуле:

$$S = (R_4 - R_2) / (\theta_4 - \theta_2). \quad (1.12)$$

Таблица 1.7 – Исходные данные к задаче №3

N	$\theta_1, ^\circ\text{C}$	$R_1, \text{Ом}$	$\theta_2, ^\circ\text{C}$	$\theta_3, ^\circ\text{C}$	$\theta_4, ^\circ\text{C}$	N	$\theta_1, ^\circ\text{C}$	$R_1, \text{Ом}$	$\theta_2, ^\circ\text{C}$	$\theta_3, ^\circ\text{C}$	$\theta_4, ^\circ\text{C}$
1	34	11,448	45	87	125	11	57	12,209	30	100	200
2	61	12,599	75	98	155	12	113	71,710	200	300	400
3	124	76,410	136	156	170	13	145	15,881	180	400	550
4	133	15,666	145	165	175	14	179	16,809	100	250	600
5	147	81,310	100	120	180	15	271	201,65	150	200	500
6	150	163,90	59	131	179	16	335	224,41	50	100	150
7	162	169,01	30	70	90	17	467	269,85	500	550	600
8	168	171,57	85	112	157	18	510	2,8422	130	257	430
9	176	174,98	90	130	150	19	675	1686,8	75	351	420
10	180	176,68	50	100	160	20	743	1791,7	176	320	565

Задача №4. Рассчитайте и постройте (не менее чем по 5 точкам) зависимости тока I и чувствительности S плоскостного ёмкостного преобразователя перемещения от величины воздушного зазора δ в диапазоне $0,2 \dots 2$ мм. Оцените влияние на ток I преобразователя частоты питающего напряжения f (для чётных вариантов $U=220$ В, а для нечётных $U=127$ В). Площадь пластин ёмкостного преобразователя равна F , а диэлектрическая постоянная воздуха $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Схема включения преобразователя показана на рис. 1.11, где 1 – неподвижная пластина преобразователя; 2 – подвижная пластина, перемещение которой X изменяет величину зазора δ . Данные для расчёта приведены в табл. 1.8.

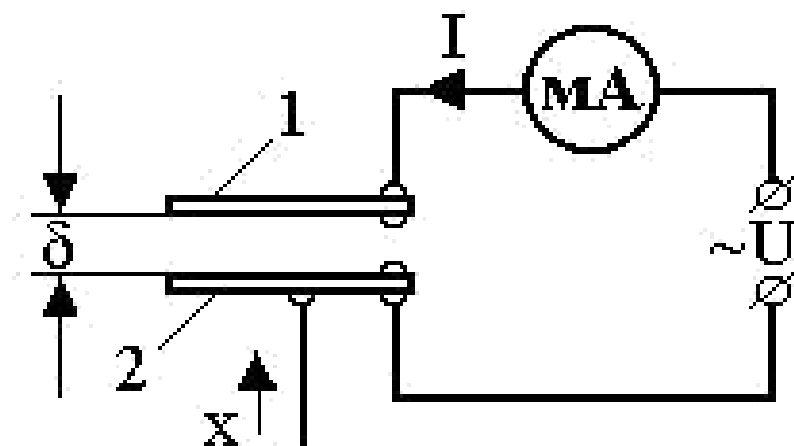


Рисунок 1.11 – Схема ёмкостного преобразователя перемещения

Таблица 1.8 – Исходные данные к задаче №4

N	F, см ²	f, кГц	N	F, см ²	f, кГц	N	F, см ²	f, кГц	N	F, см ²	f, кГц
1	250	50	6	200	150	11	150	250	16	100	350
2	240		7	190		12	140		17	90	
3	230	100	8	180	200	13	130	300	18	80	400
4	220		9	170		14	120		19	70	
5	210		10	160		15	110		20	60	

Примечание. Ток, протекающий через преобразователь $I=2\pi fUC$. Так как ёмкость плоского конденсатора

$$C=\epsilon_0 F \delta^{-1}, \quad (1.13)$$

то

$$I=2\pi f U \epsilon_0 F \delta^{-1}, \quad (1.14)$$

а чувствительность преобразователя

$$S=-\epsilon_0 F \delta^{-2}. \quad (1.15)$$

Задаваясь несколькими значениями δ в диапазоне 0,2...2 мм, находим соответствующие значения I и S и строим графики функций $I=f(\delta)$ и $S=f(\delta)$.

В табл. 1.9 для каждого варианта задачи приведены значения I и S , но только при одном зазоре, равном 1 мм.

Таблица 1.9 – Значения I и S при зазоре, равном 1 мм

N	I, мА	-S, пФ/мм	N	I, мА	-S, пФ/мм
1	8,83	221	11	26,5	133
2	14,7	212	12	42,8	124
3	16,2	204	13	27,5	115
4	26,9	195	14	44,0	106
5	14,8	186	15	23,3	97,4
6	36,7	177	16	42,8	88,5
7	20,1	168	17	22,2	79,7
8	44,0	159	18	39,1	70,8
9	24,0	150	19	19,8	62,0
10	39,1	142	20	29,4	53,1

Порядок формирования отчета

1. Отчет выполняется на листах формата А4, печатным способом, с основной надписью формы 2а [3]. Отчет к каждому из практических занятий начинается с нового листа и должен включать в себя:
2. Номер, тему и цель работы.
3. Исходные данные для каждой задачи, с указанием искомых величин, перевод единиц в систему СИ (если это необходимо).
4. Расчетные схемы, вычерченные в соответствии с требованиями ЕСКД.
5. Расчет и пояснения для каждой задачи с указанием ответа.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Все три выполненные, оформленные и защищенные отчета (включая отчет по лабораторной работе) собирают в папку-скоросшиватель, формируют лист содержания с основной надписью формы 2 [3], делают титульный лист (Приложение А). В таком виде альбом лабораторных и практических работ сдается преподавателю не позднее чем за 1 неделю до дифференцированного зачета.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие различают виды измерений температуры?
2. Какие датчики используют при контактном измерении температуры?
3. Приведите сравнительную характеристику металлических термометров сопротивления и термопар.
4. Приведите сравнительную характеристику термисторов и полупроводниковых интегральных датчиков.
5. Приведите сравнительную характеристику медных и платиновых термометров сопротивления.
6. Поясните возможные варианты электрического соединения термометров сопротивления.
7. Какие существуют виды термопар?
8. Какие существуют бесконтактные методы и средства измерения температуры?
9. Какие различают средства измерения давления?
10. Как осуществить измерение скорости движения потока и его расхода?

Литература: [2, 4, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение о порядке оформления студенческих работ ФГБОУ ВО «КГМТУ» в последней редакции.
2. Крайнов А.В. ОП.05 «Метрология и стандартизация»: конспект лекций для курсантов специальности 26.05.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики / А.В. Крайнов, – Керчь: Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2019. – 169 с.
3. ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи (с Поправками).
4. Бабер А. И. Электрические измерения: учебное пособие / А. И. Бабер, Е. Т. Харевская. — Минск: РИПО, 2019. — 106 с. — ISBN 978-985-503-857-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/132006>.
5. Бузунова М. Ю. Электрические измерения: учебное пособие / М. Ю. Бузунова, В. В. Боннет. — Иркутск: Иркутский ГАУ, 2019. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133360>.
6. Электронный ресурс «Главный форум метрологов». Форма доступа: metrologu.ru.
7. Электронный ресурс «Инженерный справочник». Форма доступа: <https://dpva.ru>.

Приложение А

Форма титульного листа альбома лабораторных и практических работ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬ-
НОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
СУДОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ**

Цикловая комиссия эксплуатации судового электрооборудования и энергетических установок

«Допущено к защите»

«Защищено с оценкой _____

(должность, Ф.И.О. руководителя)

(должность, Ф.И.О. руководителя)

(подпись)

(подпись)

« » _____ 20__г

« » _____ 20__г

Альбом лабораторных и практических работ

по учебной дисциплине ОП.05 «Метрология и стандартизация»

Специальность 26.02.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств ав-
томатики

Курсант группы СЭМ – 3__

И.О. Фамилия

« » _____ 20__г.

Керчь, 20__г.

Александр Викторович Крайнов

ОП.05 «МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ»

Практикум

для курсантов специальности

26.02.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики

профиля технического

очной и заочной форм обучения

Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
298309 г. Керчь, Орджоникидзе, 123

