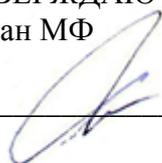


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-  
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Мореходный факультет

Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан МФ

 /С.Ю. Труднев/

«23» октября 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Судовые информационно-измерительные  
системы»**

по направлению подготовки  
13.03.02 «Энергетика и электротехника»  
(уровень бакалавриат)

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»  
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский  
2024

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (уровень бакалавриат), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 02.10.2024 г., протокол № 2

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры «ЭУЭС»



Толстова Л.А.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭУЭС»

«17» октября 2023г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «ЭУЭС»

к.т.н., доцент

«23» октября 2024 г.



Белов О.А.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** преподавания дисциплины «Судовые информационно-измерительные системы» является освоение и изучение курсантами вопросов, связанных с информационными и измерительными системами судов, включая современные цифровые технологии.

**Задачи** изучения дисциплины заключаются в приобретении курсантами и студентами теоретических и практических знаний, необходимых для грамотной эксплуатации информационно-измерительных систем судна, комплексное формирование общекультурных и профессиональных компетенций обучающихся.

Предметом данного курса является всестороннее изучение судовых информационно-измерительных систем: систем электроизмерительных приборов как аналогового, так и цифрового типа; информационно-измерительной системы судовой электростанции; переносных средств измерения и диагностики; автоматизированных систем централизованного контроля параметров судового электрооборудования.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (квалификация (степень) «бакалавриат»), выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

ПК-1 Способен работать с компьютерной информационной системой судна

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица - Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения
ПК-1	Способен производить оценку технического состояния электрооборудования	ИД-1 ПК1 Знает нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные режимы работы отдельных воздушных и кабельных линий электропередачи, допустимые перегрузки по току и температурам воздушных и кабельных линий электропередачи; Марки, конструктивное исполнение кабелей; основы трудового законодательства Российской Федерации в объеме, необходимом для выполнения трудовых обязанностей; передовой производственный опыт организации эксплуатации и ремонта линий электропередачи; порядок сдачи в ремонт и приемки из ремонта кабельных линий электропередачи; правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования; правила технической эксплуатации электроустановок потребителей; техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей; технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования и 15 сооружений воздушных и кабельных линий

		<p>ИД-2 пк<sub>1</sub> Умеет вести техническую и отчетную документацию; выявлять дефекты на кабельных линиях электропередачи; применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи; применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий; работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами.</p> <p>ИД-3 пк<sub>1</sub> Владеет навыками подготовки, согласования и передачи исполнителям ремонта утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ, карт организации труда и технологической ремонтной документации, необходимой для производства работ на закрепленном оборудовании; подготовки статистической отчетности в соответствии с утвержденным перечнем; проведения тренировок, занятий по отработке действий персонала при чрезвычайных ситуациях, обучению безопасным приемам и методам труда и оказанию первой помощи пострадавшим; сбора и анализа информации об отказах новой техники и электрооборудования</p>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### **3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Судовые информационно-измерительные системы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре основной профессиональной образовательной программы.

*Связь с предшествующими и последующими дисциплинами*

Дисциплины, обеспечивающие успешное изучение дисциплины: теоретические основы электротехники; физика, раздел «Электричество и магнетизм»; метрология, тема «Закономерности формирования результата измерений, понятия погрешности, источники погрешности»; материаловедение, темы «Магнитные материалы», «Материалы с особыми электрическими свойствами».

Дисциплина «СИИС» служит для создания теоретической базы при изучении последующих специальных дисциплин, связанных с автоматизацией технологических процессов, сбором и обработкой информации о работе судовых автоматических систем. Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины СИИС используются при изучении следующих дисциплин: «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы», «Микропроцессорные системы управления», «Системы управления энергетическими и технологическими процессами» (в том числе при прохождении практики, итоговой аттестации).

## **4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Тематический план дисциплины**

## Заочная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1. Классификация информационно измерительной системы.	19					19	Контроль СРС, защита отчетов по практическим работам	
Тема 2. Информационно-измерительная система судовой электростанции	22	3	1	2		19		
Тема 3. Системы внутрисудовой связи и системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации	20	1	1			19		
Тема 4. Системы технического диагностирования	20	1	1			19		
Тема 5. Эксплуатация судовых информационно-измерительных систем	23	3	1	2		20		
<b>Контрольная работа</b>							Защита	
<b>Зачет</b>							Тест	
<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>96</b>		<b>4</b>

### 4.2. Содержание дисциплины по темам

#### Раздел 1. Основные понятия информационно-измерительной системы.

Тема 1. Классификация информационно измерительной системы.

Лекция 1. Понятие информационно-измерительной системы. Рассматриваемые вопросы: Определение информационно-измерительной системы. Структурная схема судовой информационно-измерительной системы.

Лекция 2. Характеристики судовых информационно-измерительных систем. Рассматриваемые вопросы: Системы централизованного контроля. Системы технической диагностики.

*Практическое занятие 1.* Аналоговые электроизмерительные системы, входящие в состав информационно-измерительной системы судовой электростанции. Электрические измерения. Основные понятия. Классификация аналоговых электроизмерительных приборов. Устройство и принцип действия аналоговых электроизмерительных приборов.

*Основные понятия темы:* определение СИИС, классификация СИИС, классификация аналоговых электроизмерительных приборов.

*Вопросы для самоконтроля.*

1. Дайте определение информационно-измерительной системы.
2. Приведите классификацию СИИС.
3. Опишите приборы, входящие в состав информационно-измерительной системы судовой электростанции.

*Литература:* [7, с. 5-10]

#### Раздел 2. Судовые информационно-измерительные системы.

Тема 2. Информационно-измерительная система судовой электростанции.

Лекция 3. Основные понятия, термины и определения теории электрических измерений.

Рассматриваемые вопросы: основные понятия теории электрических измерений.

Лекция 4. Основные характеристики электрических измерительных приборов.

Рассматриваемые вопросы: Характеристики электрических измерительных приборов. Системы аналоговых электроизмерительных приборов с непосредственным отсчетом

*Практическое занятие 2.* Условные обозначения и погрешности аналоговых электроизмерительных приборов. Расшифровка обозначений на шкале аналоговых приборов. Определение цены деления прибора. Точность прибора. Чувствительность прибора.

*Литература:* [7, с. 11-14]

Лекция 5. Информационно-измерительная система судовой электростанции. Рассматриваемые вопросы: Состав информационно-измерительной системы судовой электростанции. Требования Регистра РФ к контрольно измерительным приборам судовой электростанции.

Лекция 6. Главный распределительный щит судовой электростанции. Рассматриваемые вопросы:

Классификация судовых распределительных щитов. Структура и основные части главного распределительного щита судовой электростанции. Требования Регистра РФ к приборам главного распределительного щита судовой электростанции.

*Практическое занятие 3.* Измерения основных электрических величин. Методы и средства. Методы измерения тока. Методы измерения напряжения. Методы измерения мощности и сопротивления.

*Литература:* [7, с. 15-22]

Лекция 7. Измерительные трансформаторы. Рассматриваемые вопросы:

Необходимость измерительных трансформаторов. Измерительные трансформаторы тока. Измерительные трансформаторы напряжения.

*Практическое занятие 4.* Приборы генераторной панели судовой электростанции. Измерение мощности. Приборы для измерения мощности электростанций на постоянном и переменном токах.

Лекция 8. Цифровые электроизмерительные приборы. Рассматриваемые вопросы:

Классификация цифровых электроизмерительных приборов. Аналого-цифровые преобразователи как основная часть цифрового прибора. Упрощенная структурная схема цифрового прибора.

*Практическая работа 5.* Приборы генераторной панели судовой электростанции. Схемы подключения. Частотомеры. Фазометры. Щитовой мегаомметр.

*Литература:* [7, с. 23-29, с. 30-35]

Тема 3. Системы внутрисудовой связи и системы судовой аварийно-предупредительной

сигнализации.

Лекция 9. Системы внутрисудовой связи. Рассматриваемые вопросы:

Общие принципы построения судовой автоматической телефонной станции. Эксплуатация судовой автоматической телефонной станции. Схемные решения.

Лекция 10. Специализированные информационно-измерительные системы. Рассматриваемые вопросы: Классификация судовых специализированных информационно-измерительных систем. Системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации.

*Практическое занятие 6.* Измерение электрических величин с помощью универсального прибора мультиметра. Аналоговые мультиметры. Цифровые мультиметры. Измерение электрических величин с помощью универсального прибора мультиметра.

*Литература:* [7, с. 36-41]

Лекция 11. Специализированные информационно-измерительные системы. Рассматриваемые вопросы: Системы судовой пожарной сигнализации (СПС).

*Практическое занятие 7.* Диагностирование электрических элементов с помощью мультиметра. Диагностика сопротивлений. Диагностика диодов. Диагностика транзисторов.

*Литература:* [7, с. 42-48]

*Основные понятия темы:* состав информационно-измерительной системы судовой электростанции, главный распределительный щит судовой электростанции, измерительные

трансформаторы, приборы генераторной панели судовой электростанции, системы внутри-судовой связи, диагностирование электрических элементов с помощью мультиметра.

*Вопросы для самоконтроля.*

1. Требования Регистра РФ к контрольно измерительным приборам судовой электростанции.
2. Структура и основные части главного распределительного щита судовой электростанции.
3. Методы измерения тока, напряжения, мощности и сопротивления.
4. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
5. Упрощенная структурная схема цифрового прибора.
6. Приборы генераторной панели судовой электростанции: частотомеры, фазометры, щитовой мегаомметр.
7. Общие принципы построения судовой автоматической телефонной станции.
8. Продемонстрировать измерение электрических величин с помощью универсального прибора мультиметра.
9. Системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации.
10. Системы судовой пожарной сигнализации (СПС).
11. Продемонстрировать диагностику сопротивлений, диодов, транзисторов с помощью мультиметра.

### **Раздел 3. Системы технического диагностирования.**

Тема 4. Системы технического диагностирования главного двигателя.

Лекция 12. Системы технического диагностирования. Рассматриваемые вопросы:

Системы технического диагностирования главного двигателя.

Лекция 13. Рассматриваемые вопросы: Системы технического диагностирования судового электрооборудования.

*Практическое занятие 8.* Системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации. Структурная схема судовой пожарной сигнализации. Пожарные извещатели. Подключение датчиков в луче СПС. Способы подключения пожарных извещателей в луче.

*Литература:* [7, с. 49-58]

Лекция 14. Рассматриваемые вопросы: Диагностирование электрических элементов. Диагностика ключей, предохранителей, сопротивлений, потенциометров.

Лекция 15. Рассматриваемые вопросы: Диагностика диодов. Диагностика транзисторов.

*Основные понятия темы:* системы технического диагностирования главного двигателя, системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации, структурная схема судовой пожарной сигнализации. Диагностирование электрических элементов.

*Вопросы для самоконтроля.*

1. Опишите одну из систем технического диагностирования главного двигателя.
2. Опишите одну из систем технического диагностирования судового электрооборудования.
3. Опишите систему судовой аварийно-предупредительной сигнализации.
4. Приведите структурную схему судовой пожарной сигнализации.
5. Опишите методы диагностики электрических элементов.

### **Раздел 4. Техническая эксплуатация.**

Тема 5. Эксплуатация судовых информационно-измерительных систем

Лекция 16. Эксплуатация судовых информационно-измерительных систем. Рассматриваемые вопросы: Система эксплуатации информационно – измерительных систем.

*Литература:* [7, с. 59-64]

*Основные понятия темы:* система эксплуатации СИИС, способы и методы поддержания работоспособного состояния СИИС, алгоритмы диагностики неисправностей.

*Вопросы для самоконтроля.*

1. Опишите систему эксплуатации информационно – измерительных средств.
2. Перечислите способы и методы поддержания работоспособного состояния СИИС.
3. Перечислите причины, приводящие к отказам СИИС.
4. Приведите алгоритмы диагностики неисправностей.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **5.1 Внеаудиторная самостоятельная работа курсантов / студентов**

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине «СИИС» является важной составляющей частью подготовки студентов и выполняется в соответствии с требованиями к освоению основной образовательной программы ФГОС ВО.

Самостоятельная работа предназначена для развития навыков самостоятельного поиска необходимой информации по заданным вопросам или поставленной проблеме (теме).

В целом внеаудиторная самостоятельная работа студента при изучении дисциплины включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка презентаций для иллюстрации материалов на заданную тему;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине (экзамен).

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на проработку рекомендованной литературы с целью освоения теоретического курса, подготовку к практическим занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание дисциплины.

Для проведения практических занятий, для самостоятельной работы используется Толстова Л.А. Судовые информационно-измерительные системы: учебное пособие по дисциплине для студентов очной и заочной форм обучения;

Толстова Л.А. Судовые информационно-измерительные системы: методические указания к практическим работам для студентов очной и заочной форм обучения

Студентам заочной формы обучения необходимо параллельно с изучением теории вы-полнить контрольную работу. Во время экзаменационной сессии защитить контрольную работу и сдать экзамен по дисциплине.

### **Вопросы и темы для самостоятельной работы студентов**

1. Системы централизованного автоматического контроля.
2. Судовые системы технического диагностирования.
3. Системы распознавания образов.
4. Системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации.
5. Системы судовой пожарной сигнализации (СПС).

### **Темы рефератов СРС:**

Методы измерения электрических величин. [1], с.21-86, [2], с.5-58, [4], с. 7-65, [5], с. 12-25.

Цифровые измерительные приборы. ЦАП и АЦП. Устройства индикации цифровых приборов. [1], с. 161-243, [5], с. 28-50.

Автоматизированные системы контроля в автоматике и автоматических процессах управления. [1], с.290-348, [5], с. 90-126.

Специализированные информационно-измерительные системы. [1], с.349-403 [5], с. 113-1

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### *Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации (зачет с оценкой)*

При получении зачёта студенты должны сдать тест по дисциплине. Вопросы теста находятся Толстова Л. А Судовые информационно-измерительные системы: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения (тест-контроль по дисциплине).

Пример тестового задания

1. Мегаомметр используется:
  - а) для измерения высокого сопротивления изолирующих материалов (диэлектриков) проводов и кабелей, разъемов, трансформаторов, обмоток электрических машин;
  - б) измерения высокого напряжения в судовых сетях;
  - в) измерения поверхностных и объемных сопротивлений изоляционных материалов.

## **7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **7.1 Основная литература**

1. Прохоренков А.М., Ремезовский В.М. Судовые информационно-измерительные системы рыбопромыслового флота: Учебное пособие – М: МОРКНИГА, 2013,-436с.

### **7.2 Дополнительная литература**

2. Метрология, стандартизация и электроизмерительная техника. Под ред. Ким К.К. С-Пб: Питер, 2008.

4. Информационно-измерительная техника и технологии / В. И. Калашников, С. В. Нефедов, А. Б. Путилин и др.; под ред. Г. Г. Ранеева. — М.: Высшая школа, 2008. — 454 с. (интернет-ресурс).

### **7.3 Методическое обеспечение:**

5. Толстова Л. А Судовые информационно-измерительные системы : учебное пособие для студентов заочной формы обучения/ Л. А. Толстова. – Петропавловск-Камчатский : Камчат ГТУ, 2014. – 136 с.

6. Толстова Л. А Судовые информационно-измерительные системы: Методические указания к выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения / Л.А. Толстова. – Петропавловск-Камчатский : Камчат ГТУ, 2019. – 25 с

7. Толстова Л.А. Практикум по дисциплине « Судовые информационно-измерительные системы» для студентов очной и заочной форм обучения. /Л.А. Толстова. - Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ, 2016. – с.65

## **8 ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

1.Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям** Лекции являются основным видом учебных занятий в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных взглядов и освещение основных проблем изучаемой области знаний. Значительную часть теоретических знаний студент должен получать самостоятельно из рекомендованных основных и дополнительных информационных источников (учебников, Интернет-ресурсов, электронной образовательной среды университета). В тетради для конспектов лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю. После окончания лекции рекомендуется перечитать записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

**Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.** Для подготовки к практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены на занятии, рекомендуемой основной и дополнительной литературы. Необходимо прочитать соответствующие разделы из основной и дополнительной литературы, рекомендованной преподавателем, выделить основные понятия и процессы, их закономерности и движущие силы и взаимные связи. При подготовке к занятию не нужно заучивать учебный материал. На практических занятиях нужно выяснять у преподавателя ответы на интересующие или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

**Рекомендации по организации самостоятельной работы.** Самостоятельная работа

включает изучение учебной литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям, экзамену, выполнение самостоятельных практических заданий (рефератов, расчетно-графических заданий/работ, оформление отчетов по лабораторным работам и практическим заданиям, решение задач, изучение теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, изучение отдельных функций прикладного программного обеспечения и т.д.).

Необходимым условием успешного освоения дисциплины является прочное знание принципов описания и анализа динамических звеньев, заложенных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Теоретические основы электротехники» и «Теория автоматического управления». Поэтому обучающийся должен при наличии пробелов в предыдущем образовании обратить первоочередное внимание на указанные разделы. Большое значение имеет навык чтения схем электронных устройств, поскольку современные функциональные устройства судовой автоматики выполнены на микроэлектронной элементной базе. Однако понимания принципов работы электронных схем невозможно достичь только изучением теоретического материала. Представления об изучаемых устройствах должны быть закреплены в процессе выполнения лабораторных работ. Настоятельно рекомендуется получить у преподавателя в личное пользование электронную версию методических указаний по выполнению лабораторных работ и перед выполнением каждой работы подготовиться по теоретическим вопросам. При выполнении лабораторных работ следует осознавать, что моделирование функциональных устройств всегда оставляет некоторую свободу в выборе способа реализации функций устройства. Поэтому следует не копировать «слепо» готовые решения, а наоборот, пытаться найти способ построения адекватной модели самостоятельно.

Все рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ содержатся в методических указаниях.

## **10. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)**

Выполнение курсового проекта (работы) не предусмотрено учебным планом.

## **11. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

### ***11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса***

1. электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 7 и 8 данной рабочей программы;
2. использование слайд-презентаций;

### ***11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса***

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. текстовый редактор MicrosoftWord;
2. электронные таблицы MicrosoftExcel;
3. презентационный редактор MicrosoftPowerPoint.

### ***11.3 Перечень информационно-справочных систем***

- Сайт об электромеханике электротехнике электронике [elektromehanika.org](http://elektromehanika.org)

## **12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы учебная аудитория № 3-403 с комплектом учебной мебели на 32 посадочных места;
2. доска аудиторная;
3. комплект учебного пособия в MicrosoftWord по темам дисциплины «СИИС»;
4. мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
5. плакаты;
6. обучающие программные пакеты;
7. практикум в MicrosoftWord по темам дисциплины «СИИС»;
8. компьютеры;
9. плакаты;
10. схемы.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет МОРЕХОДНЫЙ

Кафедра «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан мореходного факультета



С.Ю. Труднев

«23» октября 2024 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Судовые информационно-измерительные системы»**

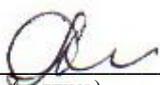
по направлению подготовки  
13.03.02 «Энергетика и электротехника»  
(уровень бакалавриат)

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»  
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский  
2024

Фонд оценочных средств дисциплины составлен на основании ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (уровень бакалавриат), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 23.10.2024 г., протокол № 2.

Составитель фонда оценочных средств  
Доцент кафедры «ЭУЭС»

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

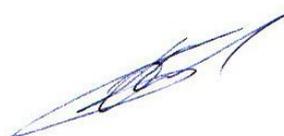
Толстова Л.А.  
(ФИО.)

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«17» октября 2024 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«23» октября 2024 г.



Белов О.А.

**АКТУАЛЬНО НА**

2025 / 2026 учебный год

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Белов О.А.  
(ФИО. зав.кафедрой)

2026 / 2027 учебный год

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО. зав.кафедрой)

2027 / 2028 учебный год

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО. зав.кафедрой)

2028 / 2029 учебный год

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО. зав.кафедрой)

2029 / 2030 учебный год

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО. зав.кафедрой)

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации студентов по дисциплине «**Судовые информационно-измерительные системы**» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

1. паспорт фонда оценочных средств по дисциплине;
2. перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
3. описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания;
4. методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

## **1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Судовые информационно-измерительные системы»**

<b>№</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
1	Классификация информационно измерительной системы.	ПК-1,	Контроль СРС, защита отчетов по практическим работам
2	Информационно-измерительная система судовой электростанции		
3	Системы внутрисудовой связи и системы судовой аварийно-предупредительной сигнализации		
4	Системы технического диагностирования		
5	Эксплуатация судовых информационно-измерительных систем		

## **2 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

<b>№ п/п</b>	<b>Код контролируемой компетенции</b>	<b>Наименование контролируемой компетенции</b>	<b>Наименование дисциплины формирующей компетенцию</b>	<b>Этапы формирования компетенции (курсы изучения)</b>				
				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	ПК-1	Способен производить оценку технического состояния электрооборудования	<b>Введение в специальность</b>	<b>1</b>				
			Физические основы электроники			3		
			Теоретические основы электротехники		2			
			Производственная практика			3		
			Электроизмерительная и контрольная аппаратура			3		

### **3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания**

#### **Критерии выставления оценок за практическую работы**

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент показал глубокие знания и понимание программного материала по теме практической работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент твердо знает программный материал по теме практической работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме практической работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студент допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

#### **Критерии выставления оценок за самостоятельную работу**

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студент провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

#### **Критерии выставления оценок за контрольную работу**

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, работа оформлена технически грамотно.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, работа оформлена в основном технически грамотно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если выясняется, что студент выполнил курсовую работу (контрольную работу или РГР) формально, без понимания принципов

решения поставленных задач, не ориентируется в написанном им тексте, при защите не понимает, как исправить допущенные ошибки.

Курсант не сдавший РГР, контрольные, а также не выполнивший практические работы до зачета не допускается.

### **Критерии оценки знаний, умений и навыков на дифференцированном зачете**

Оценка курсанту/студенту на зачете может быть выставлена по текущим оценкам приобретенных практических навыков в ходе прохождения практики и при наличии конспекта вопросов, отданных на самостоятельное изучение **при условии отсутствия пропусков занятий без уважительной причины**.

При несоблюдении данных условий студент дополнительно проходит собеседование по теоретическим вопросам. В случае несогласия курсанта с выставляемой оценкой по результатам выполнения практических заданий в семестре ему предоставляется шанс повысить данную оценку посредством теоретических вопросов.

По результатам собеседования студенту выставляется оценка:

**«отлично»**, если курсант показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач, безусловно владеет правилами работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

**«хорошо»**, если курсант твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач, владеет приемами работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

**«удовлетворительно»**, если курсант имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности и недостаточно четко выполняет правила работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

**«неудовлетворительно»**, если курсант допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике, неуверенно работает с контрольно-измерительной аппаратурой.

### **Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации**

1. Информационно измерительные системы. Классификация в зависимости от выполняемых функций. Дайте их характеристики.
2. Информационно измерительные системы. Классификация в зависимости от характера взаимодействия системы с объектом исследования. В чем различие систем и где они используются.
3. Информационно измерительные системы. Классификация в зависимости от характера обмена информацией между объектами и активными информационно измерительными средствами. Дайте их характеристики.
4. Системы централизованного автоматического контроля. Задачи систем автоматического контроля.
5. Системы технического диагностирования. Особенности системы технического диагностирования. Как делят системы технического диагностирования по целевому назначению.
6. Аналоговые и дискретные устройства.
7. Системы автоматического контроля и управления, технической диагностики.
8. Коды и системы счисления.
9. Методы преобразования и преобразователи.
10. Класс точности, цена деления, чувствительность приборов. Надежность приборов.
11. Системы электроизмерительных приборов непосредственной оценки.
12. Основные системы электроизмерительных приборов. Приборы магнитоэлектрической системы.
13. Основные системы электроизмерительных приборов. Приборы электромагнитной системы.

14. Основные системы электроизмерительных приборов. Приборы электродинамической системы.
15. Основные системы электроизмерительных приборов. Приборы ферродинамической системы.
16. Основные системы электроизмерительных приборов. Приборы индукционной системы.
17. Логические и интегральные системы.
18. Цифровой измерительный прибор. Упрощенная структурная схема цифрового прибора.
19. Принцип действия цифровых приборов. Дайте определение аналого-цифрового преобразователя.
20. Цифровые индикаторы в цифровых приборах.
21. Внутрисудовая телефонная связь,
22. Переносные электроизмерительные средства электромеханика.
23. Мультиметр. Устройство, принцип действия и методы работы с прибором.
24. Тестирование сопротивлений с помощью мультиметра.
25. Тестирование диодов с помощью мультиметра.
26. Тестирование транзисторов с помощью мультиметра.
27. Устройство и принцип действия мегаомметра.
28. Измерение сопротивления изоляции с помощью мегаомметра.
29. Принципы построения систем централизованного автоматического контроля параметров.
30. Системы технической диагностики судовой электростанции.
31. Судовые станции непосредственного и регистрового управления.
32. Непрерывный контроль сопротивления изоляции.
33. Техническая эксплуатация информационно измерительных систем.

## Опрос

**Опрос** проводит преподаватель по всем темам дисциплины. Знания, умения, навыки студента при проведении опроса оцениваются «зачтено», «не зачтено». Основой для определения оценки служит уровень освоения курсантами и студентами материала, предусмотренного данной рабочей программой.

Оценивание студента во время дискуссии, опроса по дисциплине «Судовые информационно-измерительные приборы»

Оценка	Требования к знаниям
«Зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, который усвоил предусмотренный программный материал; правильно, с применением примеров, показал систематизированные знания по темам дисциплины, способен связать теорию с практикой, тему вопроса с другими темами данного курса, других изучаемых дисциплин.
«Не зачтено»	Оценка «не зачтено» выставляется в следующих случаях: 1. Обучающийся не справился с заданием, не может ответить на вопросы предложенные преподавателем, не обладает целостным представлением об изучаемой теме и ее взаимосвязях. 2. Ответ на вопрос полностью отсутствует. 3. Отказ от ответа.

## Тема 1. Понятие информационно-измерительной системы. Классификация информационных систем.

1. Дайте определение информационно-измерительной системе. Приведите структурную схему классификации информационно-измерительных систем.

2. В каком виде реализуются информационно-измерительные системы в зависимости от выполняемых функций?

3. На какие виды подразделяются информационно-измерительные системы по характеру взаимодействия с объектом исследования? В чем различие систем и где они используются?
4. Какие виды информационно-измерительных систем выделяют в зависимости от характера обмена информацией между объектами и активными информационно-измерительными системами? Охарактеризуйте их.
5. Что характерно для измерительных систем?
6. Для каких целей предназначены системы централизованного автоматического контроля?
7. Что представляет собой система технического диагностирования?
8. Назовите особенности системы технического диагностирования.
9. Как классифицируют системы технического диагностирования по целевому назначению?
10. Что представляет собой система распознавания образов?
11. Что входит в состав обобщенной информационно-измерительной системы?
12. Перечислите основные судовые системы и информационно-измерительные системы.

## **Тема 2. Аналоговые средства измерения**

1. Дайте определение понятию *метрология*.
2. Дайте определение понятию *стандартизация*.
3. Дайте определение понятию *измерение*.
4. Что такое мера?
5. Что такое измерительный преобразователь?
6. Что называется измерительным прибором?
7. Какие методы применяют для измерения различных физических величин? Охарактеризуйте их.
8. Опишите метод сравнения. Как он реализуется в измерительной технике?
9. Что такое погрешность и что является причиной погрешности приборов?
10. Что такое абсолютная погрешность?
11. Что такое поправка?
12. Как найти истинное значение измеряемой величины?
13. Что такое относительная погрешность?
14. Что такое приведенная погрешность?
15. Чем обусловлены основная и дополнительная погрешности приборов?
16. Сколько классов точности имеют электроизмерительные приборы? Как вычислить диапазон истинного значения измеряемой величины?
17. Как необходимо выбирать измерительный прибор для повышения точности измерения?
18. Что такое цена деления прибора? Как ее определить?
19. Что такое чувствительность прибора? Как ее определить?
20. Что такое надежность прибора?
21. Опишите конструкцию и принцип действия приборов магнитоэлектрической системы.
22. Опишите конструкцию и принцип действия приборов электромагнитной системы.
23. Опишите конструкцию и принцип действия приборов электродинамической системы.
24. Опишите конструкцию и принцип действия приборов ферродинамической системы.
25. Опишите конструкцию и принцип действия приборов индукционной системы.
26. Опишите конструкцию и принцип действия логометра.

## **Тема 3. Цифровая измерительная техника**

1. Перечислите основные виды цифровых измерительных устройств. Дайте им определения.
2. На какие виды величин распространяется процесс измерения с помощью цифровых приборов?
3. Какие основные блоки используются в цифровых приборах?
4. Дайте определение аналого-цифровому преобразователю (АЦП), перечислите его функции.
5. В чем заключается преобразование аналоговой величины в цифровую форму?
6. Дайте определение понятию *дискретизация*.
7. Дайте определение понятию *квантование*.

8. Что называют временем преобразования?
9. Как протекает процесс преобразования измеряемой величины при следящем режиме?
10. Как протекает процесс преобразования измеряемой величины при циклическом режиме?
11. Дайте определение понятию *кодирование*.
12. Приведите классификацию АЦП.
13. Опишите основные методы преобразования непрерывных величин в коды.
14. Приведите и опишите структурную схему АЦП времянимпульсного преобразования непрерывной величины в код.
15. Приведите и опишите структурную схему АЦП двухтактного интегрирования при преобразовании непрерывной величины в код.
16. Приведите и опишите структурную схему АЦП уравнивающего преобразования с единичным приближением.
17. Приведите и опишите структурную схему АЦП с поразрядным уравниванием.
18. Приведите и опишите структурную схему АЦП параллельного действия.
19. Приведите и опишите структурную схему АЦП последовательно-параллельного действия.
20. Каковы особенности применения АЦП в судовых информационно-измерительных системах?
21. Приведите структурную схему многоточечного измерительного канала.
22. Приведите структурную схему измерительного канала параллельного действия.
23. Как добиться повышения точности и быстродействия АЦП?
24. Опишите обобщенную схему цифрового отсчетного устройства.
25. Опишите типы индикаторных отсчетных устройств.
26. Опишите люминесцентные цифровые индикаторы.
27. Опишите цифровые индикаторы на светоизлучающих диодах.
28. Опишите цифровые жидкокристаллические индикаторы.

#### **Тема 4. Информационно-измерительная система судовой электростанции**

1. Для чего предназначены судовые электrorаспределительные щиты (распредщиты)?
2. По каким признакам классифицируют судовые распредщиты?
3. Как классифицируют судовые распредщиты по назначению?
4. Как классифицируют судовые распредщиты по роду тока?
5. Как классифицируют судовые распредщиты по конструктивному исполнению?
6. Опишите главный распределительный щит (ГРЩ).
7. Как конструктивно выполняют судовой ГРЩ?
8. Для чего предназначена генераторная секция ГРЩ?
9. Для чего предназначена распределительная секция ГРЩ?
10. Для чего предназначена секция управления ГРЩ?
11. Для чего предназначена секция питания с берега ГРЩ?
12. Приведите структурную схему ГРЩ и поясните ее состав.
13. Перечислите приборы и устройства секции управления ГРЩ.
14. Перечислите приборы и устройства распределительной секции ГРЩ.
15. Перечислите приборы и устройства секции питания с берега ГРЩ.
16. Перечислите требования Регистра РФ к электроизмерительным приборам судовой электростанции постоянного тока.
17. Перечислите требования Регистра РФ к электроизмерительным приборам судовой электростанции переменного тока.
18. Приведите схему генераторной панели ГРЩ постоянного тока и дайте пояснения к ее составу.
19. Приведите схему генераторной панели ГРЩ переменного тока и дайте пояснения к ее составу.
20. Каково назначение измерительных трансформаторов тока?
21. Каково назначение измерительных трансформаторов напряжения?
22. Перечислите типы электроизмерительных приборов судовой электростанции.

23. Опишите принцип работы щитового мегомметра.
24. Приведите схему подключения амперметров и вольтметров.
25. Приведите схему подключения ваттметров, частотомеров и фазометров.
26. Приведите схему подключения синхроскопа.
27. В чем заключается техническое обслуживание ГРЩ?

### **Тема 5. Переносные контрольно-измерительные средства судового электромеханика**

1. Для чего предназначен мегомметр? Приведите схему и опишите принцип действия мегомметра.
2. Приведите технические характеристики мультиметра.
3. Опишите схему и принцип действия интегрального преобразователя напряжения (АЦП 7106).
4. Опишите упрощенную схему и принцип действия мультиметра М832.
5. Опишите упрощенную схему мультиметра в режиме измерения напряжения.
6. Опишите упрощенную схему мультиметра в режиме измерения тока.
7. Опишите упрощенную схему мультиметра в режиме измерения сопротивления.
8. Для чего служат токоизмерительные клещи? Приведите их схему и опишите принцип действия.
9. Для чего служат указатели напряжения? Опишите принцип их использования.
10. Для чего служит логический пробник?
11. Для чего служат изолирующие штанги? Опишите их устройство.
12. Для чего служит вольтамперфазометр?
13. Для чего служит индикатор вращающегося поля?
14. Опишите инструмент с изолированными ручками.

### **Тема 6. Информационно-измерительные системы**

1. Перечислите виды структур информационно-измерительных систем в зависимости от организации взаимодействия их функциональных блоков.
2. Перечислите виды структур информационно-измерительных систем в зависимости от организации сбора измерительной информации.
3. Приведите и опишите обобщенную структурную схему информационно-измерительной системы.
4. Что называется системой централизованного контроля параметров СЭУ?
5. Как классифицируют системы ЦАК по принципу действия?
6. Приведите и опишите структурную схему системы централизованного контроля параметров обтекающего типа.
7. Какими основными техническими данными характеризуется система «Шипка-М»?
8. Приведите и опишите структурную схему информационно-измерительной системы «Шипка-М».
9. Опишите цепь измерения температуры в системе «Шипка-М».
10. Приведите и опишите структурную схему измерительного нормирующего преобразователя.
11. Приведите функциональную схему АЦП системы «Шипка-М».
12. Что называется генератором линейно изменяющегося напряжения в системе «Шипка-М»?
13. Что представляет собой сравнивающее устройство в системе «Шипка-М»?
14. Что представляет собой счетный ключ в системе «Шипка-М»?
15. Опишите процесс работы декады счетчика АЦП в системе «Шипка-М».
16. Приведите функциональную схему устройства управления в системе «Шипка-М».
17. Приведите функциональную схему канала сигнализации системы «Шипка-М».
18. Приведите структурную схему управляющего вычислительного комплекса судовой энергетической системы.
19. Приведите структурную схему микропроцессорной системы управления и контроля.
20. Приведите структурную схему управляющей микроЭВМ.

21. Приведите структурную схему программируемого микроконтроллера - ремиконта.
22. Приведите схему распределенной системы централизованного контроля технически-ми средствами судна фирмы «Сорэн Т. Люнгсе» (Дания).
23. Приведите структурную схему системы контроля СЭУ «Альфапром-2».

### **Тема 7. Специализированные информационно-измерительные системы**

1. Что называется системой сигнализации? Для чего она служит?
2. Какие приборы входят в систему судовой сигнализации?
3. Как подразделяются судовые сигнальные средства?
4. Для чего на судне предусмотрены сигнально-отличительные огни?
5. Опишите судовые сигнально-отличительные огни.
6. Как классифицируют системы автоматической сигнализации защиты судовой энергетической установки?
7. Для чего предназначены системы дистанционной индикации судовой энергетической установки?
8. Для чего предназначены системы предупредительной сигнализации судовой энергетической установки?
9. Для чего предназначены аварийные системы сигнализации судовой энергетической установки?
10. Что представляет собой система СПАСЗО?
11. По каким параметрам устанавливают аварийно-предупредительную сигнализацию?
12. Какими приборами дистанционной индикации и исполнительной сигнализации оборудованы судовые посты управления?
13. Охарактеризуйте принципы построения схем судовой аварийно-предупредительной сигнализации.
14. Приведите структурную схему судовой системы пожарной сигнализации.
15. Опишите режимы работы судовой системы пожарной сигнализации.
16. Приведите структурную схему пожарного извещателя.
17. Приведите структурную схему ионизационного датчика дыма.
18. Какие существуют способы подключения пожарных извещателей в луче?
19. Приведите схему электрической пожарной сигнализации с использованием коммутатора СПЛОЗ0М.

### **Тема 8. Системы технического диагностирования**

1. Как классифицируются средства диагностирования судовой электроэнергетической системы?
2. Опишите средства диагностирования рабочего процесса судового дизеля.
3. Опишите структурную схему системы контроля рабочего процесса дизеля на базе электронного индикатора.
4. Опишите оценочный метод диагностирования дизеля на основе сравнения фактических и эталонных значений параметров.
5. Опишите метод диагностирования дизеля с использованием процедуры идентификации.

### **Тема 9. Эксплуатация информационно-измерительных систем**

1. Какова цель технического обслуживания?
2. Перечислите основные причины, приводящие к нарушению работоспособности судовых информационных систем.
3. Какова основная задача при обслуживании электронных устройств? Назовите аспекты восстановления работоспособности электронных устройств.
4. Приведите структурную схему обобщенной электронной информационно-измерительной системы, опишите составляющие ее элементы.
5. Охарактеризуйте печатные модули электронного блока.
6. Охарактеризуйте периферийные модули электронного блока.
7. Приведите алгоритм поиска отказавшего элемента (блока).

8. Опишите процесс внешнего осмотра элементов судового электрооборудования.
9. Опишите процесс определения неисправного блока без подачи питания с помощью инструментальных средств.
10. Опишите процесс определения неисправного блока под питанием с помощью инструментальных средств.
11. Как оценить работоспособность электронных устройств?
12. Как оценить работоспособность операционных усилителей и логических элементов?
13. Как оценить работоспособность электронных блоков на основе микропроцессоров?

### **Методические указания по выполнению практических работ**

Перечень тем практических работ, а также методические указания по их выполнению указаны в учебно-методическом пособии *Толстова Л.А. Практикум по дисциплине «Судовые информационно-измерительные системы» для студентов очной и заочной форм обучения. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – с.65*

### **Методические указания по выполнению самостоятельной работы**

Организация выполнения самостоятельной работы и форма отчетности по самостоятельной работе указаны в учебно-методическом пособии *Толстова Л. А. Судовые информационно-измерительные системы : учебное пособие / Л. А. Толстова. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2014. – 136 с.*

## **4 Методические материалы определяющие, процедуры оценивания знаний, умений, навыков и или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций по дисциплине проводятся в форме текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

Текущий контроль проводится в течение сессии с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а так же для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная и итоговая аттестации по дисциплине проводится в виде контрольного опроса.

За знания, умения и навыки, приобретенные обучающимися в период их обучения, выставляются оценки: «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО».

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется система оценки качества освоения образовательной программы.

Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся.

Процедура оценивания – порядок действий при подготовке и проведении аттестационных испытаний и формировании оценки.

Аттестационные испытания проводятся ведущим преподавателем по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующую функцию в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением заведующим кафедрой.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

– Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.

– Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 20/30 минут соответственно, (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным).  
Время ответа – не более 15 минут.

– Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

– Результаты выполнения аттестационных испытаний, проводимых в письменной форме, форме итоговой контрольной работы или компьютерного тестирования, должны быть объявлены обучающимся и выставлены в зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный технический университет»  
Мореходный факультет  
Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

## **СУДОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

Методические указания к практической работе  
для студентов,  
*обучающихся по направлению подготовки 13.03.02*  
*«Электроэнергетика и электротехника»*  
*профиль «Электрооборудование и*  
*автоматика судов»*  
*заочной формы обучения*

Петропавловск-Камчатский

2024

**Толстова Людмила Александровна, доцент кафедры ЭУЭС**

Судовые информационно-измерительные системы: методические указания к практической работе по дисциплине для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электро-техника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» заочной формы обучения / Л.А. Толстова – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. – с.119

Методические указания к практической работе составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электро-техника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов», утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (уровень бакалавриат).

Обсуждены:

на заседании кафедры ЭУЭС «17» октября 2024 г., протокол № 4



Зав. кафедрой ЭУЭС \_\_\_\_\_ О.А. Белов

Методические указания к практической работе по дисциплине «Судовые информационно-измерительные системы» рассмотрены и утверждены на заседании УМС протокол № 2 от «02» октября 2024 г.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Практическая работа студентов (ПРС) по дисциплине «Судовые информационно-измерительные системы» является важной составляющей частью подготовки студентов по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» и выполняется в соответствии с ФГОС ВО. Основной целью ПРС является:

- развитие навыков ведения самостоятельной работы;
- приобретение опыта систематизации полученных результатов исследований, формулировку новых выводов и предложений как результатов выполнения работы;
- развитие умения использовать научно-техническую литературу и нормативно-методические материалы в практической деятельности;
- приобретение опыта публичной защиты результатов самостоятельной работы.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» изучение дисциплины «Судовые информационно-измерительные системы» направлено на формирование у выпускника следу-ющей профессиональной компетенции:

- способность производить оценку технического состояния электрооборудования (**ПК-1**).

1.2. В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные режимы работы отдельных воздушных и кабельных линий электропередачи, допустимые перегрузки по току и температурам воздушных и кабельных линий электропередачи;
- марки, конструктивное исполнение кабелей; основы трудового законодательства Российской Федерации в объеме, необходимом для выполнения трудовых обязанностей;
- передовой производственный опыт организации эксплуатации и ремонта линий электропередачи;
- порядок сдачи в ремонт и приемки из ремонта кабельных линий электропередачи;
- правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования;

- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей; технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования и сооружений воздушных и кабельных линий.

1.3. В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

- вести техническую и отчетную документацию;
- выявлять дефекты на кабельных линиях электропередачи;
- применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи;
- применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий;
- работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами.

1.4. В результате изучения дисциплины студент должен владеть:

- навыками подготовки, согласования и передачи исполнителям ремонта утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ, карт организации труда и технологической ремонтной документации, необходимой для производства работ на закрепленном оборудовании;
- подготовки статистической отчетности в соответствии с утвержденным перечнем;
- проведения тренировок, занятий по отработке действий персонала при чрезвычайных ситуациях, обучению безопасным приемам и методам труда, и оказанию первой помощи пострадавшим;
- сбора и анализа информации об отказах новой техники и электрооборудования.

## **2. ВВЕДЕНИЕ.**

Практикум по дисциплине «Судовые информационно измерительные системы» предназначен для студентов, обучающихся по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов», а также для судовых механиков, при их дополнительной профессиональной подготовке.

Необходимость создания данного практикума вызвана в первую очередь повышением требований к квалификации судовых электромехаников и механиков в области судовых информационно измерительных систем, а также отсутствием современных учебников по дисциплине «Судовые информационно измерительные системы».

Практикум содержит основные сведения об измерительных средствах и контрольно-измерительных системах, находящихся в ведении судового электромеханика. Используемая на судах электроника имеет все в большей степени информационное назначение. Электронные и микропроцессорные устройства используются для преобразования электрических сигналов и для формирования управляющих воздействий в системах регулирования и управления, а также очень широко используются в системах централизованного контроля и технического диагностирования судового электрооборудования. Упор в практикуме сделан на современных средствах измерения и диагностирования.

### **Практическая работа 1.**

#### **Аналоговые электроизмерительные приборы, входящие в состав информационно-измерительной системы судовой электростанции.**

**Цель работы:** знакомство с аналоговыми электрическими приборами различных систем, входящих в состав информационно-измерительной системы судовой электростанции.

**Задание:** получить у преподавателя набор приборов; объяснить устройство и принцип работы приборов и способ их подключения.

Электрические измерения существенно упрощаются при использовании приборов непосредственной оценки (прямого отсчета), показывающих численное значение измеряемой величины по их отсчетному устройству (по положению стрелки на шкале или по цифровому отсчетному устройству). Электроизмерительный прибор этого типа независимо от назначения и принципа действия включает в себя измерительную цепь, измерительный механизм и отсчетное устройство.

*Измерительная цепь* служит для преобразования измеряемой электрической величины в величину, непосредственно воздействующую на измерительный механизм.

*Измерительный механизм* преобразует электрическую величину в угол поворота подвижной части отсчетного устройства, служащего для визуального представления значений измеряемой величины в зависимости от угла поворота подвижной части. В простейшем приборе, например, в амперметре, катушка его включается последовательно в ветвь электрической цепи, где необходимо измерить ток. В более сложных приборах измерительные цепи содержат кроме катушек конденсаторы, резисторы и т.п.

*Отсчетное устройство*—это чаще всего шкала или учетное устройство (окно), связанное с подвижной частью измерительного механизма прибора. Измерительный механизм прибора имеет подвижную часть, каждому положению которой соответствует определенное значение измеряемой величины. С подвижной частью связаны стрелка или другое указательное устройство,

например, световой луч или цифровой счетный механизм. Перемещение подвижной части измерительного механизма происходит в результате взаимодействия магнитных (или электрических) полей в приборе. Это взаимодействие создает вращающий момент  $M_{вр}$ , зависящий от значения измеряемой величины. Для того, чтобы подвижная часть вместе со стрелкой занимала определенное положение, соответствующее значению измеряемой величины, необходимо уравновесить вращающий момент противодействующим моментом  $M_{пр}$ , который зачастую создается механическими элементами (пружинами, растяжками и др.). Значение этого момента пропорционально углу закручивания пружины и при установившемся отклонении  $M_{вр} = M_{пр}$ .

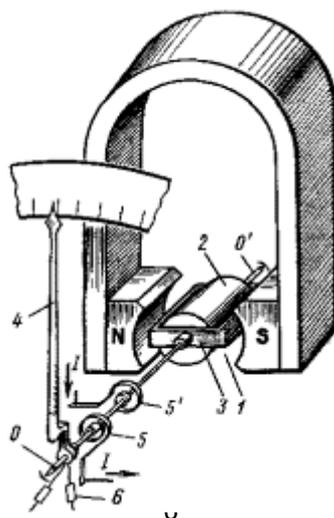
Механические колебания подвижной части прибора после внезапного нарушения равновесия моментов, вызванного изменением измеряемой величины, гасятся (демпфируются) успокоителями.

По принципу действия различают следующие системы электроизмерительных приборов: магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, индукционную, электростатическую, ферродинамическую и др.

### *Основные системы электроизмерительных приборов.*

#### *1.1. Магнитоэлектрическая система.*

В магнитоэлектрических приборах вращающий момент создается взаимодействием магнитного поля постоянного магнита и измеряемого постоянного тока в катушке механизма. В воздушном зазоре  $I$  (рис. 1.1) между неподвижным стальным цилиндром  $2$  и полюсными наконечниками  $NS$  неподвижного постоянного магнита расположена алюминиевая рамка с обмоткой  $3$ , состоящей из  $w$  витков изолированной проволоки. Рамка жестко соединена с двумя полуосями  $O$  и  $O'$ , которые своими концами опираются о подшипники. На полуоси  $O$  закреплены указательная стрелка  $4$  и две спиральные пружинки  $5$  и  $5'$ , через которые к катушке подводится измеряемый ток  $I$ , противовесы  $6$ . Полюсные наконечники  $NS$  и стальной цилиндр  $2$  обеспечивают в зазоре  $I$  равномерное радиальное магнитное поле с индукцией  $B$ . В резуль-



тате взаимодействия магнитного поля с током в проводниках обмотки 3 создается вращающий момент. Рамка с обмоткой при этом поворачивается и стрелка отклоняется на угол  $\alpha$ . Электромагнитная сила, действующая на обмотку, равна  $F_{эм} = wBI$ .

*Рис.1.1. Устройство прибора магнитоэлектрической системы.*

Вращающий момент, создаваемый силой  $F_{эм}$

$$M_{вр} = F_{эм}d = wBIl = C_1I,$$

где  $d$  и  $l$ — ширина и длина рамки (обмотки);

$C_1$  — коэффициент, зависящий от числа витков  $w$ , размеров обмотки и магнитной индукции  $B$ .

Повороту рамки противодействуют спиральные пружинки 5 и 5', создающие противодействующий момент, пропорциональный углу закручивания  $\alpha$ :

$$M_{пр} = C_2\alpha,$$

где  $C_2$  — коэффициент, зависящий от жесткости пружинок.

Стрелка устанавливается на определенном делении шкалы при равенстве моментов  $M_{вр} = M_{пр}$ , т.е. когда  $C_1I = C_2\alpha$ .

Угол поворота стрелки

$$\alpha = \frac{C_1}{C_2}I = CI$$

пропорционален току. Следовательно, у приборов магнитоэлектрической системы шкала равномерная, что является их достоинством.

При изменении направления тока изменяется направление вращающего момента (определяемое правилом левой руки).

При включении прибора магнитоэлектрической системы в цепь переменного тока на катушку действуют быстро изменяющиеся по значению и направлению механические силы, среднее значение которых равно нулю. В результате стрелка прибора не будет отклоняться от нулевого положения. Поэтому эти приборы нельзя применять непосредственно для измерений в цепях переменного тока.

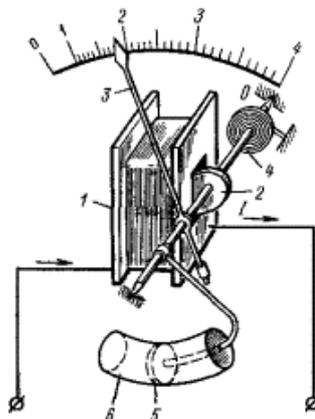
Успокоение (демпфирование) стрелки в приборах магнитоэлектрической системы происходит благодаря тому, что при перемещении алюминиевой рамки в магнитном поле постоянного магнита  $NS$  в ней индуцируются вихревые токи. В результате взаимодействия этих токов с магнитным полем возникает момент, действующий на рамку в направлении, противоположном ее перемещению, вызывая быстрое успокоению колебаний рамки.

*Достоинствами приборов магнитоэлектрической системы являются:* точность показаний, малая чувствительность к посторонним магнитным полям, равномерность шкалы, незначительное собственное потребление мощности. К недостаткам следует отнести необходимость применения специальных преобразователей при измерении в цепях переменного тока и чувствительность к перегрузкам. *К недостаткам приборов данной системы можно*

отнести: измерение токов и напряжений только постоянной величины и изменение магнитного поля постоянного магнита с течением времени.

## 1.2. Электромагнитная система.

Принцип действия электромагнитных приборов основан на втягивании стального сердечника в неподвижную обмотку с током. Неподвижный эле-



мент прибора — обмотка 1, выполненная из изолированной проволоки, включается в электрическую цепь (рис. 1.2)

Рис.1.2. Прибор электромагнитной системы.

Подвижный элемент — стальной сердечник 2, имеющий форму лепестка,— эксцентрично укреплен на оси  $O$ . С этой же осью жестко соединены указательная стрелка 3, спиральная пружинка 4, обеспечивающая противодействующий момент, и поршень 5 успокоителя. Ток  $I$  в витках обмотки 1 образует магнитный поток, сердечник 2 намагничивается и втягивается в обмотку. При этом ось  $O$  поворачивается и стрелка прибора отклоняется на угол  $\alpha$ . Магнитная индукция  $B$  в сердечнике (при отсутствии насыщения) пропорциональна току обмотки. Сила  $F$ , с которой сердечник втягивается в обмотку, зависит от тока и магнитной индукции  $B$  в сердечнике. Приближенно можно принять, что сила  $F$ , а следовательно, и обусловленный ею вращающий момент пропорциональны квадрату тока в катушке:

$$M_{вр} = CI^2.$$

Противодействующий момент, уравновешивающий вращающий момент, пропорционален углу  $\alpha$ . В связи с этим угол отклонения стрелки находится в квадратичной зависимости от тока; шкала прибора оказывается неравномерной.

Для успокоения подвижной части прибора обычно применяют воздушный демпфер. Он состоит из цилиндра 6 и поршня 5, шток которого укреплен на оси  $O$ . Сопротивление воздуха, оказываемое перемещению поршня в цилиндре, обеспечивает быстрое успокоение стрелки.

Для ослабления влияния посторонних магнитных полей в некоторых приборах на оси подвижной части укреплены два одинаковых сердечника, каждый из которых размещен в магнитном поле соответствующей обмотки ( $I$

и 2), которые включены между собой последовательно. Направление намотки обмоток выполнено так, что их магнитные поля  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  направлены в противоположные стороны. Моменты, созданные магнитными полями каждой обмотки, действуют на ось согласно  $M_{вр1} + M_{вр2} = M_{вр}$ . Постороннее магнитное поле  $\Phi_{вн}$  ослабляет поток  $\Phi_1$ , но усиливает поток  $\Phi_2$ . В результате общий вращающий момент  $M_{вр}$  остается неизменным и зависит от измеряемого тока  $I$ . Приборы такой конструкции называются астатическими. Для уменьшения погрешности измерений, вносимой посторонними магнитными полями, некоторые приборы экранируют, помещая их в стальные корпуса.

*Достоинства приборов электромагнитной системы:* простота конструкции, пригодность для измерения в цепях постоянного и переменного тока, надежность в эксплуатации. К недостаткам относятся неравномерность шкалы, влияние посторонних магнитных полей на точность показаний. Последнее обусловлено тем, что магнитное поле обмотки расположено в воздушной среде и поэтому его магнитная индукция невелика.

*К недостаткам приборов этой системы* можно отнести невысокий класс точности измерений, который обычно не выше 1,0 из-за влияния гистерезиса; относительно большое собственное потребление мощности (в катушках амперметров - до 1 Вт, а в вольтметрах с потреблением мощности в добавочных сопротивлениях - до 6 Вт); неравномерность шкалы (особенно сильно она сжата в начале); низкая чувствительность, из-за чего эти приборы непригодны для измерения малых токов и напряжений; зависимость показаний от внешних магнитных полей, так как собственное поле катушки расположено в воздушной среде и поэтому его индукция незначительна; ограниченность диапазона частот (не выше 8000 Гц).

Необходимо отметить, что приборы электромагнитной системы из-за дешевизны, простоты устройства и большой перегрузочной способности широко используются в промышленных электротехнических устройствах низкой частоты в виде амперметров и вольтметров.

### 1.3. Электродинамическая система.

Приборы этой системы (рис.1. 3) состоят из двух обмоток: неподвижной 1 и подвижной 2.

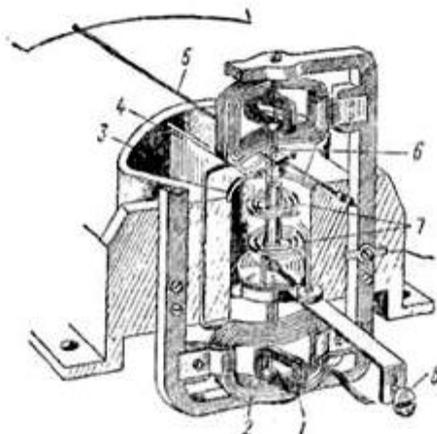


Рис.1.3. Прибор электродинамической системы.

Подвижная обмотка укреплена на оси и расположена внутри неподвижной обмотки. На оси б подвижной обмотки укреплены указательная стрелка 5 и спиральные пружинки 7, через которые подводится ток к обмотке 2. Эти же пружинки создают противодействующий момент  $M_{пр}$ , пропорциональный углу закручивания  $\alpha$ . Принцип действия прибора основан на взаимодействии тока  $I_2$  подвижной обмотки с магнитным потоком  $\Phi_1$ , неподвижной обмотки. Воздушный успокоитель 4 расположен в камере 3. Для подстройки стрелки применяется корректор 8.

При постоянном токе электромагнитная сила  $F_{эм}$ , действующая на проводники подвижной обмотки, пропорциональна току и магнитному потоку  $\Phi_1$ . Поскольку поток  $\Phi_1$  пропорционален току  $I_1$  неподвижной обмотки, вращающий момент, действующий на подвижную обмотку, пропорционален произведению токов обмоток:

$$M_{вр} = C \Phi_1 I_2 = C'' I_1 I_2, \text{ где } C \text{ и } C'' \text{ — коэффициенты пропорциональности.}$$

При переменном токе вращающий момент пропорционален произведению мгновенных значений токов:

$$i_1 = I_{1m} \sin(\omega t) \text{ и } i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \psi).$$

Показание прибора в этом случае определяется средним за период значением вращающего момента:

$$M_{вр} = \psi.$$

Здесь  $C$  — коэффициент, зависящий от числа витков, геометрических размеров и расположения катушек;

$I_1$  и  $I_2$  — действующие значения токов в обмотках;

$\psi$  — угол сдвига фаз между векторами токов  $I_1$  и  $I_2$ .

При равенстве моментов ( $M_{вр} = M_{пр}$ ) подвижная обмотка отклоняется на угол  $\alpha$  и стрелка указывает на шкале числовое значение измеряемой электрической величины, причем, угол поворота подвижной части электродинамического прибора пропорционален произведению токов в его катушках и изменению их взаимной индуктивности при повороте подвижной части прибора  $dM/d\alpha$ . На характер изменения взаимной индуктивности можно воздействовать путем, подбора формы катушек и их начального взаимного положения.

Для успокоения подвижной части прибора используют воздушные демпферы (4). Электродинамические приборы применяют для измерения мощности, тока и напряжения в цепях переменного тока и используются в качестве амперметров, вольтметров, и ваттметров.

При использовании электродинамического прибора в качестве амперметра на ток свыше 0,5 А подвижную и неподвижную катушки соединяют параллельно. Следовательно, в амперметре электродинамической системы шкала неравномерная (квадратичная), причем в ее начале деления сильно сжаты. Для получения более равномерной шкалы катушкам придают специальную форму. В вольтметрах электродинамической системы катушки в большинстве случаев соединяют между собой последовательно и снабжают

добавочным сопротивлением. В вольтметрах электродинамической системы шкала прибора также неравномерная. В отличие от амперметров и вольтметров ваттметры электродинамической системы имеют практически равномерную шкалу. Так как при одновременном изменении тока в обеих катушках электродинамических приборов направление вращающего момента не изменяется, то эти приборы пригодны для измерений в цепях как постоянного, так и переменного тока. В цепях переменного тока приборы электродинамической системы применяют в основном для измерения мощности. Они имеют высокую точность, что обусловлено отсутствием ферромагнитных сердечников. При измерениях в цепях переменного тока электродинамические приборы являются самыми точными. Их выполняют в основном в виде переносных приборов, имеющих классы точности 0,1; 0,2; 0,5. Высокая точность приборов обусловлена тем, что для создания вращающего момента подвижной части приборов используют магнитные потоки, действующие в воздухе, что исключает возможность возникновения погрешностей из-за вихревых токов, гистерезиса и т.д.

Недостатками приборов электродинамической системы являются зависимость их показаний от внешних магнитных полей из-за незначительного собственного магнитного поля и слабая перегрузочная способность из-за того, что подвод тока к подвижной катушке осуществляется через тонкие спиральные пружинки. Кроме того, приборы потребляют довольно значительную мощность, так как для создания достаточного вращающего момента приходится из-за слабости собственного магнитного поля заметно увеличивать число витков неподвижной и подвижной катушек.

Для устранения влияния посторонних магнитных полей на показания приборов и увеличения их вращающего момента электродинамические приборы снабжают ферромагнитными сердечниками, усиливающими собственные магнитные поля катушек. Наличие ферромагнитных сердечников усиливает магнитные поля катушек и, следовательно, вращающий момент подвижной части прибора. Сердечники выполняются из изолированных друг от друга пластин магнитомягких сталей и пермалоя, что уменьшает погрешности от вихревых токов и надежно защищает приборы от влияния посторонних магнитных полей.

*Достоинства* приборов электродинамической системы это высокая точность и возможность использования их для измерения электрических величин как в цепях постоянного так и в цепях переменного тока.

*Недостатками* приборов являются влияние внешних магнитных полей на результаты измерения, большое собственное потребление мощности, относительно малая устойчивость к перегрузкам, малая чувствительность и высокая стоимость.

## **Контрольные вопросы к практической работе 1.**

1. Дайте определение измерения. Что такое мера.

2. Дайте определение измерительного преобразователя.
3. Что такое измерительный прибор.
4. Какие составные части содержит электроизмерительный прибор.
5. Для чего служит измерительная цепь и измерительный механизм электроизмерительного прибора.
6. Для чего служит и как работает отсчетное устройство электроизмерительного прибора.
7. Перечислите основные системы электроизмерительных приборов.
8. Опишите устройство и принцип действия электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы.
9. Опишите устройство и принцип действия электроизмерительного прибора электромагнитной системы.
10. Опишите устройство и принцип действия электроизмерительного прибора электродинамической системы.

## Практическая работа 2.

### Условные обозначения и погрешности аналоговых электроизмерительных приборов.

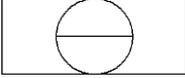
**Цель работы:** Приобрести навыки работы с обозначениями, нанесенными на внешней панели приборов.

**Задание:** Получить набор приборов и описать приборы по имеющимся на них меткам; определить класс точности и погрешности приборов; письменно ответить на соответствующие вопросы данной практической работы.

#### Обозначения устройств и приборов.

Изображение устройств и приборов контроля, измерения и автоматики на чертежах (табл. 2.1, 2.2).

*Таблица 2.1. Условные изображения измерительных и регулирующих приборов.*

Показывающий прибор (измерительный)	
Регулирующий (сигнализирующий)	
Показывающий, регулирующий, сигнализирующий (в одном корпусе)	

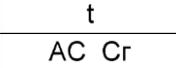
Пример 1: прибор для измерения давления, показывающий, самописец	
Пример 2: регулятор температуры астатический, с сигнализацией	

Таблица 2.2. Условные обозначения видов дистанционной передачи

			
Электрическая	Пневматическая	Гидравлическая	Механическая

Условные изображения на шкале электроизмерительных приборов в зависимости от рода измеряемой величины.

<i>Род измеряемой величины</i>	<i>Название прибора</i>	<i>Условное обозначение</i>
Ток	Амперметр	A
	Миллиамперметр	mA
	Микроамперметр	$\mu$ A
Напряжение	Вольтметр	V
	Милливольтметр	mV
	Ваттметр	W
Электрическая мощность	Киловаттметр	kW
	Счетчик киловатт-часов	kWh
Электрическая энергия	Фазометр	$\varphi$
Сдвиг фаз	Частотометр	Hz
Частота	Омметр	$\Omega$
Электрическое сопротивление	Мегаомметр	M $\Omega$

Условные изображения на шкале приборов.



- магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой



- магнитоэлектрический прибор с выпрямителем



- электромагнитный прибор

 - электростатический прибор

 - прибор работает в горизонтальном положении

 - прибор работает в вертикальном положении

 - класс точности прибора

 - прибор для измерения постоянного тока (напряжения)

 - прибор для измерения переменного тока (напряжения)

 - прибор для измерения постоянного и переменного тока (напряжения)

### *Погрешности электроизмерительных приборов.*

При любом измерении неизбежны *погрешности*, т. е. отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Погрешности возникают из-за следующих факторов:

- непостоянства параметров элементов измерительного прибора;
- несовершенства измерительного механизма (наличия трения);
- влияния внешних факторов (наличия магнитных и электрических полей);
- изменения температуры окружающей среды;
- несовершенством органов чувств человека;
- случайными факторами.

Разность между показанием прибора  $A_{\Pi}$  и действительным значением измеряемой величины  $A_D$  выражается в единицах измеряемой величины и называется *абсолютной погрешностью* измерения:

$$\Delta A = A_{\Pi} - A_D$$

*Поправка* - величина, обратная по знаку абсолютной погрешности

$$\Delta P = -\Delta A = A_D - A_{\Pi}$$

Для получения *истинного(действительного)* значения измеряемой величины необходимо к измеренному значению величины прибавить поправку:

$$A_D = A_{\Pi} + \Delta P$$

Для оценки точности произведенного измерения служит *относительная погрешность*  $\delta$ , которая представляет собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины, выраженное обычно в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_D} \cdot 100 = \frac{A_{\Pi} - A_D}{A_D} \cdot 100\%. \quad (1)$$

По относительным погрешностям оценивать точность, например, стрелочных измерительных приборов неудобно, так как для них абсолютная погрешность вдоль всей шкалы практически постоянная, поэтому с уменьшением значения измеряемой величины растет относительная погрешность.

Точность измерительных приборов оценивают по *приведенным погрешностям*, т. е. по выраженному в процентах отношению абсолютной погрешности к нормирующему значению  $A_H$ :

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_H} \cdot 100 = \frac{A_{\Pi} - A_D}{A_H} \cdot 100\%.$$

*Нормирующим значением* измерительного прибора называется условно принятое значение измеряемой величины, могущее быть равным *верхнему пределу измерений, диапазону измерений, длине шкалы и др.*

Погрешности приборов подразделяют на *основную*, присущую прибору при нормальных условиях применения вследствие несовершенства его конструкции и выполнения, и *дополнительную*, обусловленную влиянием на показания прибора различных внешних факторов. Нормальными рабочими условиями считают температуру окружающей среды  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  при относительной влажности воздуха  $65 \pm 15\%$ , атмосферном давлении  $750 \pm 30$  мм.рт.ст., в отсутствие внешних магнитных полей, при нормальном рабочем положении прибора и т. д. В условиях эксплуатации, отличных от нормальных, в электроизмерительных приборах возникают дополнительные погрешности, которые представляют собой изменение действительного значения меры (или показания прибора), возникающее при отклонении одного из внешних факторов за пределы, установленные для нормальных условий.

Электроизмерительные приборы имеют различные *классы точности*. Так, электроизмерительные приборы по степени точности подразделяются на восемь классов: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0

*Цифра, обозначающая класс точности, указывает на наибольшее допустимое значение основной – абсолютной погрешности прибора (в процентах)*. Класс точности указывается на шкале каждого измерительного прибора и представляет собой жирно выделенную или обведенную кружком цифру.

Например, производим замеры силы тока амперметром со шкалой 0 – 100 А, класс точности 2,5. Это значит, что максимальная абсолютная погрешность прибора составляет 2,5 % от 100 А, т. е.  $\pm 2,5$  А. Дело в том, что завод изготовитель не указывает, в каком диапазоне шкалы прибора будет указанная ошибка. Она может быть как в начале шкалы, так и в середине или конце, но не будет превышать  $\pm 2,5$  А. Допустим, что производится замер силы тока, истинное значение которого  $I = 10$  А. Тогда показания прибора могут быть в пределах  $I_{\Pi} = 10 \pm 2,5$  А, т. е. прибор может дать показание в пределах от 7,5 до 12,5 А. В этом случае относительная погрешность составит:

$$\delta = \Delta I \cdot 100\% = 2,5 / 10 \cdot 100\% = 25\%. \text{ Это очень большая погрешность.}$$

Теперь рассмотрим случай, когда производится замер этим же прибором силы тока  $I = 90$  А. Тогда показания могут быть в пределах  $I_{\text{п}} = I \pm 2,5 = 90 \pm 2,5$ А, т. е. прибор может дать показание в пределах от 87,5 до 92,5 А. В этом случае относительная погрешность составит:  $\delta = \Delta/I \cdot 100\% = 2,5/90 \cdot 100\% = 2,62\%$ . Точность измерения гораздо выше, чем в предыдущем случае.

**Вывод:** для повышения точности измерений измерительные приборы необходимо выбирать так, чтобы они работали на параметрах, близких верхнему (номинальному) значению прибора.

Шкалу прибора разбивают на деления. Цена деления (или постоянная прибора) есть разность значений величины, которая соответствует двум соседним отметкам шкалы. Определение цены деления, например, вольтметра и амперметра, производят следующим образом:

$C_U = U_H / N$  - число вольт, приходящееся на одно деление шкалы;

$C_I = I_H / N$  - число ампер, приходящееся на одно деление шкалы;

$N$  - число делений шкалы соответствующего прибора.

Но иногда встречаются приборы с неравномерно разбитой по делениям шкалой, цену деления нужно определять на участке шкалы, например, цену маленьких делений определяют на участке между большими делениями с цифровой разметкой.

Важной характеристикой прибора является чувствительность  $S$ , которую, например, для вольтметра  $S_U$  и амперметра  $S_I$  определяют следующим образом:

$S_U = N / U_H$  - число делений шкалы, приходящееся на 1 В;

$S_I = N / I_H$  - число делений шкалы, приходящееся на 1 А.

Другой важной метрологической характеристикой прибора является его надежность - способность сохранять заданные характеристики при определенных условиях работы в течение заданного времени.

Количественной мерой надежности является вероятность безотказной работы - вероятность того, что в течение определенного времени  $T$  непрерывной работы не произойдет ни одного отказа. Так, амперметры и вольтметры типа Э8027 имеют минимальное значение вероятности безотказной работы 0,96 за 2000 ч непрерывной работы. Иными словами, из 100 таких приборов за 2000 часов непрерывной работы лишь 4 будут нуждаться в ремонте.

## Контрольные вопросы к практической работе 2.

1. Определите систему предложенного прибора и опишите ее.
2. Определите класс точности прибора. Что он характеризует.
3. Опишите шкалу прибора. Найдите погрешность при измерении предложенным прибором.
4. Определите цену деления прибора.
5. Приведите изображение прибора на чертеже.
6. Найдите чувствительность предложенного прибора.

### Практическая работа 3. Измерения основных электрических величин. Методы и средства.

**Цель работы:** ознакомиться с методами электрических измерений основных электрических параметров.

**Задание:** Описать методы измерения тока, напряжения, мощности и сопротивления.

Электрическое измерение - это нахождение (экспериментальными методами) значения физической величины, выраженного в соответствующих единицах (например, 3 А, 4 В). Измерения производятся с помощью различных средств - измерительных приборов, схем и специальных устройств.

Тип измерительного прибора зависит от вида и диапазона значений измеряемой величины, а также от требуемой точности измерения.

Электрические измерения и приборы, методы и средства обеспечения их единства, способы достижения требуемой точности - все это относится к метрологии, а принципы и методы установления оптимальных норм и правил взаимодействия - к стандартизации.

В Российской Федерации стандартизация и метрология объединены в единой государственной службе - Государственном комитете стандартов. В 1963 г. ГОСТ 9867-61 ввел Международную систему единиц (СИ) на базе метра (м), килограмма (кг), секунды (с), ампера (А), кельвина (К) и канделы (кд). Значения единиц электрических величин определяются международным соглашением в соответствии с законами физики и единицами механических величин. В электрических измерениях используются следующие основные единицы системы СИ:

- для измерения напряжения - вольт (В);
- для измерения сопротивления - ом (Ом);
- для измерения силы тока – ампер (А);
- для измерения емкости - фарада (Ф);
- для измерения индуктивности - генри (Гн);
- для измерения частоты тока – герц (Гц).

Электрические измерения проводятся в соответствии с государственными эталонами единиц напряжения и силы постоянного тока, сопротивления постоянному току, индуктивности и емкости. Такие эталоны представляют собой устройства, имеющие стабильные электрические характеристики, или установки, в которых на основе некоего физического явления воспроизводится электрическая величина, вычисляемая по известным значениям фундаментальных физических констант. Эталоны ватта и ватт-часа не поддерживаются, так как более целесообразно вычислять значения этих единиц по определяющим уравнениям, связывающим их с единицами других величин.

Для различных измеряемых электрических величин существуют свои средства измерений, так называемые меры. Например, мерами ЭДС служат

нормальные элементы, мерами электрического сопротивления - измерительные резисторы, мерами индуктивности измерительные катушки индуктивности, мерами электрической емкости - конденсаторы.

На практике для измерения различных физических величин применяют различные методы. Методы в зависимости от способа получения результата делятся на прямые и косвенные.

*Прямыми называются измерения*, при которых искомое значение величины получают непосредственно из опытных данных, применяя соответствующее средство измерения. Например, измерение напряжения с помощью вольтметра. Приборы, построенные на основе метода непосредственной оценки, называют приборами прямого действия или приборами непосредственного измерения. Наибольшее распространение в судовых электроизмерениях получили методы прямого измерения, так как они обычно проще и требуют меньших затрат времени, но обладают меньшей точностью. Точность измерения приборов прямого действия достаточна для нормальной технической эксплуатации судовых установок, а стоимость и размеры по сравнению с приборами других типов малы.

*Косвенными называются измерения*, при которых искомое значение величины находят путем подсчета с использованием известной зависимости между этой величиной и величинами, получаемыми на основании прямых измерений. Так, найти сопротивление участка цепи можно путем измерения протекающего по нему тока и приложенного напряжения с последующим подсчетом этого сопротивления по закону Ома.

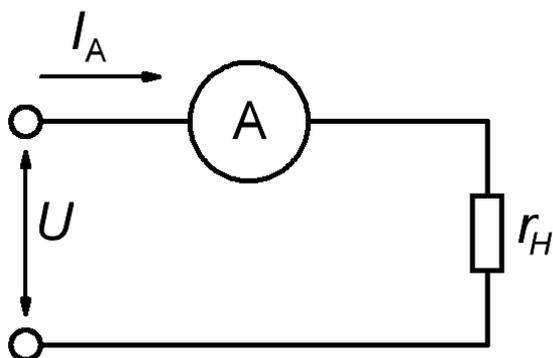
В электроизмерительной технике используют также *метод сравнения*, в основе которого лежит сравнение измеряемой величины с воспроизводимой мерой. Метод сравнения может быть компенсационным и мостовым. Примером применения компенсационного метода служит измерение напряжения путем сравнения его значения со значением ЭДС нормального элемента. Примером мостового метода является измерение сопротивления с помощью мостовой схемы. Измерения компенсационным и мостовым методами очень точные, но для их проведения требуется более сложная измерительная техника. Методы сравнения используют при испытаниях или исследованиях судовых электротехнических устройств, а также при проверке и настройке элементов автоматики.

### *Измерение тока.*

Измерение тока непосредственно проводится с помощью амперметра.

Амперметр включают в цепь таким образом, чтобы через него проходил весь измеряемый ток, т. е. последовательно, в разрыв цепи (рис.3.1).

Сопротивление амперметра должно быть малым, чтобы в нем не проис-



ходило заметного падения напряжения.

Рис.3.1. Непосредственное включение амперметра при измерении тока.

Для измерения постоянного тока используют преимущественно амперметры магнитоэлектрической системы, а для измерения переменного тока частотой 50 Гц в основном применяют амперметры электромагнитной системы.

Непосредственное включение амперметра в цепь измеряемого тока не всегда возможно, так как в некоторых случаях измеряемый ток во много раз превосходит ток необходимый для полного отклонения подвижной системы прибора. В этих случаях при измерении постоянного тока параллельно амперметру включают шунт, через который проходит большая часть измеряемого тока (рис. 3.2).

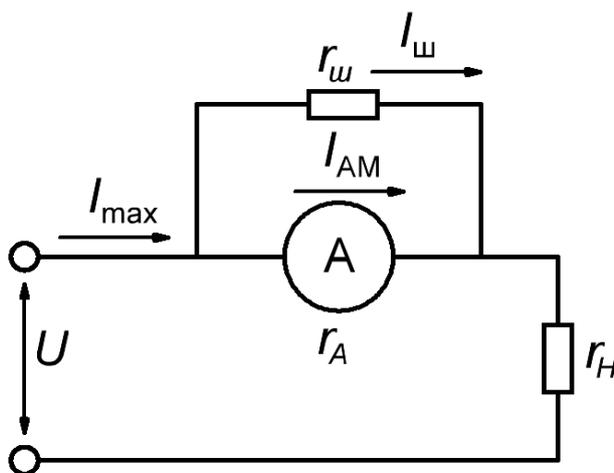


Рис.3.2. Схема включения амперметра при бытовом значении измеряемого тока.

Согласно первому закону Кирхгофа, максимальное значение измеряемого амперметром тока при наличии шунта

$$I_{\max} = I_{AH} + I_{Ш},$$

где  $I_{\max}$  - максимальное значение тока в цепи;

$I_{AH}$  - номинальное (предельное) значение тока амперметра в отсутствие шунта;

$I_{Ш}$  - ток, проходящий через шунт.

Так как амперметр и шунт включены параллельно, то токи между шунтом и амперметром распределяются обратно пропорционально их сопротивлениям:

$$I_{AH}/I_{Ш} = r_{Ш}/r_A,$$

откуда находим сопротивление шунта:

$$r_{Ш} = I_{AH} r_A / I_{Ш} = I_{AH} r_A / (I_{\max} - I_{AH}) = r_A (n - 1),$$

где  $r_A$  – внутреннее сопротивление амперметра;

$n = I_{\max}/I_{AH}$  – коэффициент, показывающий, во сколько раз расширяются пределы измерения.

Так как  $I_{\max}/I_{AH} = I/I_A$ , то ток в цепи при заданной нагрузке

$$I = nI_A,$$

где  $I/I_A$ , – показания амперметра.

Если шкалу амперметра отградуировать с учетом шунта, то можно определять значение измеряемого тока  $I$  непосредственно по показаниям прибора.

При измерении переменных токов шунты не применяют. Это объясняется тем, что распределение токов между шунтом и амперметром определяется не только их активным сопротивлением, но и реактивным сопротивлением прибора, которое зависит от частоты. Поэтому для расширения пределов измерения амперметров в цепях переменного тока используют измерительные трансформаторы тока.

### *Измерение напряжения.*

Электроизмерительные приборы, предназначенные для измерения напряжения, называют вольтметрами. Их включают параллельно участку (элементу) электрической цепи, на котором измеряется напряжение (рис.3.3).

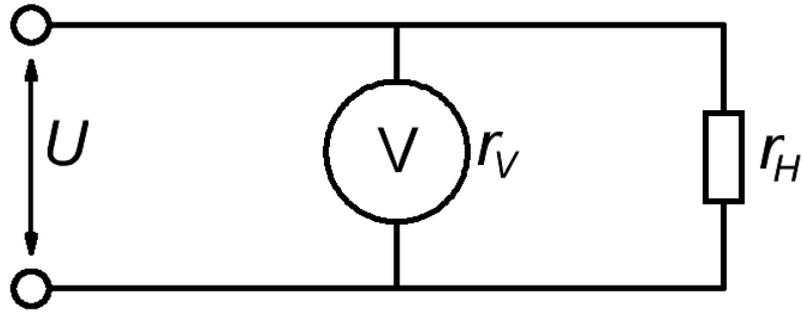
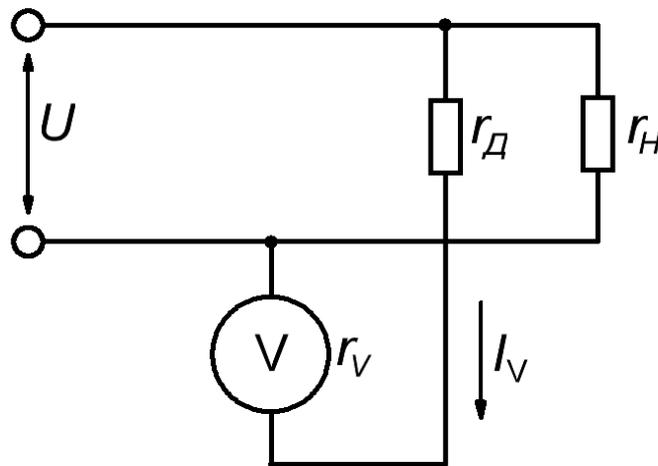


Рис.3.3 Схема включения вольтметра при измерении напряжения.

Вольтметр должен иметь очень большое сопротивление по сравнению с сопротивлением элемента цепи, на котором измеряется напряжение. Это необходимо для уменьшения погрешности измерения и для того, чтобы не было изменения режима работы цепи. В самом деле, чем больше сопротивление вольтметра, тем меньший ток проходит через него и тем меньше расходуется в нем энергии, а, следовательно, тем меньшее влияние оказывает включение прибора на режим работы цепи.

Для расширения пределов измерений вольтметров в цепях постоянного тока с напряжением до 1000-4500 В служат добавочные резисторы, включае-



мые последовательно с прибором (рис. 3.4).

Рис.3.4. Схема включения вольтметра с добавочным резистором.

В цепях переменного тока напряжением свыше 1000 В для расширения пределов измерений используют измерительные трансформаторы напряжения.

При включении последовательно с вольтметром добавочного резистора сопротивление последнего определяют из следующих соображений: допустим, вольтметром с сопротивлением  $r_V$ , рассчитанным на номинальное напряжение  $U_{НОМ}$ , необходимо измерить напряжение  $U_{хтах}$  которое в  $n$  раз больше  $U_{НОМ}$

В этом случае необходимо соблюдать условие, при котором ток, проходящий через вольтметр, был бы одинаковым при обоих напряжениях, т.е.

$$I_V = U_{НОМ} / r_V = U_{x\max} / (r_V + r_D) = U_{НОМ} n / (r_V + r_D),$$

откуда  $r_D = r_V(n-1)$  и фактически измеряемое напряжение

$$U_x = nU_V,$$

где  $U_V$  - показания вольтметра.

Шкалу вольтметров в большинстве случаев градуируют с учетом добавочного сопротивления  $r_D$ . При этом вольтметр может быть выполнен на несколько пределов измерения, для чего он снабжается несколькими добавочными сопротивлениями и соответствующим переключателем шкалы на лицевой стороне прибора.

Для измерения напряжения в цепях постоянного тока применяют магнитоэлектрические вольтметры, а в цепях переменного тока - электромагнитные и электродинамические. При измерении малых переменных напряжений используют выпрямительные и электронные милливольтметры, причем при повышенных частотах преимущественно электронные.

Измерение напряжений сверх 1000 В и токов выше 5 А в цепях переменного тока производится с помощью специальных измерительных трансформаторов напряжения и тока (Рис. 3.5, а - измерение напряжений; б - измерение тока).

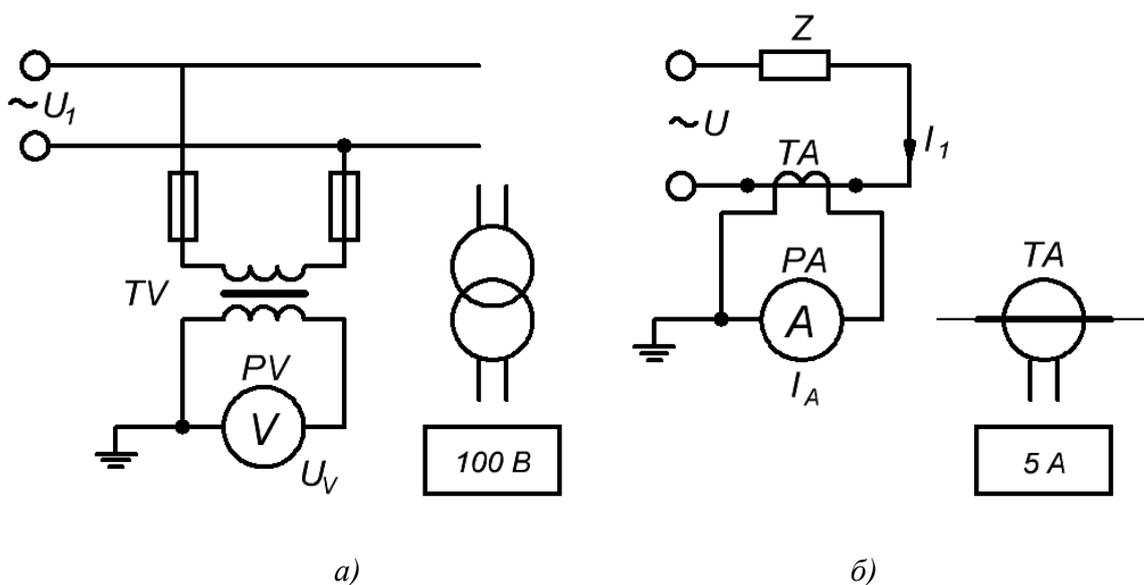


Рис.3.5. Схема измерений напряжения свыше 1000 В и тока более 5 А:  
а - измерение напряжения; б- измерение тока.

Измеряемое напряжение при использовании трансформатора TV

$$U_1 = K_{UD} U_V,$$

где  $U_1$  - показание вольтметра PV,

$K_{UD}$  - действительный коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

Измеряемый ток при использовании трансформатора тока ТА

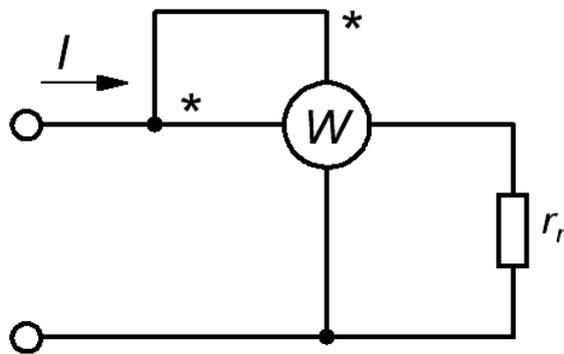
$$I_1 = k_{ID} I_A,$$

где  $I_A$  - показание амперметра РА;

$k_{ИД}$  - действительный коэффициент трансформации трансформатора тока, который совпадает с номинальным  $k_{ИН}$  только при номинальной нагрузке потребителя на сеть.

### *Измерение мощности в электрических цепях.*

В цепи постоянного тока мощность может быть измерена с помощью амперметра и вольтметра, так как  $P = I \cdot U$ . Однако более точно ее можно измерить электродинамическим ваттметром (рис. 3.6). Он состоит из катушки с малым сопротивлением, включенной, как амперметр, последовательно и называемой токовой обмоткой, и подвижной катушки с большим сопротивлением, включаемой параллельно и называемой обмоткой напряжения.



*Рис. 3.6. Измерение мощности в цепях постоянного тока с помощью электродинамического ваттметра.*

Вращающий момент ваттметра пропорционален произведению токов в катушках:

$$M_{BP} = K \cdot I \cdot I_U,$$

где  $I$  - ток в неподвижной катушке, практически равный току нагрузки;

$I_U = U/r_U$  - ток в подвижной катушке, т. е. в обмотке напряжения;

$r_U$  - сопротивление цепи подвижной катушки.

Следовательно,

$$M_{BP} = K \cdot I \cdot U / r_U = C \cdot U \cdot I = C \cdot P,$$

где  $C$  - коэффициент пропорциональности.

Таким образом, вращающий момент ваттметра пропорционален мощности и его шкала может быть отградуирована непосредственно в ваттах или киловаттах.

Для измерения активной мощности в цепях переменного тока применяют ваттметры электродинамической системы. Их включают так же, как и

при измерениях в цепи постоянного тока. Так как ток  $I_U$  в подвижной катушке (катушке напряжения) пропорционален напряжению  $U$  и практически совпадает с ним по фазе (сопротивление цепи обмотки напряжения ваттметра практически можно считать активным), а ток  $I$  в неподвижной катушке (токовой обмотке) равен току нагрузки, то вращающий момент ваттметра

$$M_{BP} = C \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = C \cdot P,$$

где  $C$  - коэффициент пропорциональности.

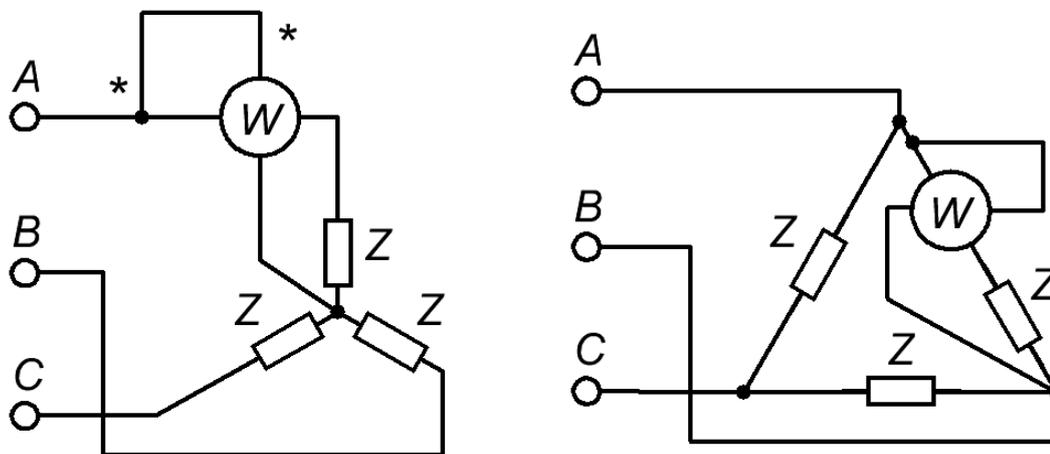
Итак, вращающий момент ваттметра пропорционален измеряемой активной мощности  $P$ , а противодействующий момент  $M_{ГР}$  пропорционален углу поворота, а подвижной катушки (или стрелки прибора). Поэтому отклонение стрелки прибора пропорционально измеряемой мощности  $P$  и, следовательно, шкалу ваттметра градуируют в ваттах или киловаттах.

Зажимы токовой обмотки и обмотки напряжения ваттметра, помеченные звездочками и называемые генераторными, следует подключать в электрическую цепь со стороны источника питания.

В зависимости от характера нагрузки и схемы трехфазной цепи применяется несколько способов измерения мощности.

При симметричной нагрузке активную мощность в трехфазной цепи можно измерить путем замера мощности в одной фазе с помощью ваттметра (рис. 3.7).

После измерения показания ваттметра  $P_W$  умножают на 3:  $P = 3 \cdot P_W$ .



а) б)  
 Рис.3.7. Схемы измерения активной мощности  
 в трехфазной цепи при симметричной нагрузке:  
 а – при соединении потребителей "звездой";  
 б – при соединении потребителей "треугольником".

В трехпроводной трехфазной цепи как при симметричной, так и несимметричной нагрузке и любом способе соединения потребителей активную мощность можно измерить с помощью двух ваттметров (рис. 3.8).

Покажем, что алгебраическая сумма показаний ваттметров в этом случае равна активной мощности  $P$  в трехпроводной трехфазной цепи.

Мгновенное значение мощности, измеряемое первым ваттметром

$$p_1 = u_{AB} \cdot i_A.$$

Мгновенная мощность, измеряемая вторым ваттметром,

$$p_2 = u_{CB} \cdot i_C.$$

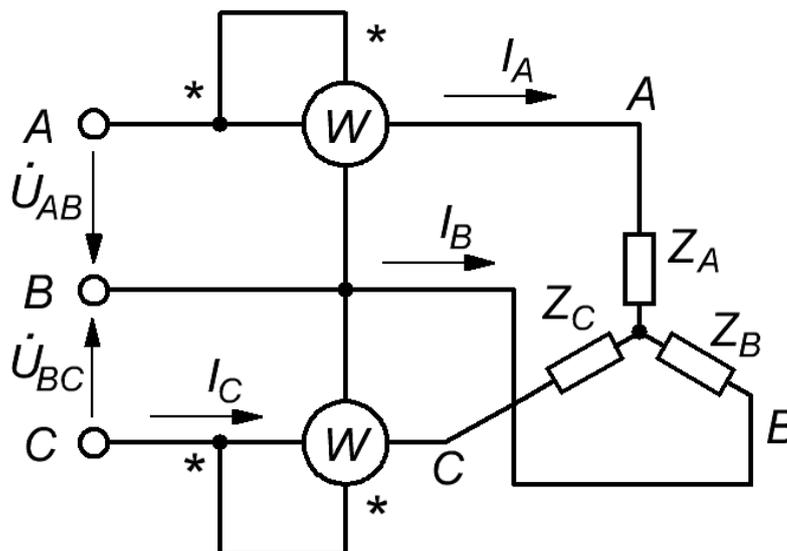


Рис.3.8. Схема измерения активной мощности в трехфазной цепи с помощью двух ваттметров.

Сумма мгновенных значений мощностей измеряемых двумя ваттметрами:

$$P = P_1 + P_2 = u_{AB} \cdot i_A + u_{CB} \cdot i_C.$$

Если линейные напряжения  $U_{AB}$  и  $U_{CB}$ , на которые подключены обмотки напряжения ваттметров, выразить через фазные напряжения:

$$u_{AB} = u_A - u_B; \quad u_{CB} = u_C - u_B, \text{ то}$$

$$p = u_A \cdot i_A - u_B \cdot i_A + u_C \cdot i_C - u_B \cdot i_C \text{ или } p = u_A \cdot i_A + u_C \cdot i_C - u_B (i_A + i_C).$$

Так как в трехпроводной трехфазной цепи  $i_A + i_B + i_C = 0$ , то  $i_A + i_C = -i_B$ , а окончательное выражение мощности, измеряемой двумя ваттметрами

$$P = u_A \cdot i_A + u_B \cdot i_B + u_C \cdot i_C.$$

Из этого следует, что суммарная мгновенная мощность, измеряемая двумя ваттметрами, равна активной мощности в трехфазной цепи при соединении потребителей звездой. Подобные же рассуждения можно повторить и для соединения потребителей треугольником, получив при этом одинаковый конечный результат.

Активная мощность трехфазной системы, выраженная через действующие значения напряжений и токов и замеренная по способу двух ваттметров, равна:

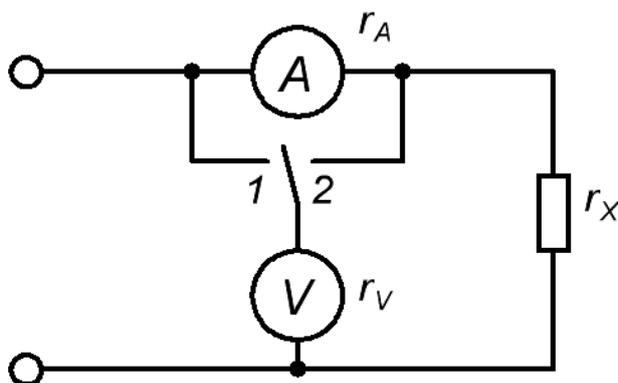
$$P = P_{W1} + P_{W2}.$$

### Измерение сопротивлений

*Косвенный метод.* Метод определения сопротивлений с помощью амперметра и вольтметра является косвенным, так как в этом случае по показаниям приборов  $I$  и  $U$ , пользуясь законом Ома, находят искомое сопротивление.

$$R_X = \frac{U}{I}.$$

При измерении сопротивления этим методом приборы могут быть включены двумя способами (рис. 3.9), причем и в том и в другом случае результа-



ты не будут точными, если не ввести соответствующие поправки.

Рис. 3.9. Схема измерения сопротивлений методом амперметра-вольтметра.

Когда на схеме рис. 3.9 переключатель находится в положении 1, ошибка в определении сопротивления  $r_X$  обуславливается тем, что вольтметр измеряет не только напряжение на сопротивлении, но и потерю напряжения в сопротивлении амперметра  $r_A$ . Когда измеряемое сопротивление значительно больше сопротивления амперметра ( $r_X \gg r_A$ ), тогда падением напряжения в сопротивлении  $r_A$  можно пренебречь и вычислять искомое сопротивление непосредственно по показаниям приборов. Если же сопротивления  $r_X$  и  $r_A$  соизмеримы по значению, то для получения более точного результата необходимо пользоваться формулой

$$r_X = \frac{U - Ir_A}{I} = \frac{U}{I} - r_A.$$

Когда на схеме рис. 3.9 переключатель находится в положении 2, ошибка в определении сопротивления  $r_X$  обуславливается тем, что амперметр пока-

зывает сумму двух токов, один из которых ( $I_X$ ) проходит через неизвестное сопротивление  $r_X$ , другой ( $I_U$ ) - через вольтметр:

$$I = I_X + I_U.$$

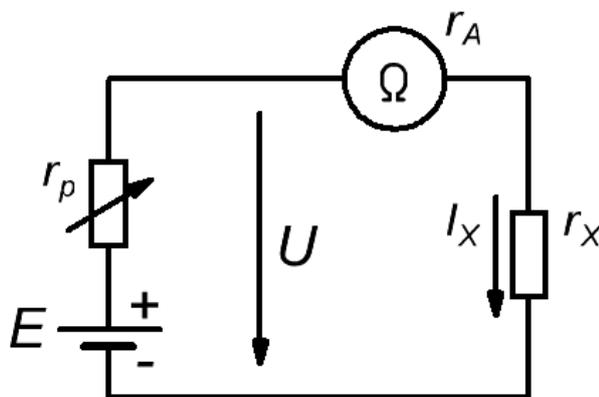
Если при этом измеряемое сопротивление значительно меньше сопротивления вольтметра ( $r_X \ll r_A$ ), то током  $I_U$ , проходящим через вольтметр, можно пренебречь и искомое сопротивление можно вычислить непосредственно по показаниям приборов. Если же эти сопротивления соизмеримы по значению, то для получения более точного значения  $r_X$  пользуются формулой

$$r_A = \frac{U}{I - U/r_U}.$$

Рассмотренный косвенный метод измерения сопротивлений не всегда удобен, так как требует затрат времени на дополнительные вычисления. Кроме того, он отличается невысокой точностью из-за влияния внутренних сопротивлений приборов.

*Метод непосредственного измерения.* Для непосредственного измерения сопротивлений служат специальные приборы - омметры, которые представляют собой комбинацию магнитоэлектрического миллиамперметра и специальной измерительной схемы. Шкалу такого прибора градуируют в омах.

На схеме рис. 3.10 последовательно с миллиамперметром включены резистор с сопротивлением  $r_X$ , регулируемый добавочный резистор с сопро-



тивлением  $r_p$  и источник питания.

Рис.3.10. Схема измерения сопротивлений помощью миллиамперметра (омметра).

В этом случае шкала прибора обратная, так как с увеличением измеряемого сопротивления ток в приборе уменьшается:

$$r_A = \frac{U}{I - U/r_U},$$

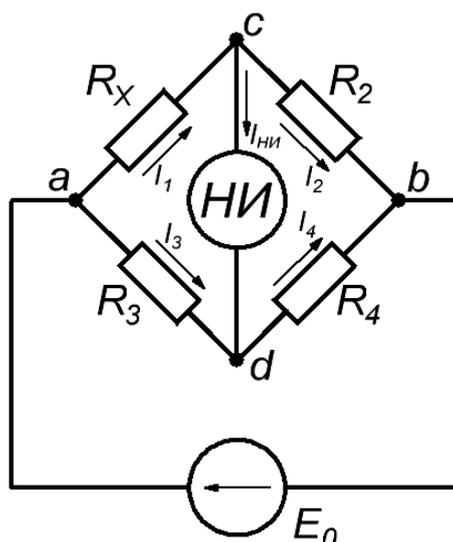
где  $U$  - рабочее напряжение омметра.

При неизменном  $U$  показание прибора зависит только от измеряемого сопротивления  $r_X$ , так как значению  $r_X$  соответствует определенное значение тока  $I_X$ . Это позволяет шкалу миллиамперметра отградуировать в омах.

Показания омметров зависят от значения ЭДС источника питания, которая с течением времени уменьшается, что является существенным недостатком этих приборов. Для того, чтобы при изменении ЭДС источника рабочее напряжение  $U$  оставалось постоянным, омметры снабжают специальным добавочным сопротивлением  $r_p$  с помощью которого регулируют прибор перед измерением (регулировка нуля).

На практике чаще всего применяют омметры, показания которых не зависят от ЭДС источника питания. В качестве таких омметров используют магнитоэлектрические логометры - приборы, у которых отсутствует механическое устройство для создания противодействующего момента. Магнитоэлектрический логометр состоит из двух катушек, закрепленных на одной оси под углом  $90^\circ$  и жестко связанных друг с другом.

*Мостовой метод измерения.* Измерительное устройство, выполненное по мостовой схеме (рис. 3.11) и позволяющее измерять электрические



сопротивления методом сравнения, называют измерительным мостом.

Рис.3.11. Схема измерения сопротивления мостовым методом.

Разновидностями мостов постоянного тока являются одинарные (четырёхплечие) и двойные (шестиплечие) мосты, как уравновешенные, так и неуравновешенные. Мосты выполняются с ручным и автоматическим уравновешиванием. Наиболее широкое применение имеют одинарные уравновешенные мосты.

На рис. 3.11 представлена электрическая схема одинарного моста постоянного тока, содержащая четыре плеча и две диагонали. В одно плечо моста включается объект с измеряемым сопротивлением  $R_x$ , а три других плеча образованы резисторами с сопротивлениями  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$ . В одну диагональ моста (между узлами  $a$  и  $b$ ) включается источник питания с ЭДС  $E_0$  в другую (узлы  $c$  и  $d$ ) нулевой индикатор НИ, играющий в цепи моста роль указателя равновесия моста. Когда потенциалы точек  $c$  и  $d$  моста равны между собой,

ток в нулевом индикаторе  $I_{НИ} = 0$ . Мост в этом режиме находится в состоянии равновесия, т. е. признаком равновесия моста является нулевое отклонение указателя НИ. При этом справедливы соотношения:

$$I_1 = I_2, I_3 = I_4, R_x I_1 = R_3 I_3.$$

Разделив почленно два последних уравнения друг на друга и учтя равенства токов, получим

$$R_x/R_2 = R_3/R_4,$$

откуда получаем уравнение равновесия моста:

$$R_x R_4 = R_2 R_3.$$

Произведения сопротивлений элементов, включенных в противоположные плечи уравновешенного моста, равны друг другу. Добившись равновесия моста путем регулирования сопротивлений резисторов в плечах, записывают их значения и вычисляют искомое значение сопротивления  $R_x$ :

$$R_x = R_2 R_3 / R_4.$$

Плечо  $R_2$  называют плечом сравнения, а плечи  $R_3$  и  $R_4$  - плечами отношения. Одинарный мост служит для измерений только средних сопротивлений, малые и большие сопротивления измерять им не рекомендуется. Нижний предел (единицы Ом) измерения моста ограничен влиянием сопротивлений соединительных проводов и переходных контактов, которые неизбежно включаются в плечо ас последовательно с измеряемым объектом  $R_x$ . Верхний предел (105  $\Omega$ ) измерения моста ограничен шунтирующим действием токов утечки.

Наряду с уравновешенными мостами для измерения сопротивлений широко применяются неуравновешенные мосты, позволяющие более быстро проводить измерение сопротивлений (но менее точно, так как их показания зависят от стабильности напряжения источника питания). Значение измеряемого сопротивления в этих мостах определяют непосредственно по показаниям прибора. В неуравновешенных мостах часто используют в качестве измерительного прибора магнитоэлектрические логометры, позволяющие повысить точность измерения.

Уравновешивание мостов можно производить вручную или автоматически. Автоматическое уравновешивание применяют в тех случаях, когда необходимо следить за изменением измеряемого сопротивления и управлять его значением.

### **Контрольные вопросы к практической работе 3.**

1. Дайте определение электрического измерения.
2. Что относят к метрологии.
3. Что относят к стандартизации.
4. Перечислите основные единицы электрических измеряемых величин.
5. Какие измерения называют прямыми.
6. Какие измерения называют косвенными.

7. Что представляет собой метод измерения сравнением. Дайте характеристику метода.
8. Измерение тока.
9. Измерение напряжения.
10. Измерение мощности.
11. Измерение сопротивления.

#### **Практическая работа 4.** **Измерение электрических величин** **с помощью универсального прибора мультиметра.**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки работы с мультиметром.

**Задание:** Ознакомиться с принципами работы аналогового и цифрового мультиметра. Провести измерение сопротивления, емкости, тока и напряжения. Получить у преподавателя задание на проведение тестирования электрических элементов с помощью мультиметра.

Чаще всего, в электроремонтных работах, электрические измерения сводятся к измерению таких величин, как сопротивление, напряжение или сила тока. Все приборы, предназначенные для электрических измерений можно разделить на две группы: аналоговые, где значение измеряемой величины указывается стрелкой на шкале прибора и цифровые, преобразующие входной сигнал аналого-цифровым преобразователем в цифровой и выводящие значение измеряемой величины на ЖК-дисплей.

*Мультиметр (тестер) - универсальный прибор для измерения электрических величин.* При помощи этого универсального прибора можно измерять напряжения переменного и постоянного тока, сопротивления, токи в схеме, электропроводность цепи (отсутствие или наличие разрывов) (рис.4.1).

Некоторые модели тестеров позволяют также тестировать диоды, конденсаторы и транзисторы. С помощью более функциональных мультиметров можно, помимо перечисленных электрических величин, измерять ёмкость, индуктивность, иногда даже температуру. Некоторые модели могут иметь функцию звукового сигнала, сигнализирующего о наличии замкнутой цепи, что иногда бывает очень удобно.

В настоящее время есть два основных типа мультиметров: аналоговый и цифровой.



Рис. 4.1 Внешний вид аналогового мультиметра.

В аналоговом мультиметре результаты измерений наблюдаются по движению стрелки по измерительной шкале, на которой подписаны значения: напряжение, ток, сопротивление.

Популярность аналоговых мультиметров объясняется их доступностью и ценой (2-3\$), а основным недостатком является некоторая погрешность в результатах измерений. Для более точной подстройки в аналоговых мультиметрах имеется специальный подстроечный резистор, манипулируя которым можно добиться немного большей точности. Тем не менее, в случаях, когда



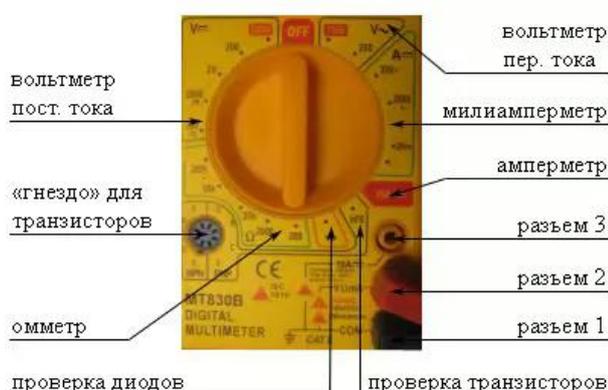
желательны более точные измерения, лучше использовать цифровой мультиметр.

Рис. 4.2 Внешний вид цифрового мультиметра.

Главным отличием цифрового мультиметра (рис.4.2) от аналогового является то, что результаты измерения отображаются на специальном экране (в старых моделях на светодиодах, в новых на жидкокристаллическом дисплее). К тому же цифровые мультиметры обладают более высокой точностью и отличаются простотой использования, так как не приходится разбираться во всех тонкостях градуирования измерительной шкалы, как в стрелочных вариантах.

### Как пользоваться мультиметром.

Любой мультиметр имеет два вывода, черный и красный, и от двух до четырех гнезд (рис. 4.3). Черный вывод является общим (масса). Красный называют потенциальным выводом и применяют для измерений. Гнездо для общего вывода помечается как com или просто (-) т.е. минус, а сам вывод на конце часто имеет так называемый "крокодильчик", для того, чтобы при из-



мерении можно было зацепить его за массу электронной схемы. Красный вывод вставляется в гнездо помеченное символами сопротивления или вольты (ft, V или +), если гнезд больше чем два, то остальные обычно предназначены для красного вывода при измерениях тока. Помечены как A (ампер), mA (миллиампер), 10A или 20A соответственно.

*Рис. 4.3 Внешний вид панели мультиметра.*

*Переключатель выбора функции.* Круглый переключатель используется для выбора функции, которая будет использоваться в данный момент: измерение напряжения, тока, сопротивление и т.д. На тестерах без функции автоподстройки диапазона переключатель служит также для установки максимального предела измерений заданной физической величины. Этот предел следует выставлять на мультиметре таким образом, чтобы он представлял собой ближайшее значение, превышающее предполагаемое значение измеряемой величины; в этом случае точность считывания будет наилучшей.

Переключатель мультиметра позволяет выбрать один нескольких пределов для измерений. Например, простейший китайский стрелочный тестер: постоянное (DCV) и переменное (ACV) напряжение: 10В, 50В, 250В, 1000В.

Ток (mA): 0.5mA, 50mA, 500mA.

Сопротивление (обозначается значком, немного похожим на наушники): X1K, X100, X10, что означает умножение на определенное значение, в цифровых мультиметрах обычно указывается стандартно: 200Ом, 2кОм, 20кОм, 200кОм, 2МОм.

На цифровых мультиметрах пределов измерений обычно больше, к тому же часто добавлены дополнительные функции, такие как звуковая "прозвонка" диодов, проверка переходов транзисторов, частотомер, измерение емкости конденсаторов и датчик температуры.

*Для того, чтобы мультиметр не вышел из строя при измерениях напряжения или тока, особенно если их значение неизвестно, переключатель желательно установить на максимально возможный предел измерений, и только если показание при этом слишком мало, для получения более точного результата, переключайте мультиметр на предел ниже текущего*

*Если же в мультиметре имеется функция автоподстройки, то он сам автоматически выставит оптимальный диапазон измерений.*

*Контроль установки нуля:* в аналоговых мультиметрах отсутствует функция автоматической подстройки нуля, и потому производители предусматривают возможность ручной установки путем вращения штифта подстроенной головки. При этом стрелка прибора должна быть выставлена на значение 0 Ом. Однако и некоторые цифровые тестеры имеют кнопку, при нажатии которой прибор "сбрасывается на нуль". (Щупы тестера также обладают некоторым сопротивлением, и установка нуля помогает компенсировать его, что особенно важно для измерения малых значений сопротивления.)

*Настройка мультиметра.* Современные тестеры, особенно это касается цифровых, чаще всего работают на батарейках. Если на дисплее появился символ, предупреждающий о севшей батарее, то нужно сразу же заменить ее.

Лучше всего использовать алкалайновые батареи и, естественно, исключительно новые. Большинство мультиметров не предназначено для работы от перезаряжаемых (никель-кадмиевых) элементов питания, в частности потому, что они дают немного меньшее напряжение по сравнению с одноразовыми батарейками. По этой причине использовать аккумуляторы можно только в том случае, если это явно разрешено в руководстве по эксплуатации прибора.

Для проверки работоспособности мультиметра выполните следующие простые операции.

1. Включите прибор и поставьте переключатель в положение для измерения сопротивления (омы). Если мультиметр не имеет функции автоподстройки диапазона, то необходимо выставить наиболее низкий предел измерений.

2. Установите оба вывода в соответствующие гнезда на мультиметре и соедините между собой щупы.

3. На дисплее мультиметра должен появиться 0 или число, максимально близкое к нему.

Если в мультиметре отсутствует функция автоподстройки диапазона измерения, то после замыкания выводов между собой необходимо нажать кнопку установки нуля. В аналоговых тестерах для той же цели нужно покрутить головку и установить нуль вручную. Для полностью автоматических же мультиметров достаточно просто замкнуть щупы, подождать пару секунд — прибор сам установит нуль.

Избегайте случайных касаний пальцами металлических концов щупов во время измерений. Сопротивление человеческого тела может негативно повлиять на результат измерений. Необходимо быть совершенно уверенным, что кончики щупов чисты. Грязь или ржавчина могут также привести к изменению результата. Очищать щупы от загрязнений можно тем же очистителем, который используется и для очистки электрических контактов. При необходимости можно прочистить и гнезда в самом приборе.

*Перепроверьте, чтобы переключатель мультиметра стоял именно в положении измерения сопротивления, и если тестер не имеет автоподстройки диапазона, то нужно самому установить наименьший предел измерений.*

Мультиметр можно считать откалиброванным тогда, когда при замыкании щупов вместе на дисплее или шкале прибора отображается нулевое сопротивление. Этот простой тест лучше проделывать всякий раз перед использованием тестера. Для правильной настройки тестера при калибровке используйте только режим измерения сопротивления.

*Если при касании щупов друг друга на дисплее не отображается нуль или близкое число, то первое, что нужно сделать — это проверить, правильно ли установлен переключатель мультиметра. Если был установлен режим измерения тока или напряжения, то будет вполне естественно, что показания дисплея будут далеки от ожидаемых. Если же переключатель стоит в правильном положении, то, скорее всего, где-то переломился провод вывода. Тогда следует заменить вывод новым.*

После проверки и калибровки самого измерительного прибора можно выбирать требуемую функцию и диапазон измерений и переходить к работе со схемой.

### *Измерение напряжения.*

Проверки напряжения проводятся при подключенной к источнику питания схеме. Проверять напряжения можно практически во всех узлах схемы, не только уровень питания на источнике или батарее. При измерении напряжения щупы мультиметра подключаются к разъемам 1 и 2, только, выбирая режим «вольтметр» нужно выбрать род напряжения – переменный  $V\sim$  или постоянный  $V-$ . Зная предположительно значение измеряемого напряжения выберите ближайшее большее значение предела измерения. Например, при измерении напряжения в сети 220 в. – это предел измерения  $\sim 750$  в.

Измеряя напряжение мультиметр подключают параллельно к участку цепи.

1. Настройте мультиметр.
2. Поставьте черный вывод мультиметра в точку с потенциалом земли.
3. Поставьте красный вывод мультиметра в точку, потенциал которой необходимо узнать.

Пару примеров тестирования напряжения показаны на рис. 4.4 и 4.5: оба для схемы на ИМС таймера 555. На рисунке 4.4 показана процедура измерения напряжения питания схемы, на рисунке 4.5 — процедура измерения напряжения на выходе таймера. Вследствие того, что сигнал на выходе таймера относится к цифровым, выходное напряжение постоянно меняется от нуля до единицы и обратно.

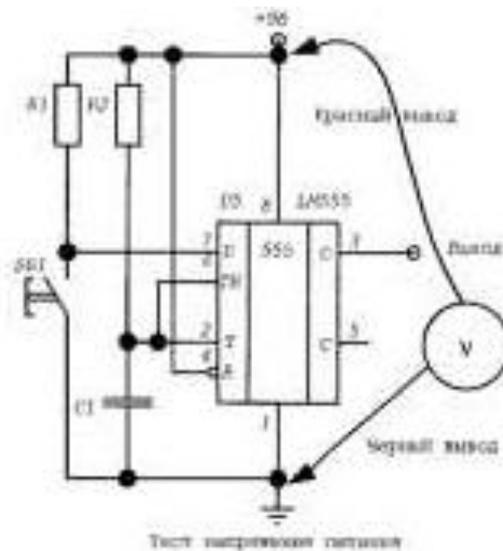


Рис.4.4. Тестирование напряжения питания, подаваемого на схему.

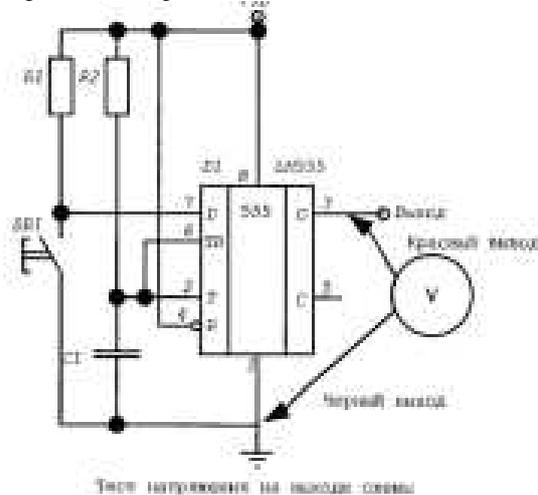


Рис.4.5 Тестирование напряжения на выходе схемы.

Сигналы, которые генерируют различные электронные схемы, могут изменяться во времени так быстро, что мультиметр просто не сможет адекватно реагировать на эти изменения. Поэтому для измерения быстро меняющихся сигналов следует использовать логический пробник или осциллограф.

### Измерение тока.

Проверка тока производится при включенном питании схемы. Тестер необходимо включить в цепь последовательно с источником питания, так как для измерения тока нужно, чтобы ток протекал через регистрирующий прибор (рис.4.7). Черный вывод нужно установить в точку с меньшим потенциалом, а если производится измерение общего тока потребления схемы — то в точку с потенциалом земли.

*Однако следует помнить, что многие цифровые мультиметры имеют ограничение по току до 200 миллиампер или даже менее.*

Можно измерять ток, протекающий в любом из узлов схемы или даже через один-единственный компонент. На рис.4.6 показан пример измерения

тока, протекающего через светоизлучающий диод. *Не забудьте, что тест проводится при переключателе, установленном в положение "миллиамперы".*

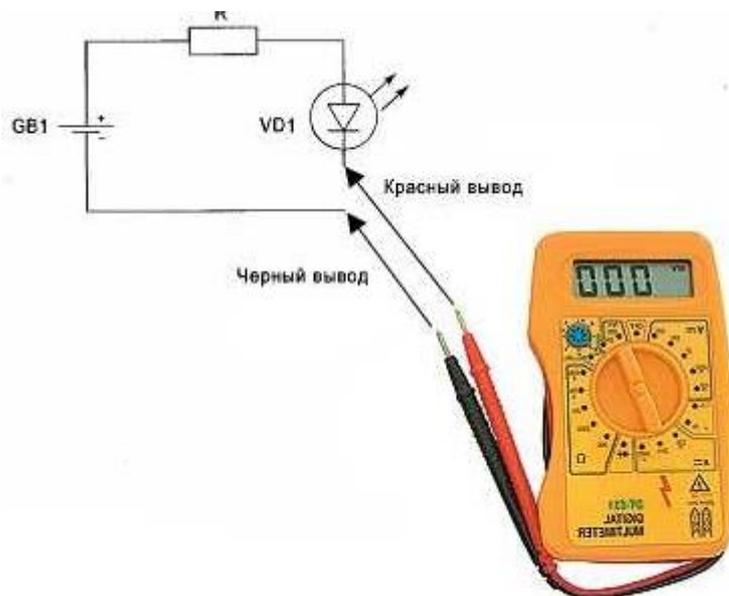


Рис.4.6. Включение мультиметра для измерения тока.

*С мультиметром, включенным в режиме амперметра следует работать очень осторожно — его сопротивление равно нулю, и если поставить щупы между землей и источником сигнала (или питания), то можно накоротко замкнуть схему и даже спалить источник.*

Если во время измерения на приборе вообще нет показаний, необходимо поменять щупы местами. (Цифровые тестеры должны показать на дисплее минус (ток течет в обратном направлении относительно данного расположения щупов), а у аналоговых стрелка зашкалит в нуле.)

После проверки теста тока лучше всегда выключать прибор — эта простая привычка поможет предотвратить повреждения мультиметра.

### *Берегите предохранитель!*

Помните, что измерение токов, превышающих те, для которых прибор предназначен, может привести к серьезным проблемам. Самая незначительная из них — риск сжечь плавкую вставку; если это все же произошло, то для дальнейших измерений нужно поменять предохранитель. Многие аналоговые и цифровые мультиметры имеют отдельное гнездо для измерения тока (не то, в котором производятся измерения напряжения и сопротивления). Обычно оно обозначается как "А" (амперы) или mA (миллиамперы). В это гнездо необходимо установить красный вывод мультиметра. В некоторых приборах также может присутствовать дополнительный вход для измерения больших токов, до 10 А; этот вход и обозначается соответственно, (например, "10 А"). (Этот вход не имеет плавкого предохранителя.) Нужно внимательно следить, чтобы использовать при измерениях тока правильные гнезда прибора.

### Тестирование исправности переключателя.

Невзирая на всю свою простоту, механические ключи могут покрыться грязью, а их движущиеся детали — износиться. Старый ключ вполне может оказаться той причиной, по которой ток не течет через контакт.

На рис.4.7 показано, что нужно сделать для того, чтобы проверить механический ключ. Простейшим и самым распространенным типом переключателя является однополярный однонаправленный ключ, или ключ. Такой ключ можно легко узнать по наличию всего двух контактов: один служит входом для тока, второй — соответственно, выходом. В зависимости от положения



замыкателя, переключателем можно пропускать или отсекают протекающий ток.

Рис.4.7 Тестирование ключа.

При тестировании исправности переключателей разных типов можно воспользоваться методикой, которая систематизирована в таблице 4.1. Конечно, физическое расположение и функциональное назначение контактов каждого переключателя может несколько отличаться. Так, довольно часто в двухполюсных ключах средний контакт используется как общий провод, и тогда в одном положении замыкателя ток течет с левого контакта на общий провод, а в другом — на общий с правого. Однако не все переключатели имеют подобную конструкцию, и сказать наверняка, как устроен данный ключ, можно только, проведя несколько простых экспериментов.

Таблица 4.1.Методика тестирования переключателей.

	Тип ключа	Комментарии
1	SPST	Ключ имеет металлический корпус; для тестирования необходимо коснуться одним щупом корпуса, а вторым -контакта

2	SPRT	Для тестирования коснитесь двумя щупами тестера контактов ключа
3	SPOT	Для тестирования коснитесь одним щупом среднего контакта ключа, а другим - одного из боковых контактов. Переключите ключ и проверьте показания тестера еще раз
4	DPST DPDT	Аналогичен предыдущему типу, но необходимо проверить все комбинации контактов во всех положениях замыкателя.

При тестировании различных типов механических переключателей будет полезным следующая информация:

- Когда ключ находится в выключенном положении, на дисплее мультиметра должно высвечиваться показание полного отсутствия проводимости (бесконечное сопротивление).
- Когда ключ находится во включенном положении, мультиметр должен показывать нулевое сопротивление. Если же тестер показывает отсутствие проводимости, то это верный признак того, что ключ неисправен.
- Легче всего проверять исправность ключей прямо в схеме. Однако при этом следует помнить, что тогда при размыкании ключа тестер уже не покажет бесконечно большое сопротивление. На дисплее появится число, далекое от нуля, но не равное бесконечности.

Иногда попадаются двунаправленные переключатели, которые не имеют позиции выключения. Вместо этого такой ключ имеет сразу две позиции включения. Такие переключатели можно тестировать так же, как и пару простых однополярных ключей, соединенных вместе; для этого, правда, нужно провести два теста вместо одного, но очень простых. Если же ключ все-таки имеет выключающую позицию, то с замыкателем в таком положении (обычно центральном) тестер должен показать бесконечное сопротивление.

#### *Тестирование предохранителей.*

Когда схема начинает потреблять слишком большой ток, ее элементы начинают греться, разрушаясь в процессе работы. Для защиты электроники от повреждений, причиной которых является избыточный ток, или от перегрева и возможного возгорания служат плавкие вставки или предохранители. Предохранитель представляет собой элемент с тончайшей проволокой внутри, которая при превышении протекающим током какого-то определенного значения перегорает и, таким образом, размыкает электрическую цепь.

Иногда к выходу вставки из строя приводят импульсные скачки тока. Когда предохранитель сгорает, его нужно заменить вставкой с таким же предельным значением тока, что и ранее стояла в этом устройстве. Значение предельного тока обычно указывается прямо на корпусе предохранителя.

Для того чтобы протестировать предохранитель, нужно установить переключатель мультиметра в положение измерения сопротивления или электропроводности. Затем нужно коснуться щупами концов вставки, как показано на рис.4.8. При этом мультиметр должен показать нулевое сопротивление; если же на дисплее высветилось бесконечное сопротивление, то это однозначно говорит о том, что предохранитель сгорел и его нужно менять.



Рис.4.8 Тестирование предохранителя.

### Тестирование резисторов.

Резисторами называются компоненты, предназначенные для ограничения тока через электрическую схему или деления напряжения. Резисторы выпускаются самых разных номиналов, и часто значения сопротивлений наносятся на корпус в виде цифр или цветовой маркировки. Иногда все же определить номинал по маркировке бывает затруднительно, или просто возникает необходимость проверить исправность элемента. Резистор должен быть выпаян из электрической цепи хотя бы одним концом, чтобы быть уверенным в том, что никакие другие компоненты схемы не повлияют на результат. Чаще всего, электрикам приходится измерять сопротивление, определять наличие или отсутствие электрической цепи. Щупы подключаются к разъемам 1 (общий) и 2. Тест резистора при помощи мультиметра состоит из трех этапов.

1. Установите переключатель мультиметра в положение измерения сопротивления (Омы). Если тестер не имеет функции автоподстройки диапазона измерения, то нужно установить максимальный предел измерения и при необходимости уменьшать его, меряя сопротивление.

2. Коснитесь щупами мультиметра обоих концов резистора. Убедитесь, что вы не касаетесь металлических кончиков щупов пальцами, иначе сопротивление человеческого тела может значительно повлиять на показания измерений.

3. Проверьте показания мультиметра. Сгоревший или испорченный резистор покажет либо полный обрыв цепи (бесконечно большое сопротивление либо на табло будет неизменяющаяся 1), либо короткое замыкание (тестер покажет нулевое сопротивление).

При проверке резистора бесполезным будет проверить, совпадает ли маркировка элемента с его реальным номиналом. Измеренное сопротивление должно равняться указанному в пределах допуска. Если резистор имеет допуск 10% и промаркирован как 1 кОм, допустимые показания мультиметра могут колебаться от 900 до 1100 кОм, поскольку указанный допуск от 1000 Ом составляет 100 Ом. (Здесь не учитывается собственная погрешность измерительного прибора — обычно около 2 %: таким образом, показания мультиметра для целиком годного резистора могут лежать в пределах от 882 (900 x 0,98) до 1122 (1100 x 1,02) Ом.)

### *Тестирование потенциометров.*

Потенциометром называется резистор с переменным сопротивлением. Естественно, как и обычный резистор, с помощью мультиметра можно проверить и потенциометр. Как показано на рис.4.9 для этого нужно прикоснуться щупами тестера к любой паре выводов потенциометра. Если подсоединить выводы мультиметра к контактам 1 и 2 потенциометра, то поворот штифта последнего приведет к увеличению показания (т.е. сопротивления), если же подключить тестер к контактам 2 и 3, то поворот штифта в ту же сторону, что и в первом случае, наоборот — уменьшит показания.

Проводящую поверхность потенциометра изготавливают из самых разнообразных по свойствам материалов: металлокерамики (комбинации керамики, стекла и металлических сплавов), углерода, отрезка проводников или проводящей пластмассы. Эта поверхность может получить физические повреждения, выгореть или просто покрыться загрязнениями, вследствие чего потенциометр теряет свои свойства. Полезно следить за плавным изменением сопротивления по мере вращения штифта: *любые резкие изменения сопротивления говорят, скорее всего, о какой-то внутренней неисправности переменного резистора.* При обнаружении таких неисправностей потенциометр следует заменить.



Рис. 4.9 Тестирование потенциометра.

## Тестирование конденсаторов.

Конденсаторы широко используются в электронике для непродолжительного хранения электрического заряда. Среди основных причин потери конденсаторами их свойств являются следующие три.

*Старение:* многие типы конденсаторов, особенно содержащие электролит, могут с течением времени высыхать. При изменении свойств электролита конденсатор смело можно выкидывать.

*Слишком большое напряжение:* все конденсаторы рассчитаны на определенное рабочее напряжение, превышение которого приведет к повреждениям элемента.

*Подключение с неправильной полярностью:* полярные конденсаторы обычно имеют на корпусе маркировку (+ или -), и, если перепутать полюса местами, то элемент, скорее всего, навсегда выйдет из строя, причем он даже может взорваться.

Конденсаторы можно проверять и с помощью мультиметров, лишенных специальной функции проверки этих элементов. При этом, правда, можно получить лишь качественный результат, но он также позволяет сделать вывод о необходимости замены конкретного радиоэлемента. Если на тестере действительно отсутствует функция проверки конденсаторов, можно воспользоваться следующим алгоритмом.

1. Перед тестированием нужно взять изолированный шунт и зашунтировать им выводы конденсатора. Этот шунт можно легко сделать самостоятельно. Он представляет собой обычный провод с врезанным резистором 1 или 2 МОм. Этот резистор предотвращает выводы конденсатора от короткого замыкания. Шунтирование конденсатора выполняется с целью полного разряда конденсатора, поскольку большие конденсаторы могут иметь большой остаточный заряд продолжительное время даже после снятия питания.

2. Переключите мультиметр в режим измерения сопротивления.

3. Коснитесь щупами мультиметра выводов конденсатора. Подождите пару секунд и затем проверьте показания прибора.

*Исправный конденсатор должен показать бесконечно большое сопротивление; показание же 0 (нуль) Ом однозначно скажет о том, что конденсатор вышел из строя и имеет внутри короткое замыкание. Конденсатор с утечкой теряет часть свойств по хранению заряда, поэтому при измерении его сопротивления на дисплее отобразится число между нулем и бесконечностью.*

Если необходимо проверить полярный конденсатор, то следует внимательно соблюдать полярность: черный вывод мультиметра нужно ставить на отрицательный вывод конденсатора, а красный — на положительный. Для неполярных элементов эта особенность не имеет значения. Простой тест конденсаторов при помощи омметра не дает ответа на еще один важный вопрос: не имеет ли конденсатор разрыва цепи. Такое повреждение может произойти тогда, когда полностью или частично поврежден диэлектрик (изоли-

рующийся материал) внутри элемента. Конденсатор с разрывом, естественно, также покажет бесконечное сопротивление, но это никак не говорит о его исправности. Однозначный тест конденсатора можно провести только при помощи мультиметра, оснащенного соответствующей функцией.

Если имеющийся мультиметр поддерживает функцию измерения емкости, то нет никакого смысла использовать описанную выше процедуру. Правда, чтобы правильно измерить емкость, лучше ознакомиться с руководством по эксплуатации конкретной модели мультиметра, поскольку инструкции могут несколько отличаться от образца к образцу. И не забудьте о соблюдении полярности подключения выводов мультиметра при измерении емкостей полярных конденсаторов. Кроме проверки, собственно, исправности конденсатора, измерение с помощью тестера со специально предназначенной функцией, позволяет также узнать емкость элемента. Это может оказаться очень полезным, если нужно определить, попадает ли емкость данного конденсатора в заданные пределы допусков. Также весьма удобно знать реальную емкость по той причине, что не все производители используют одинаковые системы маркировки элементов.

#### *Тестирование диодов.*

Диод представляет собой простейшее устройство из полупроводника. Проверить, исправен диод или нет, можно при помощи мультиметра, оснащенного функцией проверки диодов.

При тестировании диода воспользуйтесь следующим алгоритмом.

1. Установите переключатель мультиметра в положение проверки исправности диодов.

2. Коснитесь щупами мультиметра обоих выводов элемента.

При этом необходимо соблюдать правильную полярность: красный вывод мультиметра необходимо подсоединить к аноду (положительный вывод диода), а черный — к катоду (отрицательный вывод); чтобы правильно сделать это, достаточно найти на корпусе полоску возле одного из выводов — ею обозначается катод. И не забывайте о том, что во время измерения не нужно касаться выводов диода или тестера руками.

3. Проверьте показания мультиметра.

4. Переставьте выводы мультиметра наоборот и повторите тест снова.

Как интерпретировать полученные результаты, показано в таблице 4. 2. Хотя описанный выше тест диодов подходит для проверки всех их типов, показания тестера неадекватны результату в случае проверки светоизлучающих диодов, но обычно для них правильную полярность подключения и исправность видно визуально. Точная цифра показаний мультиметра не так важна — главное, что результат близок к нулю (но не равен) или даже просто значительно меньший при прямом включении тестера, чем при обратном.

#### *Тест диодов с помощью аналогового тестера.*

Если под рукой нет цифрового мультиметра, то можно обойтись и аналоговым, используя режим измерения сопротивлений. Алгоритм проверки будет следующим:

1. Установите переключатель мультиметра в положение измерения сопротивлений с минимально возможным пределом, например, 1кОм.

2. Подсоедините черный вывод тестера к катоду (помните: с полоской около него), а красный - к аноду. Если диод исправен, то мультиметр должен показать какое-то незначительное сопротивление.

3. Поменяйте выводы местами. Если диод исправен, то мультиметр должен показать бесконечно большое сопротивление.

И так, при подключении красного вывода мультиметра к аноду диода, а черного к катоду, вы увидите его прямое сопротивление, при обратном подключении сопротивление будет настолько высоко, что на данном пределе измерения вы не увидите ничего. Если диод пробит, его сопротивление в любую сторону будет равно нулю, если оборван, то в любую сторону сопротивление будет бесконечно большим.

Таблица 4.2. Интерпретация результатов тестирования диодов.

<i>первый тест прямое включение</i>	<i>второй тест обратное включение</i>	<i>состояние диода</i>
Около 0,5	Зашкаливает	Исправен
Зашкаливает	Зашкаливает	Неисправен — разрыв
Нуль	Нуль	Неисправен — короткое замыкание (КЗ)

### *Тестирование биполярных транзисторов.*

Для тестирования биполярных транзисторов можно применять как цифровые, так и аналоговые мультиметры. Тестирование можно проводить даже на приборах, не имеющих специальной функции проверки транзисторов. Правда, в этом случае получить количественные результаты не удастся, зато такой тест однозначно ответит на вопрос, исправен ли транзистор. Обычный биполярный транзистор представляет собой два диода, включенных навстречу один другому. Зная, как проверяются диоды, несложно проверить и такой транзистор. Стоит учесть, что транзисторы бывают разных типов, р-п-р когда их условные диоды соединены катодами, и п-р-п когда они соединяются анодами. Для измерения прямого сопротивления транзисторных р-п-р переходов, минус мультиметра подключается к базе, а плюс поочередно к коллектору и эмиттеру. При измерении обратного сопротивления меняем полярность. Для проверки транзисторов п-р-п типа делаем все наоборот. Переходы база-коллектор и база-эмиттер в одну сторону показывают проводимость (прозва-

ниваются), а в другую нет. Результаты проверки сравните с таблицей 4.3 и на основании сравнения сделайте выводы об исправности элемента.

Таблица 4.3. Результаты тестирования биполярных транзисторов.

<i>Тест p-n-перехода</i>	<i>Показания измерительного прибора</i>
Переход база-эмиттер (БЭ)	Проводимость только в одном направлении
Переход база-коллектор (БК)	Проводимость только в одном направлении
Переход коллектор-эмиттер (КЭ)	Проводимость отсутствует в обоих направлениях

*Тестирование мультиметром может привести к повреждениям некоторых типов транзисторов; особенно это касается полевых!* Данный тест можно применять лишь к биполярным транзисторам. Этот тип транзисторов можно отличить по названиям выводов, приводимым в спецификациях: база, эмиттер, коллектор. *Если нет уверенности, к какому типу транзисторов относится данный экземпляр — биполярным или полевым, — лучше найти его спецификацию.*

Если же имеющийся мультиметр поддерживает функцию проверки транзисторов, то, конечно, предпочтительнее использовать именно ее. (Кроме исправности рп-переходов, мультиметр также покажет коэффициент усиления транзистора.) Для ознакомления с точной процедурой тестирования транзисторов воспользуйтесь руководством по эксплуатации данного мультиметра.

*Запомните.*

1. При использовании стрелочного мультиметра, положите его на горизонтальную поверхность, так как в других положения точность показаний может заметно ухудшиться.

2. Не забывайте откалибровать прибор, для этого просто сомкните щупы между собой и переменным резистором (потенциометром) добейтесь, чтобы стрелка смотрела точно на ноль.

3. Не следует оставлять мультиметр включенным, даже если на аналоговом приборе на переключателе нет положения - выкл. не оставляйте его в режиме омметра, так как в этом режиме постоянно теряется заряд батареи, лучше поставить переключатель на измерение напряжения.

#### **Контрольные вопросы к практической работе 4.**

1. Дайте определение мультиметра. Какие электрические величины можно измерять с помощью мультиметра.
2. Чем отличаются аналоговый и цифровой мультиметры.
3. Опишите внешнюю панель мультиметра.
4. Как работать с переключателем функций мультиметра.
5. Как проверить установку нуля в аналоговом мультиметре.
6. Как проверить работоспособность мультиметра.
7. Когда мультиметр считается откалиброванным.
8. Методика измерения напряжения с помощью мультиметра.
9. Методика измерения тока с помощью мультиметра.
10. Методика измерения сопротивления с помощью мультиметра.
11. Тестирование предохранителей.
12. Тестирование резисторов.
13. Тестирование потенциометров.
14. Тестирование диодов.
15. Тестирование транзисторов.
16. Тестирование конденсаторов.

## **Практическая работа 5.**

### **Приборы генераторной панели судовой электростанции.**

**Цель работы:** Ознакомится с основными приборами генераторной панели судовой электростанции.

**Задание:** Описать устройство и принцип действия приборов генераторной панели; освоить методы подключения приборов к генераторной панели электростанции.

Электрораспределительные щиты предназначены для приема и распределения электроэнергии между потребителями. На них смонтированы шины, коммутационная и защитная аппаратура, регулирующие и сигнальные устройства, а также измерительные приборы.

#### *Требования Регистра РФ к контрольно-измерительным приборам судовой электростанции.*

1. Для каждого генератора постоянного тока на главном и аварийном распределительных щитах должны устанавливаться по одному амперметру и вольтметру.

2. Для каждого генератора переменного тока на главном распределительном щите и для аварийного генератора на аварийном распределительном щите как минимум должны быть установлены следующие измерительные приборы:

- амперметр с переключателем для измерения тока в каждой фазе;
- вольтметр с переключателем для измерения фазных или линейных напряжений;
- частотомер (допускается применение одного сдвоенного частотомера для генераторов, работающих параллельно, с переключателем на каждый генератор);
- ваттметр (для мощности свыше 50 кВА).

3. Для судов с установкой малой мощности, на которых не предусматривается параллельная работа генераторов, допускается устанавливать на главном и аварийном распределительных щитах один комплект измерительных приборов.

4. В цепях ответственных потребителей с номинальным током от 20 А и более должны устанавливаться амперметры. Эти амперметры допускается устанавливать на главном распределительном щите или у постов управления.

Допускается установка амперметров с переключателями, но не более чем на 6 потребителей.

5. На главном распределительном щите в фидере питания от внешнего источника электрической энергии или питания с берега должны быть преду-

смотрены:

- коммутационные и защитные устройства;
- вольтметр или сигнальная лампа;
- устройство защиты от обрыва фаз.

6. На главных и аварийных распределительных щитах для каждой сети изолированных систем должно быть установлено переключаемое или для каждой сети отдельное устройство для измерения и индикации сопротивления изоляции. Ток утечки на корпус, обусловленный работой измерительного устройства, в любых случаях не должен превышать 30 мА.

Должна быть предусмотрена световая и звуковая сигнализация о недопустимом понижении сопротивления изоляции. На судах без постоянной вахты в машинном помещении такая сигнализация должна устанавливаться также в центральном посту управления судном.

7. Измерительные приборы должны иметь шкалы с запасом по делениям, превышающие номинальные значения измеряемых величин.

Следует применять измерительные приборы с пределами шкал, не менее следующих:

- вольтметры 120% номинального напряжения;
- амперметры для генераторов, не работающих параллельно, и потребителей 130% номинального тока;
- амперметры для генераторов, работающих параллельно, предел шкалы тока нагрузки 130% номинального тока;
- ваттметры для генераторов, не работающих параллельно, -- 130% номинальной мощности;
- ваттметры для генераторов, работающих параллельно, предел шкалы мощности нагрузки 130%;
- частотомеры +10% номинальной частоты.

#### *Электроизмерительные приборы судовой электростанции.*

Электроизмерительные приборы, устанавливаемые на судовых распределительных устройствах, должны иметь равномерные деления на шкалах; надежно работать при тряске, вибрации и ударных воздействиях в условиях качки, крена и дифферента. Стрелка прибора должна быстро успокаиваться, а класс точности электроизмерительных приборов должен быть 1; 1,5 и 2,5. Сопротивление изоляции катушек приборов должно быть не ниже 10 Мом при температуре 40° С. Классификацию большого количества электроизмерительных щитовых приборов можно произвести по следующим признакам:

- роду измеряемого тока (приборы постоянного и переменного тока);
- измеряемым электрическим величинам;
- принципам действия систем (магнитоэлектрические, электромагнитные и ферродинамические);
- конструкции корпуса (брызгозащищенные, водозащищенные и герметические).

Электроизмерительные приборы предназначены для измерения электрических величин — силы тока, напряжения, мощности, угла сдвига фаз, частоты, сопротивления изоляции и других.

Для измерения указанных величин применяются амперметры, вольтметры, ваттметры, фазометры, частотомеры и мегомметры.

При параллельной работе генераторов переменного тока точная синхронизация их производится с помощью стрелочного синхроскопа. Для переменного тока применяются все перечисленные приборы, а для постоянного — амперметры и вольтметры.

Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической системы предназначаются для измерения силы тока, величины напряжения в цепях постоянного тока и измерения сопротивления изоляций цепей переменного тока. В контрольно измерительной системе судовой электростанции широко используются электродинамические и ферродинамические измерительные механизмы, которые имеют при прочих равных условиях значительно большие (в сотни раз) собственные магнитные поля. Причем, ферродинамические измерительные механизмы обладают значительно большим вращающим моментом, чем электродинамические, и на точность их измерения внешние магнитные поля почти не влияют, вследствие чего ферродинамические измерительные механизмы получили широкое применение на судах — объектах со сложными условиями эксплуатации. В настоящее время применяются электродинамические амперметры, вольтметры, ваттметры, а в случае исполнения измерительных механизмов в виде логометров — фазометры и частотомеры.

#### *Измерение мощности. Постоянный ток.*

Из формулы мощности постоянного тока  $P=IU$  видно, что определение мощности может быть произведено путем умножения показаний амперметра и вольтметра, однако на практике измерение мощности обычно производится при помощи специальных приборов — ваттметров (рис.5.1).

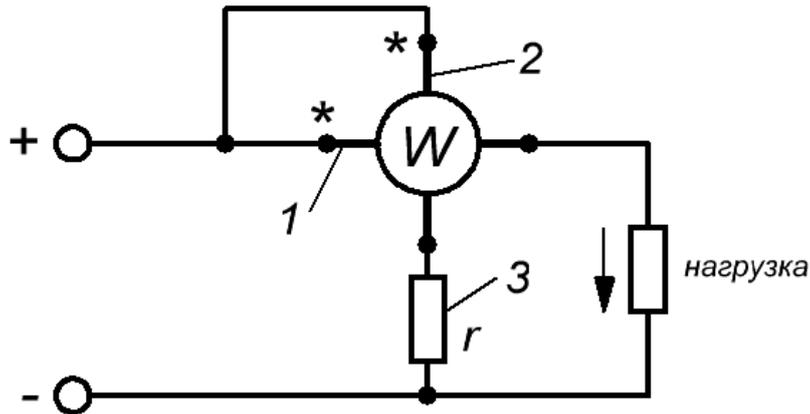


Рис.5.1. Принципиальная схема электродинамического ваттметра.

Ваттметр электродинамической системы состоит из двух катушек неподвижной 1, состоящей из небольшого числа витков толстой проволоки, и подвижной 2, состоящей из большого числа витков тонкой проволоки. При включении ваттметра ток нагрузки проходит через неподвижную катушку, последовательно включенную в цепь, а подвижная катушка включается параллельно потребителю. Для уменьшения потребляемой мощности в параллельной обмотке и уменьшения веса подвижной катушки последовательно с ней включается добавочное сопротивление 3 из манганина. В результате взаимодействия магнитных полей подвижной и неподвижной катушек возникает момент вращения, пропорциональный токам обеих катушек:

$$M = c_1 I_1 I_2.$$

Ток параллельной обмотки  $I_2$  при постоянном сопротивлении параллельной цепи пропорционален напряжению цепи. Отсюда

$$M = c_2 I_1 U = c_2 P,$$

т. е. вращающий момент прибора пропорционален мощности, потребляемой в цепи.

Чтобы стрелка прибора отклонялась от нуля вправо, необходимо ток через катушку пропускать в определенном направлении. Для этого два зажима, указывающие начала обмоток, обозначаются знаком \* и электрически соединяются. На шкале ваттметра указываются номинальный ток и номинальное напряжение прибора. Так, например, если на шкале прибора обозначено 5 а и 150 в, то прибор может измерять мощность до 750 вт. Шкалы некоторых ваттметров градуированы в делениях. Если, например, ваттметр на 5 а и 150 в имеет 150 делений, то цена деления, или постоянная ваттметра, равна  $750 : 150 = 5 \text{ вт/дел}$ .

Кроме электродинамических ваттметров, для измерения мощности в цепях постоянного тока употребляются также ваттметры ферродинамической системы. Вращающий момент ваттметра ферродинамической системы возникает в результате взаимодействия подвижной катушки с током и магнитного поля, создаваемого неподвижной катушкой, расположенной на сердеч-

нике из ферромагнитного материала.

Отличием ферродинамического измерительного механизма является размещение неподвижной катушки на магнитопроводе. Эти механизмы очень прочны, однако они уступают по точности измерительным механизмам электродинамической системы. В частности, они не могут быть применены для измерений постоянного тока.

### *Измерение мощности. Однофазный переменный ток.*

При включении электродинамического ваттметра в цепь переменного тока магнитные поля подвижной и неподвижной катушек, взаимодействуя между собой, вызовут поворот подвижной катушки. Мгновенное значение момента вращения подвижной части прибора пропорционально произведению мгновенных значений токов в обеих катушках прибора.

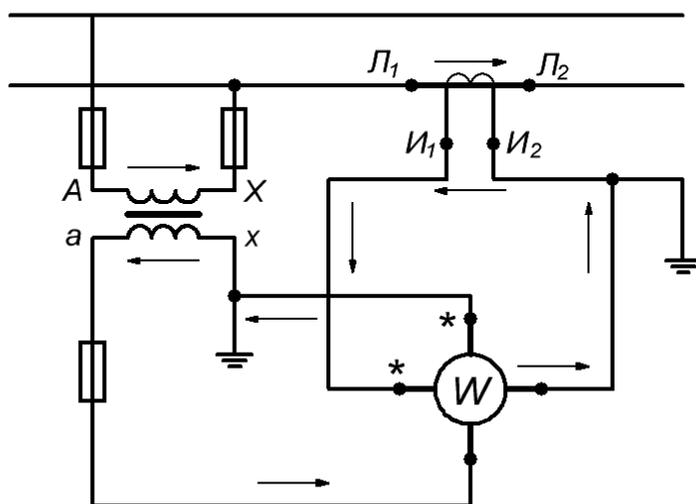
Момент вращения прибора пропорционален средней, или активной, мощности  $P=UI\cos\varphi$ . По углу поворота подвижной части ваттметра можно судить о величине активной мощности, потребляемой цепью.

Для измерения мощности переменного тока пользуются также ваттметрами ферродинамической системы.

При измерении ваттметром мощности в сетях низкого напряжения с большими токами применяют трансформаторы тока. Для определения мощности сети  $P_1$  в этом случае нужно показание ваттметра  $P_2$  умножить на коэффициент трансформации трансформатора тока  $K_T$ .

$$P_1 = P_2 k_T$$

В сетях высокого напряжения при измерении мощности используются



измерительные трансформаторы напряжения и тока (рис. 5.2).

*Рис.5.2. Схема включения ваттметра с помощью измерительных трансформаторов.*

Для получения мощности сети  $P_1$  нужно показание ваттметра  $P_2$  умножить на произведение коэффициентов трансформации трансформаторов

напряжения и тока:

$$P_1 = P_2 k_U k_I.$$

Так, например, если ваттметр включен через трансформатор напряжения 6000 /100 в и трансформатор тока 150/5 а и ваттметр показал 80 вт. то мощность сети будет

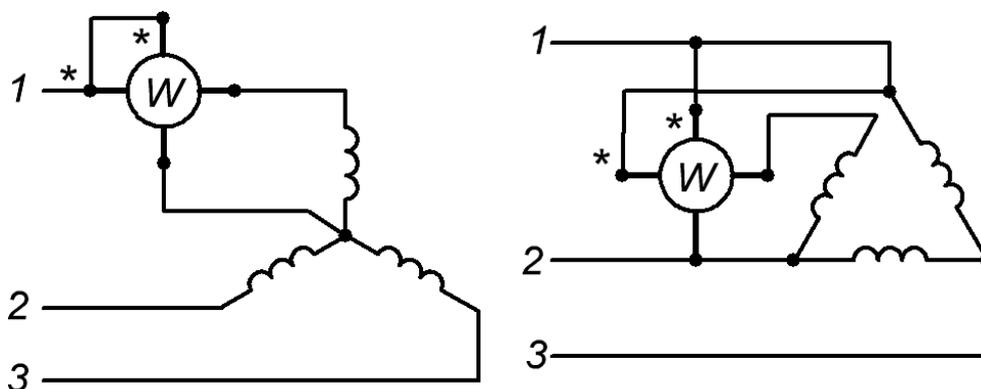
$$P_1 = 80 \cdot \frac{6000}{100} \cdot \frac{150}{5} = 144000 \text{ вт} = 144 \text{ квт.}$$

При включении ваттметров (счетчиков) через измерительные трансформаторы нужно присоединять эти приборы так, чтобы по обмоткам их проходили токи в том же направлении, как если бы они были непосредственно включены в сеть.

Кроме ваттметра, мощность однофазного переменного тока можно определить по показаниям трех приборов: амперметра, вольтметра и фазометра — согласно формуле  $P = UI \cos \varphi$ .

### *Измерение мощности. Трехфазный переменный ток.*

При симметричной нагрузке трехфазной системы для измерения мощности пользуются одним однофазным ваттметром, включенным по схеме, показанной на рис.5. 3 (а — для соединения звездой; б — для соединения треугольником). По последовательной обмотке ваттметра в этом случае протекает фазный ток, а параллельная обмотка включена на фазное напряжение.



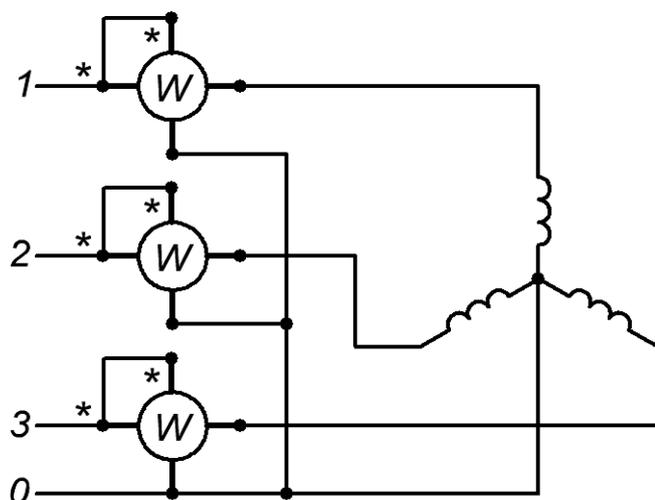
Поэтому ваттметр покажет мощность одной фазы. Для получения мощности трехфазной системы нужно показание однофазного ваттметра умножить на три.

а)

б)

Рис.5.3. Включение однофазного ваттметра в трехфазную сеть  
а)-для соединения звездой; б)- для соединения треугольником.

При несимметричной нагрузке в четырехпроводной сети трехфазного тока для измерения мощности применяется схема трех ваттметров (рис. 5.4). Каждый однофазный ваттметр измеряет мощность одной фазы. Для получе-



ния мощности трехфазной системы необходимо взять сумму показаний трех ваттметров.

Рис.5.4. Схема подключения ваттметров для измерения мощности в трехфазной четырехпроводной цепи.

При переменной нагрузке трудно получить одновременный отсчет показаний трех ваттметров. Кроме того, три однофазных ваттметра занимают много места. Поэтому часто применяют один трехэлементный трехфазный ваттметр, представляющий собой соединение в одном приборе трех однофазных ваттметров. У трехэлементного электродинамического ваттметра три подвижные параллельные катушки насажены на одну ось, связанную со стрелкой, и общий момент, полученный в результате сложения механических усилий каждой катушки, будет пропорционален мощности, потребляемой в трехфазной сети. В других конструкциях подвижные катушки, расположенные в разных местах, связаны между собой гибкими лентами и передают суммарное усилие на ось со стрелкой.

Активную мощность трехфазной сети при равномерной нагрузке можно определить при помощи трех приборов: амперметра, вольтметра и фазометра — по формуле

$$P = \sqrt{3}UI\cos\varphi,$$

где  $U$  и  $I$  — линейные напряжения и ток;

$\varphi$  — угол сдвига между фазным напряжением и током.

Мощность трехпроводной трехфазной сети при любой нагрузке (равномерной или неравномерной) независимо от способа соединения потребителей (звездой или треугольником) может быть измерена по схеме двух ваттметров.

По первому закону Кирхгофа, сумма мгновенных значений токов всех трех фаз равна нулю:

$$i_1+i_2+i_3=0,$$

$$i_2 = -i_1 - i_3.$$

Мгновенная мощность трехфазной системы будет

$$p = u_1 i_1 + u_2 i_2 + u_3 i_3.$$

Подставляя в последнее выражение значение тока  $i_2$ , получим

$$p = u_1 i_1 - u_2 i_1 - u_2 i_3 + u_3 i_3.$$

Или

$$p = i_1(u_1 - u_2) + i_3(u_3 - u_2).$$

Полученное уравнение показывает, что один из ваттметров надо включить так, чтобы по его токовой катушке протекал ток первой фазы, а катушка напряжения находилась бы под разностью напряжений первой и второй фаз; другой ваттметр следует включить так, чтобы по его токовой катушке протекал ток третьей фазы, а катушка напряжения находилась бы под разностью напряжений третьей и второй фаз. Сложив показания обоих ваттметров, получим мощность всех трех фаз.

На рис.5.5а -5.5в показаны три варианта для схемы двух ваттметров.

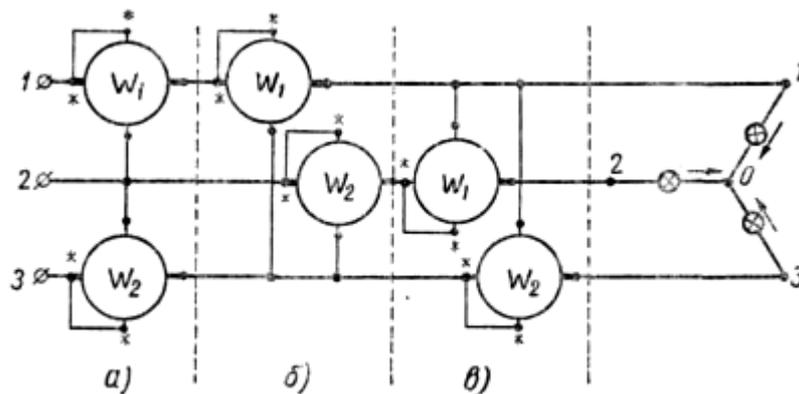
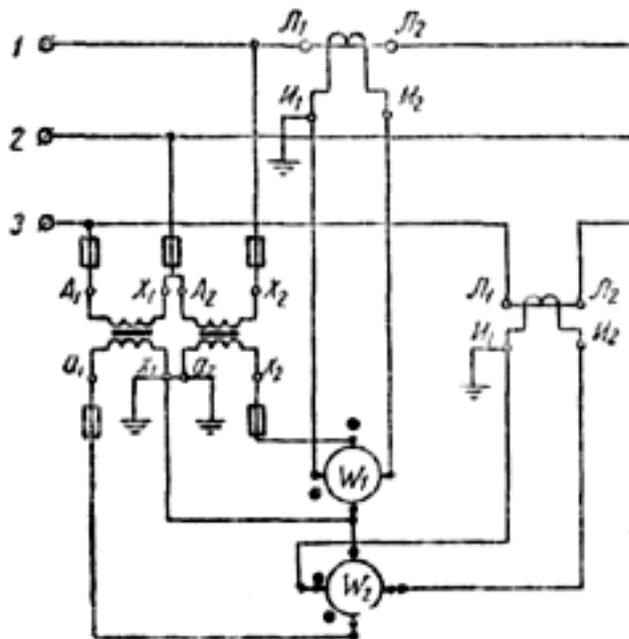


Рис.5.5 Схемы 2-х ваттметров для измерения мощности в трехфазной трехпроводной цепи.

На схемах видно, что последовательные обмотки ваттметров включают в любые два линейных провода сети. Начала параллельных обмоток каждого ваттметра подключаются к тому же проводу, в который включена последовательная обмотка ваттметра. Концы параллельных обмоток подключаются к третьему линейному проводу.

При симметричной активной нагрузке и  $\cos \varphi = 1$  показания ваттметров равны между собой. При  $\cos \varphi$ , не равном единице, показания ваттметров не будут равны. При  $\cos \varphi$ , равном 0,5 один из ваттметров покажет нуль. При  $\cos \varphi$  меньше 0,5 стрелка этого прибора начнет отклоняться влево. Чтобы получить показание прибора, необходимо переключить концы его последовательной или параллельной обмотки.

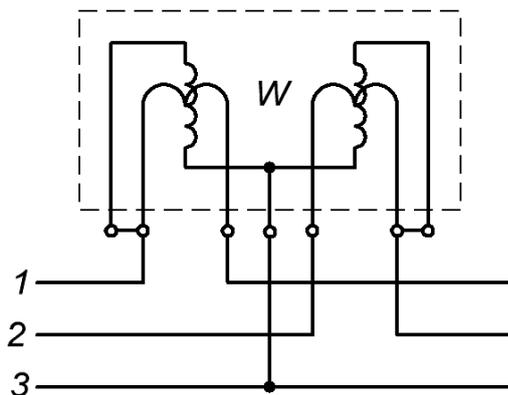
Для измерения активной мощности трехфазной системы по показаниям двух ваттметров нужно складывать их показания или вычитать из показания одного ваттметра показание другого ваттметра, которое было отрицательным. Схема измерения мощности двумя ваттметрами с помощью измери-



тельных трансформаторов напряжения и тока дана на рис.5. 6.

*Рис.5.6 Измерение мощности по схеме 2-х ваттметров в трехфазной трехпроводной цепи с использованием измерительных трансформаторов.*

Удобнее измерять мощность при помощи трехфазного ваттметра, в котором совмещены два прибора, включенные по схеме двух ваттметров и действующие на одну общую ось, с которой связана стрелка. В приборах электродинамической и ферродинамической системы две подвижные катушки, расположенные на одной оси или связанные гибкими лентами, вращают одну ось. В приборах индукционной системы два элемента вращают два диска,



сидящие на одной оси, или два элемента действуют на один диск. Схема включения двухэлементного трехфазного ваттметра дана на рис.5.7.

*Рис.5.7 Схема подключения трехфазного ваттметра.*

В сетях высокого напряжения трехфазный ваттметр включается при помощи измерительных трансформаторов напряжения и тока.

### *Логометры.*

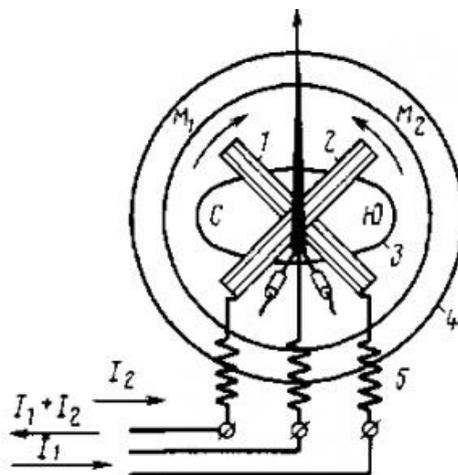
*Логометр* - механизм приборов для измерения отношения сил двух электрических токов. В измерительном механизме электроприбора угол поворота  $\alpha$  подвижной части определяется значением тока, проходящего по их катушкам. Как следует из закона Ома, ток  $I$  зависит от напряжения  $U$ , питающего измерительную цепь. Однако при измерениях сопротивления, частоты переменного тока, температуры, давления и др. необходимо, чтобы угол  $\alpha$  зависел только от измеряемой величины, а изменение напряжения не оказывало влияния на результаты измерения. Поэтому для измерений указанных величин применяют логометры - показывающие электроизмерительные приборы, имеющие два измерительных механизма без противодействующих пружин, создающие два противоположно направленных момента. В результате этого угол поворота подвижной части логометра определяется только отношением токов в катушках этих механизмов. А так как изменение напряжения оказывает одинаковое влияние на эти токи, то угол  $\alpha$  в этом случае изменяться не будет.

Принцип действия логометра основан на том, что направленные встречно вращающие моменты, возникающие вследствие воздействия на подвижную часть логометра величин, входящих в измеряемое отношение, уравновешиваются при отклонении подвижной части на некоторый угол. Например, подвижную часть магнитоэлектрического логометра образуют две скреплённые под углом рамки, токи к которым подводятся через безмоментные спирали (рис.5.8). Находясь в поле постоянного магнита, рамки стремятся повернуться в направлении действия большего момента, и подвижная часть отклоняется до тех пор, пока моменты не уравновесятся.

Угол  $\alpha$ , на который отклоняется подвижная часть логометра, зависит только от отношения сил токов  $\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = f\left(\frac{r_x+r_0}{r_1+r_0}\right)$ .

Логометры могут быть выполнены с измерительными механизмами любой системы. Характерной особенностью их является отсутствие механических свойств, создающих противодействующий момент, вследствие чего их подвижная часть при отсутствии тока в катушках находится в состоянии безразличного равновесия.

На рис. 5.8 в качестве примера показана принципиальная схема магнитоэлектрического логометра. Он состоит из двух катушек 1 и 2, расположенных под некоторым углом и жестко укрепленных на общей оси. К этим ка-



тушкам подводятся токи  $I_1$  и  $I_2$  через три эластичные спирали 5, не создающие при закручивании механического момента.

Рис. 5.8 Принципиальная схема магнитоэлектрического логометра.

Постоянный магнит 3 имеет форму эллипса, поэтому в воздушном зазоре между магнитом и наружным кольцом 4 образуется неравномерное магнитное поле. В результате взаимодействия токов  $I_1$  и  $I_2$  с магнитным полем возникают два противоположно направленных момента  $M_1$  и  $M_2$ , которые пропорциональны токам  $I_1$  и  $I_2$  и индукциям  $B_1$  и  $B_2$  в воздушном зазоре в тех местах, где находятся катушки. При повороте подвижной части под действием разности  $M_1 - M_2$  значения индукций  $B_1$  и  $B_2$  изменяются, так как одна из катушек перемещается в область с увеличенным (или уменьшенным) воздушным зазором, а другая — в область с уменьшенным (или увеличенным) зазором. При этом изменяются моменты  $M_1$  и  $M_2$ . При некотором положении подвижной части моменты  $M_1$  и  $M_2$  уравниваются, в этом случае

$$I_1/I_2 = B_2/B_1.$$

Таким образом, каждому определенному положению подвижной части логометра, характеризуемому отношением  $B_2/B_1$ , соответствуют определенные значения токов  $I_1$  и  $I_2$ , проходящих по его катушкам. При изменении этого отношения будет изменяться угол  $\alpha$ .

Если обе измерительные цепи, в которые включены катушки прибора, питаются одним и тем же напряжением  $U$ , то показания прибора не будут зависеть от  $U$ , так как при его изменении изменяются пропорционально токи  $I_1$  и  $I_2$ .

### Фазометры.

Электро- и ферродинамические фазометры выполняют на основе измерительного механизма логометра. Фазометры предназначаются для измерения

угла сдвига фаз между током и напряжением, а также коэффициента мощности  $\cos \varphi$  в однофазной цепи переменного тока. На рис.5.9 даны схемы однофазного электро- и ферродинамического фазометров и векторная диаграмма.

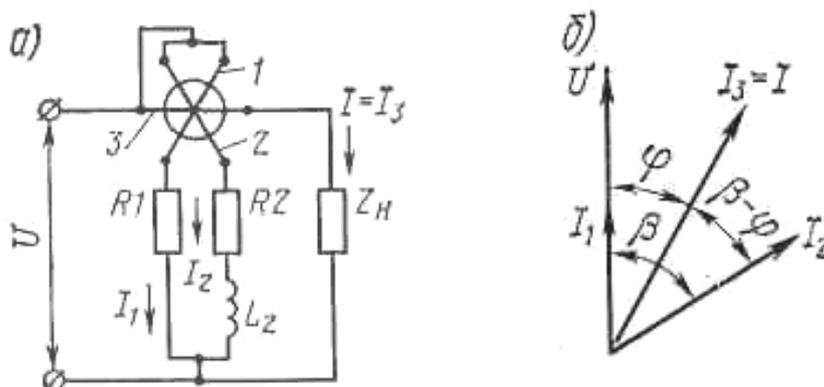


Рис.5.9. а- схема включения фазометра в однофазную цепь; б- векторная диаграмма.

На основании уравнений и векторной диаграммы можно сделать вывод, что пространственное положение подвижной части прибора определяется только углом  $\varphi$  (см. рис. 5.10, б) и не зависит от  $U$  и  $I$ . Шкала фазометра по углу  $\varphi$  будет равномерной. Прибор может быть отградуирован в единицах  $\cos \varphi$ . Однако ввиду наличия индуктивности  $L_2$  в цепи рамки 2 изменение частоты сети вызовет изменение  $z_2$  и  $\beta$ , а следовательно, и частотную погрешность измерения.

В трехфазных фазометрах, измерительная часть которых образована тремя катушками (1, 2, 3 на рис. 5.10, а), удастся создать сдвиг по фазе тока  $I_2$  (см. рис. 5.10, б) на угол  $\beta$  без увеличения индуктивности рамки 2, используя сдвиг между линейными напряжениями. Трехфазные фазометры выполняются на основе ферродинамических логометров.

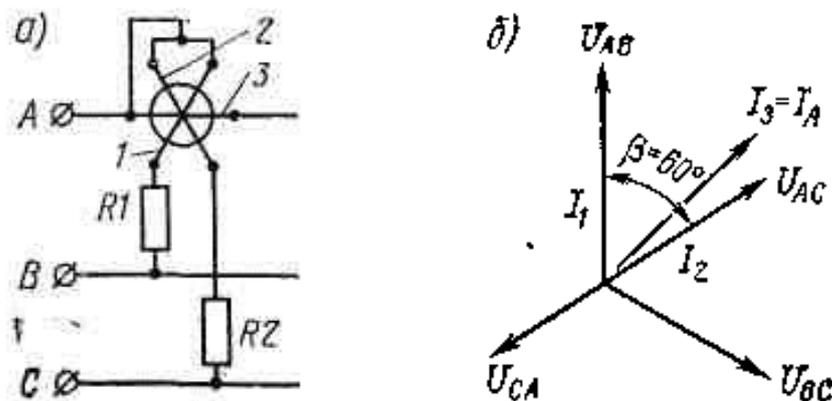
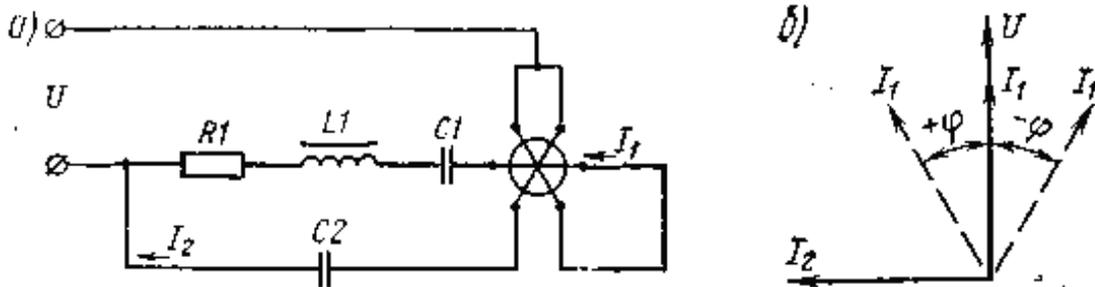


Рис.5.10 а- схема включения трёхфазного ферродинамического фазометра в трехфазную цепь; б- векторная диаграмма

## Частотомеры.

Схема электродинамического частотомера и векторная диаграмма приведены на рис. 5.11, а и б. Параметры цепи ( $C_2$ ) одной катушки логометра подбирают так, чтобы угол сдвига фаз между током  $I_2$  и напряжением  $U$  был близким к  $90^\circ$ . Параметры цепи ( $R_1, L_1, C_1$ ) неподвижных катушек логометра и включенной последовательно с ней второй подвижной катушки подбирают



так, чтобы был резонанс напряжений при частоте, равной среднему значению диапазона измеряемых частот.

Рис. 5.11 Электродинамический частотомер: а- схема включения; б- векторная диаграмма

В приборе действуют два момента, направленные навстречу друг другу. Эти моменты могут быть представлены так:

$$M_1 = k_1 I_1^2 F_1(\alpha); \quad M_2 = k_2 I_1 I_2 \cos(\widehat{I_1 I_2}) F_2(\alpha).$$

При резонансе  $\varphi=0$ ,  $\cos(\widehat{I_1 I_2}) = \cos \frac{\pi}{2} = 0$ , и  $M_2=0$ .

Под действием момента  $M_1$  подвижная часть повернется до совпадения плоскостей неподвижных 3 и подвижной 2 катушек (см. рис. 3).

При таком положении подвижной части оба момента, действующие на подвижную часть, будут равны нулю. При изменении частоты будет изменяться угол  $\varphi$  (рис. 5, б) и равенство моментов наступит при другом положении подвижной части, которое, очевидно, будет зависеть от значения измеряемой частоты. Следовательно, шкала прибора может быть отградуирована в герцах.

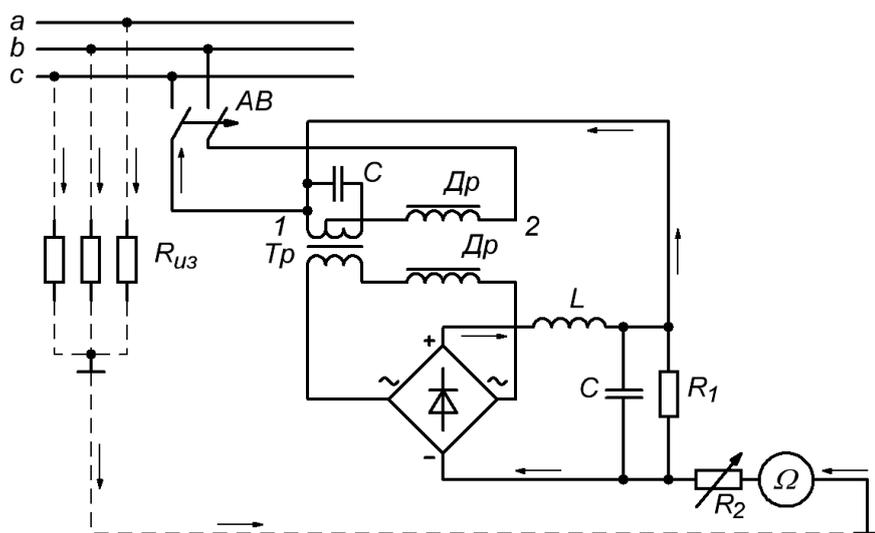
## Щитовой мегомметр.

Мегомметр служит для измерения сопротивления изоляции сетей переменного тока и состоит из измерительного прибора и дополнительного устройства.

Дополнительное устройство предназначено для получения постоянного тока, который протекает по измерительному прибору и сопротивлению изоляции трех фаз относительно корпуса: Устройство состоит из понижающего трансформатора  $Tr$  в сочетании со стабилизатором напряжения (состоящего из дросселя и конденсатора), выпрямителя  $B$ , сглаживающего фильтра (с индуктивной катушкой  $L$  и емкостью  $C$ ), сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ . При отсутствии тока утечки на корпус судна измерительный прибор подключен одним кон-

цом к корпусу, а вторым — через элементы, указанные на схеме (рис. 5.12), к одной из фаз трехфазной сети.

При появлении тока утечки дополнительное устройство и измерительный прибор оказываются замкнутыми через корпус и измерительный прибор мегомметра показывает величину сопротивления изоляции подключенной цепи непосредственно в омах. При этом постоянный ток протекает от плюса через точку фазы *C* в обмотку генератора и разветвляется по всем фазам сети; далее, проходя сопротивление изоляции  $R_{из}$  всех трех фаз на корпус судна,



постоянный ток вновь суммируется в общий ток, идущий через катушку измерительного прибора к сопротивлению.

Рис. 5.12 Щитовой мегомметр.

Мегомметр определяет эквивалентное сопротивление всех трех фаз судовой сети. Он рассчитан на кратковременную работу и поэтому должен включаться через выключатель.

#### *Подключение амперметров и вольтметров.*

Электромагнитные измерительные приборы обладают способностью выдерживать перегрузки, имеют простую конструкцию без подвижных токоведущих частей, и поэтому широко применяются в судовых установках переменного тока для измерения силы тока, напряжения и угла сдвига фаз.

*Для увеличения пределов измерения электромагнитных амперметров переменного тока применяются измерительные трансформаторы тока с пределом измерения 5А.*

Схемы включения амперметров переменного тока для измерения силы тока приведены на рис. 5.13.

Электромагнитные вольтметры непосредственного включения имеют верхний предел измерения 450 В, а нижний — 15В. При необходимости увеличения пределов измерения вольтметров применяют измерительные трансформаторы напряжения, вторичная обмотка которых имеет напряжение 127 В.

Схемы включения вольтметров для напряжения переменного тока также приведены на рис. 5.13.

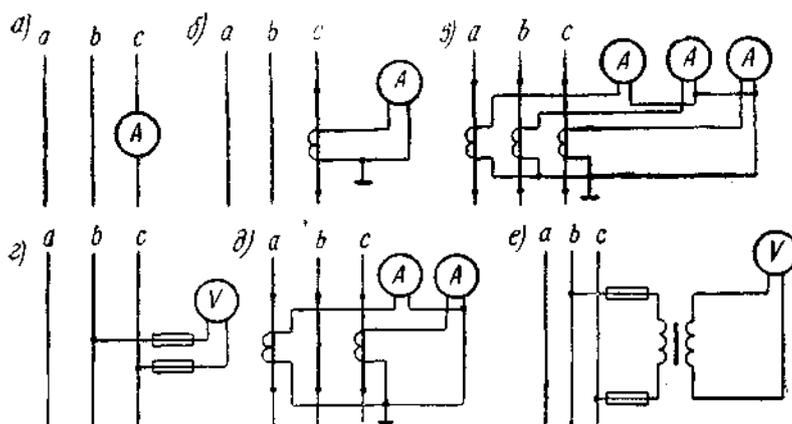
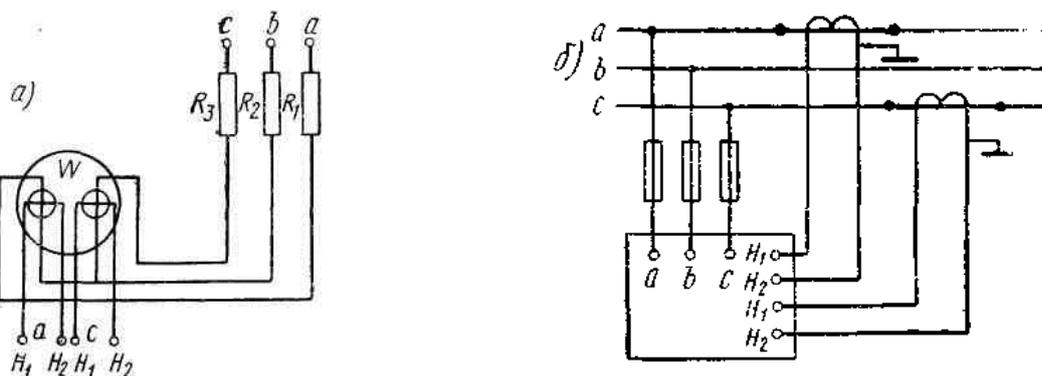


Рис. 5.13. Схемы включения амперметров и вольтметров на переменном трехфазном токе: а — измерение силы тока в одной фазе, непосредственное включение амперметра; б — измерение силы тока в одной фазе через трансформатор тока; в — измерение силы тока в трех фазах при трех трансформаторах тока; г — непосредственное измерение напряжения двух фаз; д — измерение силы трехфазной сети при двух трансформаторах тока; е — измерение напряжения через измерительный трансформатор напряжения.

### Подключение ваттметров, частотомеров и фазометров.

Электроизмерительные приборы с ферродинамическими системами на судах применяются в качестве ваттметров, частотомеров и фазометров.

Ваттметр применяется для измерения мощности трехфазной сети переменного тока. Он содержит две неподвижные токовые катушки, последовательно включенные в две фазы, и две неподвижные катушки, вращающиеся в воздушном зазоре магнитопровода прибора. Подвижные катушки связаны между собой и со стрелкой прибора. Напряжение трех фаз подводится через



добавочные сопротивления к подвижным катушкам. На рис. 5.14 изображена схема включения ваттметра.

Рис. 5.14. Схемы подключения судового ваттметра.

Частотомер состоит из измерительного прибора и добавочного устройства. Измерительный прибор состоит из неподвижного резонансного контура, подвижной рамки, создающей вращательный момент, и подвижной рамки, создающей противодействующий момент («электрическая пружина»).

Резонансный контур состоит из четырех неподвижных катушек  $S$ , намотанных на стальной магнитопровод, дросселя с переменной индуктивностью  $L_1$ , двух конденсаторов  $C_2$  и добавочных сопротивлений.

Резонансный контур настроен на частоту 50 Гц, и при этом ток в неподвижной катушке совпадает по фазе с напряжением судовой сети.

Взаимодействие тока  $I$  резонансного контура с током  $I_1$  подвижной катушки  $W_1$  (рамки) создает вращающийся момент. Ток  $I_1$  опережает напряжение сети на  $90^\circ$  благодаря наличию в цепи катушки  $W_1$  конденсатора  $C_2$ .

Вращающийся момент прибора пропорционален произведению тока в неподвижных катушках на ток в подвижных и на косинус угла между ними. Угол между токами составляет  $90^\circ$  при резонансной частоте, а вращающийся момент равен нулю.

При изменении частоты сети резонанс нарушается, угол между токами  $I$  и  $I_1$  изменяется и появляется вращающийся момент. При этом подвижная рамка  $W_1$  поворачивается и увлекает скрепленную с ней рамку  $W_2$  и соответственно стрелку прибора. Рамка  $W_2$  пересекает переменное магнитное поле, в ее обмотке возникает ток  $I_2$ , взаимодействие этого тока с магнитным потоком создает момент, противодействующий повороту рамки. Равновесие наступает при равенстве вращающегося и противодействующего моментов; при этом каждому значению частоты соответствует определенное значение на шкале прибора.

На рис. 5.15 изображены элементная схема и схема включения частотомера.

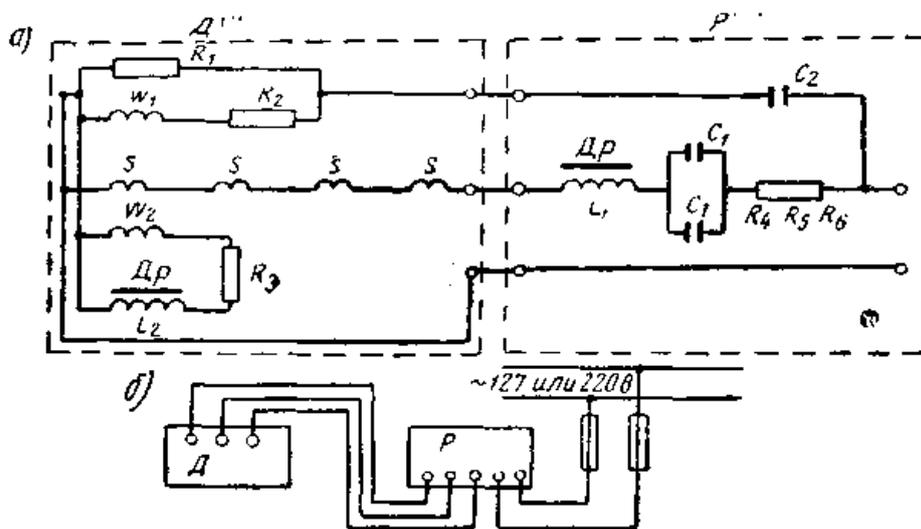
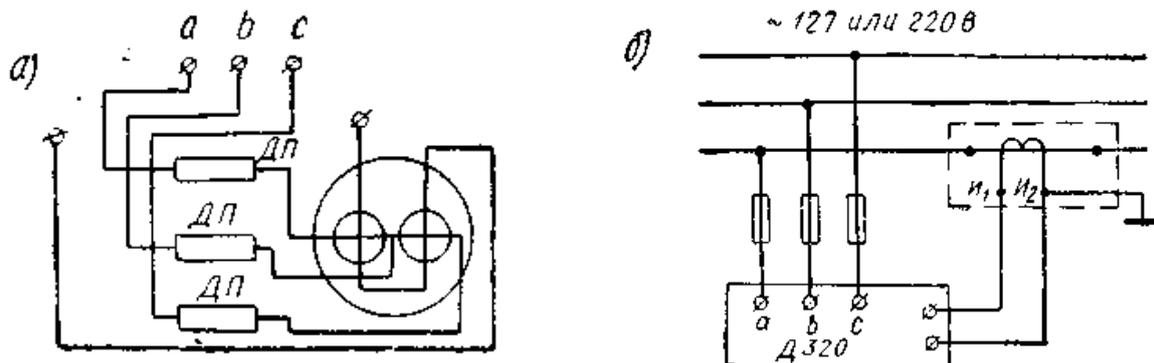


Рис.5.15. Схема подключения судового частотомера.

Фазометр предназначен для измерения коэффициента мощности в трехфазных цепях переменного тока с равномерно распределенной нагрузкой между фазами, т. е. с равными токами во всех трех фазах и равными углами сдвига фаз. Если эти условия не соблюдены, то показания фазометра могут значительно отличаться от действительного коэффициента мощности электрической судовой установки. Фазометр имеет две неподвижные токовые катушки, включенные последовательно на одну фазу  $U_1$  и  $U_2$ , и две подвиж-

ные катушки (рамки) напряжения, вращающиеся в воздушном зазоре. Подвижные катушки расположены в одной плоскости на одной оси с укрепленной указательной стрелкой. Неподвижные катушки и подвижные (рамки) катушки включены так, что вращающие моменты обоих элементов направлены навстречу друг другу. Если ток в измеряемой цепи сдвинут относительно напряжения на некоторый угол, то вращающие моменты в обеих катушках (рамках) будут зависеть от этого угла.

Угол отклонения подвижной части фазометра пропорционален углу сдвига фаз между током и напряжением, поэтому шкалу прибора можно градуировать в значениях  $\cos \varphi$ .



На рис. 5.16 изображены элементная схема и схема включения фазометра.

Рис. 5.16. Схемы подключения судового фазометра:  
а — элементная схема; б — схема включения.

### Синхроскоп.

Синхроскоп применяется для синхронизации генераторов переменного тока при включении их на параллельную работу.

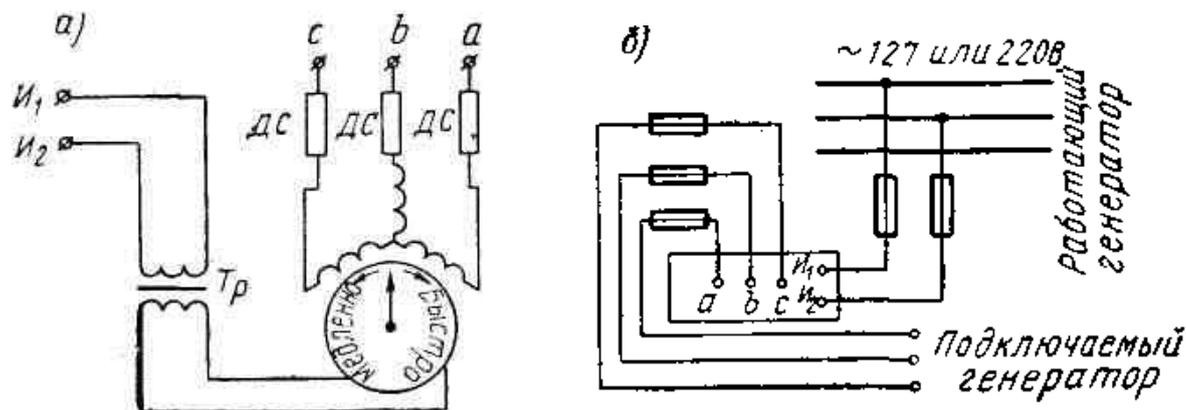
Синхроскоп содержит электродвигатель с питанием обмоток статора и ротора переменным током и понижающий трансформатор напряжения.

Статор электродвигателя имеет трехфазную обмотку, соединенную звездой, которая через добавочные сопротивления подключается к зажимам прибора  $a, b, c$ . Указанные три фазы подсоединяются к подключаемому генератору на параллельную работу. Ротор электродвигателя имеет однофазную обмотку, соединенную с вторичной обмоткой трансформатора. Первичная обмотка трансформатора соединена зажимами прибора  $U_1$  и  $U_2$

на две фазы работающего генератора. На вал электродвигателя насажена стрелка. Взаимодействие магнитных полей ротора и статора электродвигателя создает момент, вызывающий вращение ротора со скоростью, пропорциональной разности частот работающего и синхронизируемого генераторов.

Стрелка синхроскопа поворачивается вправо или влево от нейтрального положения в зависимости от того, какой из генераторов имеет большую скорость вращения. В момент равенства частот и совпадения фаз генераторов стрелка синхроскопа устанавливается в средней части шкалы на отметке «синхронизация».

На рис. 5.17 изображены элементная схема и схема включения синхро-



скопа.

Рис. 5.17. Схемы подключения синхроскопа:  
а — элементная схема; б — схема включения.

### Контрольные вопросы к практической работе 5.

1. Опишите устройство и принцип действия приборов электродинамической системы.
2. Опишите устройство и принцип действия приборов ферродинамической системы.
3. Опишите измерительный механизм электродинамического логометра.
4. Опишите устройство и принцип действия фазометра.
5. Опишите устройство и принцип действия тчастотомера.
6. Требования Регистра РФ к приборам судовой электростанции постоянного тока.
7. Требования Регистра РФ к приборам судовой электростанции переменного тока.
8. Как классифицируют щитовые приборы судовой электростанции.
9. Измерение мощности на постоянном токе.
10. Измерение мощности на однофазном переменном токе.
11. Измерение мощности на трехфазном переменном токе.
12. Приведите схему подключения ваттметра для измерения мощности в трехфазной четырехпроводной цепи и опишите её.
13. Приведите схему подключения двух ваттметров для измерения мощности в трехфазной трехпроводной цепи и опишите её.
14. Приведите схему подключения двух ваттметров для измерения мощности в трехфазной трехпроводной цепи с использованием измерительных трансформаторов и опишите её.
15. Приведите схему подключения ферродинамического фазометра в однофазную цепь и опишите её.
16. Приведите схему подключения трехфазного ферродинамического фазометра.
17. Приведите схему подключения электродинамического частотомера и

опишите её.

18. Приведите схемы подключения судовых амперметров на переменном токе.

19. Приведите схемы подключения судовых вольтметров на переменном токе.

20. Приведите схемы подключения судовых ваттметров на переменном токе.

21. Приведите схему подключения судового частотомера на переменном токе.

22. Приведите схему подключения судового фазометра на переменном токе.

23. Приведите схему подключения судового синхроскопа на переменном токе.

### Практическая работа 6.

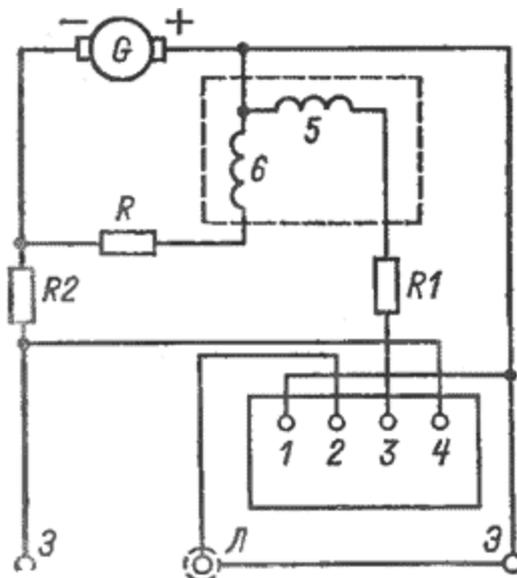
#### Периодический и непрерывный контроль сопротивления изоляции.

**Цель работы:** Познакомится с устройством и принципом действия мегаомметра и системами непрерывного контроля сопротивления изоляции.

**Задание:** Измерить сопротивление изоляции предложенного преподавателем объекта.

Для предотвращения коротких замыканий и возникновения аварийных режимов работы электроустановок необходимо осуществлять контроль сопротивления изоляции, который может быть периодическим и непрерывным.

Под периодическим контролем изоляции понимают измерение ее сопротивления в установленные правилами сроки, а также в случае обнаружения дефектов. Сопротивление изоляции электрических цепей, не находящихся под напряжением, обычно измеряют специальными приборами — мегаомметрами. Наибольшее распространение в промышленности получили мегаомметры М1 101, которые выпускались на 100, 500 и 1000 В с пределами



измерения соответственно 100, 500 и 1000 МОм. На рис. 6.1 изображена принципиальная схема мегаомметра типа М1 101, имеющего два предела измерения

Рис.6.1 Схема мегаомметра типа М1 101.

Мегаомметр состоит из генератора постоянного тока  $C$ , вращаемого от руки, измерительного магнитоэлектрического прибора логотрической системы и добавочных резисторов. Нормальная частота вращения ручки прибора 120 об/мин. Переключатель  $П$  служит для переключения пределов измерения мегаомметра.

Прибор имеет три зажима с надписями: линия  $Л$ , земля  $З$ , экран  $Э$ . Зажимы  $Л$  и  $З$  присоединяются к электроустановке и земле в случае измерения сопротивления изоляции относительно земли, или оба зажима присоединяют к электрическим цепям, между которыми измеряют сопротивление изоляции.

Если результат измерения сопротивления изоляции объекта может быть искажен поверхностными токами по изоляции, на изоляцию объекта накладываются экранные электроды, которые присоединяются к зажимам мегаомметра  $Э$ .

На верхнем пределе измерений  $МQ$  замкнуты контакты 2 и 3 переключателя пределов измерения  $Я$ , при этом образуется последовательная цепь тока: плюс генератора, рабочая рамка логометра 5, резистор  $R1$ , контакты переключателя 3 к 2, зажим  $Л$ , измеряемое сопротивление, зажим  $З$ , резистор  $R2$  и минус генератора. Измеряемое сопротивление включается последовательно в цепь между зажимами  $Л$  и  $З$ . При замкнутых накоротко зажимах  $Л$  и  $З$  и нормальной частоте вращения генератора стрелка логометра должна устанавливаться на начальной отметке шкалы «нуль». При разомкнутых зажимах  $Л$  и  $З$  и тех же условиях стрелка логометра должна установиться на конечной отметке шкалы —  $\infty$ .

На нижнем пределе измерения замкнуты контакты 3-4 и 1-2 переключателя пределов измерения  $Я$ , при этом образуется параллельная цепь тока: плюс генератора, рабочая рамка логометра 5, резистор  $R1$ , контакты 3 и 4, резистор  $R2$ , минус генератора. Контакты 1-2 при этом присоединяют зажим  $Л$  к плюсу генератора, и измеряемое сопротивление оказывается включенным параллельно резистору  $R$ . В этом случае при замкнутых накоротко зажимах  $Л$  к  $З$  стрелка должна установиться на отметке шкалы  $\infty$  верхнего предела измерения, что соответствует нулю для нижнего предела.

В настоящее время мегаомметры М1 101 заменены на мегаомметры М4100/1—М4100/5. Эти мегаомметры предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от  $-30$  до  $+40$  °С и относительной влажности до 90 % при температуре  $+30$  °С. Мегаомметры выпускаются в пяти модификациях на различные диапазоны измерений (0—2000 кОм, 0—1000 МОм) и напряжения 100, 250, 500, 1000, 2500 В. Питание мегаомметров производится встроенным генератором, приводимым во вращение от руки. Масса мегаомметра с футляром 4,9 кг.

Схемы приборов приведены на рис.6.2. Схема состоит из генератора переменного тока  $G$ , выпрямителя измерительного механизма (логометра магнитоэлектрической системы) и добавочных резисторов.

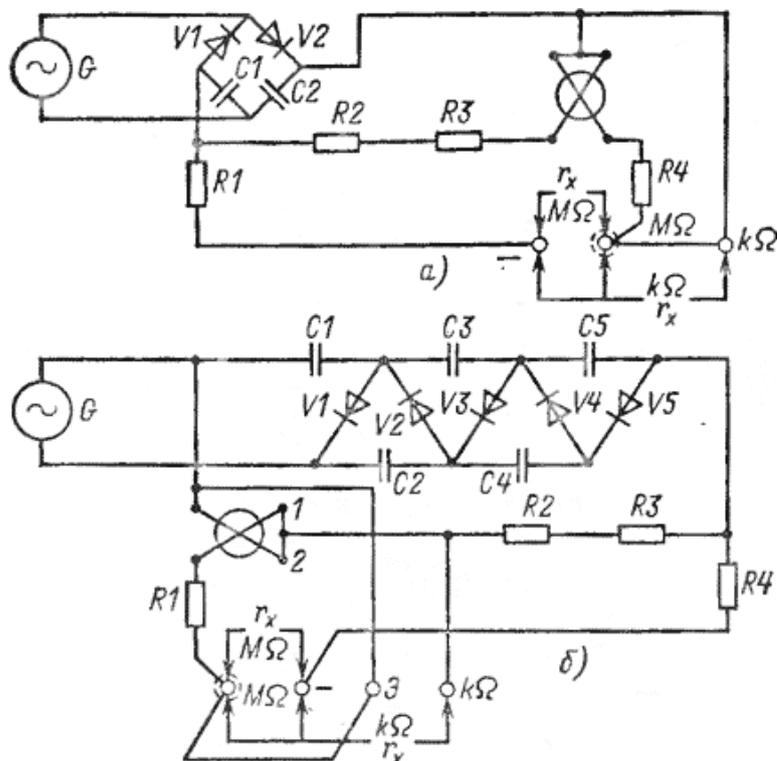


Рис. 6.2 Схемы мегаомметров М4100: а — М4100/1—М4100/4; б — М4100/5; 1 — рамка рабочая; 3 — рамка противодействующая.

### Цифровой мегаомметр Е6 – 24.

Прибор предназначен для измерения сопротивления изоляции электрических цепей, не находящихся под напряжением. Прибор рассчитан на эксплуатацию в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом.

Рабочие условия применения (климатические воздействия):

- температура окружающего воздуха от минус 30 °С до плюс 50 °С;
- относительная влажность 90% при 30 °С;
- атмосферное давление (60...106,7) кПа ((460...800) мм рт. ст.);
- вибрация: частота 10 Гц с максимальным ускорением 2 м/с<sup>2</sup>;
- механические удары многократного действия: 10 ударов в минуту с максимальным ускорением 150 м/с<sup>2</sup> при длительности импульса 6 мс, число ударов по каждому направлению воздействия 4000;
- механические удары одиночного действия с максимальным ускорением 500 м/с<sup>2</sup> при длительности импульса 3 мс, число ударов по каждому направлению воздействия.
- Норма средней наработки на отказ 12500 ч.
- Среднее время восстановления работоспособного состояния 12 ч.

- Средний срок службы 10 лет.

### Устройство прибора.

Прибор выполнен в корпусе из ударопрочной пластмассы в переносимом исполнении. Внешний вид прибора, с открытой защитной крышкой, приведен на рисунке 6.3.

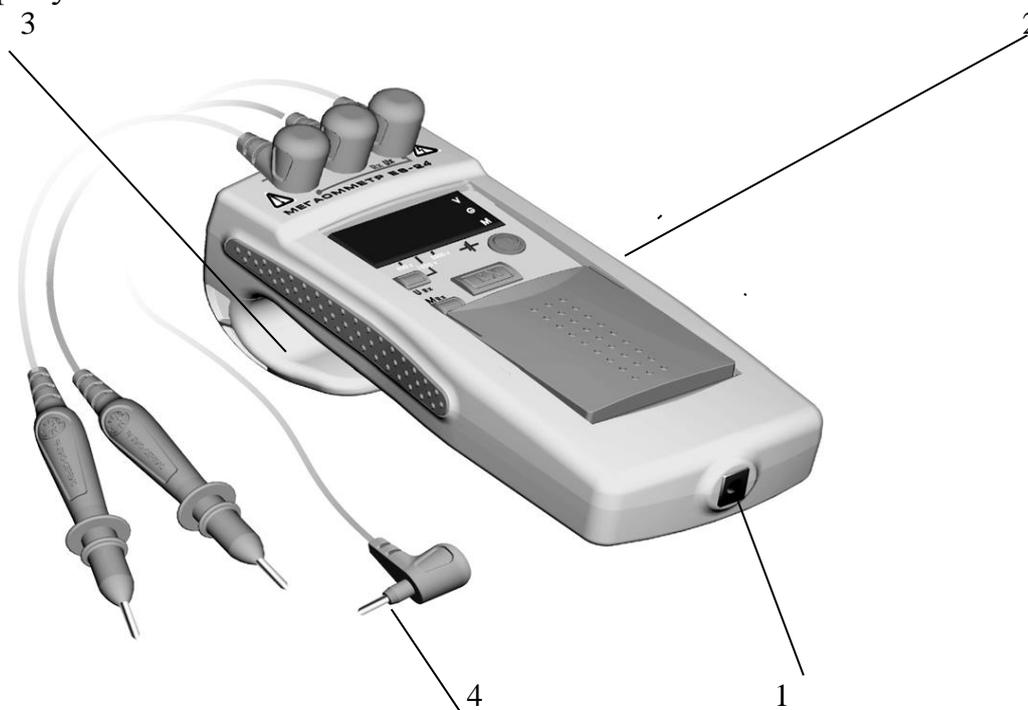


Рис.6.3 Внешний вид цифрового мегаомметра Е6 – 24.

1. - гнездо « $\ominus$ » для подключения блока питания (центральный штырь – «минус»);
2. - кожух защитный (защитная крышка);
3. - ручка (крюк);
4. – комплект шнуров.

Индикаторы и органы управления приведены на рисунке 6.4.

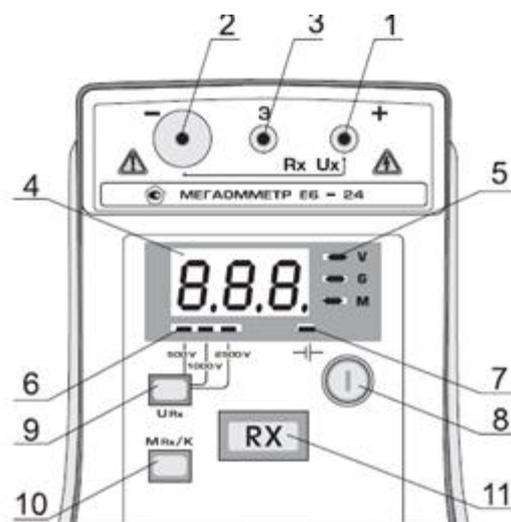


Рис.6.4 Внешняя панель цифрового мегаомметра.

- 1, 2, 3 – гнезда для подключения комплекта шнуров;  
 4 – индикатор;  
 5 - индикаторы единиц измерения (сверху вниз соответственно – «V», «G», «M»);  
 6 - индикаторы испытательных напряжений (слева направо соответственно - «500 V», «1000 V», «2500 V»);  
 7 – индикатор заряда аккумуляторной батареи « $\text{---}$ »;  
 8 - переключатель - включение и выключение прибора;  
 9 - кнопка «URx» - установка испытательного напряжения;  
 10 - кнопка «MRx/K» - вывод на индикацию результатов последнего измерения из памяти прибора;  
 11 - кнопка «Rx» - измерение сопротивления.

#### *Описание принципа действия прибора.*

Определение сопротивления производится измерением тока в цепи, при приложении испытательного напряжения. Под управлением микропроцессора прибор преобразует аналоговую величину тока в цифровую. Результат отображается на светодиодном индикаторе и запоминается. Переключение диапазонов измерения и определение единиц измерения автоматическое.

*Прибор имеет следующие режимы работы:*

- готовность и измерение напряжений;
- измерение сопротивлений;
- задание испытательного напряжения;
- чтение из памяти результатов последнего измерения;
- дежурный режим;
- заряд аккумуляторной батареи.

После включения питания прибор проводит самотестирование и

переходит в режим «Готовность». Испытательное напряжение для измерения

сопротивления устанавливается таким, каким оно было при предыдущих измерениях.

Режим «Измерение напряжений» включается сразу после самотестирования и предназначен для предупреждения о наличии напряжения в измеряемой цепи. Результат и единицы измерения выводятся на светодиодный индикатор.

Режим «Измерение сопротивлений» включается нажатием кнопки «Rx», предназначен для измерения сопротивления и фиксации в памяти результатов измерения. Дополнительно индицируется достижение интервала времени измерения в 60 сек в виде бегущего центрального сегмента на индикаторе.

Режим «Задание испытательного напряжения» включается нажатием кнопки «URx», предназначен для смены испытательного напряжения.

Режим «Чтение памяти» включается нажатием кнопки «MRx/K», предназначен для извлечения из памяти прибора результатов последнего измерения.

«Дежурный режим» включается, если прибором не проводились измерения в течение более 2-х минут. Все индикаторы в этом режиме гаснут, кроме одной десятичной точки. Для выхода из этого режима необходимо выключить и включить прибор.

Режим «Заряд аккумуляторной батареи» включается автоматически при подключении сетевого адаптера. Режим отображается на светодиодном индикаторе. Прибор обеспечивает защиту аккумулятора от перезаряда.

Питание прибора осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи или от блока питания.

Прибор обеспечивает самоконтроль напряжения питания по минимуму (мигание сегмента индикатора – единицы измерения), а дальнейшее его уменьшение вызывает отключение прибора.

Конструкция прибора обеспечивает извлечение и установку аккумуляторной батареи (например, для замены) без нарушения пломбирования прибора.

#### *Подготовка прибора к использованию.*

*В случае если прибор находился при температуре ниже минус 30 °С, предварительно выдержите его при рабочей температуре в течение не менее двух часов.*

Прибор необходимо расчехлить и проверить на отсутствие механических повреждений и загрязнений. Проверить исправность защитных крышек и креплений, проверить целостность изоляции и отсутствие загрязнений

измерительных щупов. При питании от блока питания – отсутствие механических повреждений и загрязнений на нем. Проверить сведения о поверке

прибора – они не должны быть просрочены. Подключить щупы измерительные к соответствующим гнездам.

*При нажатии на кнопку «Rx» на гнездах и щупах формируется высокое напряжение. Снижение этого напряжения до безопасного происходит за время не более 5 секунд после отпускания кнопки.*

При эксплуатации прибора необходимо перед работой очистить гнезда измерительные и поверхности вокруг них.

*Несоблюдение этого указания может внести значительную погрешность в измерения, вызванную поверхностными токами утечки.*

Необходимо проводить проверку электрической прочности и сопротивления изоляции прибора не реже одного раза в год в объеме и методами по ГОСТ 12997.

Изоляция прибора должна выдерживать в течение 1 минуты действие напряжением постоянного тока между закороченными зажимами и корпусом 7,0кВ.

Электрическое сопротивление изоляции в нормальных условиях между закороченными зажимами и корпусом должно быть, не менее, 20 МОм.

Не допускается использовать прибор в случае механического повреждения и загрязнения изоляции гнезд измерительных и комплекта шнуров.

Не допускается работать с неисправным, поврежденным и не поверенным прибором и нарушать порядок работы с ним.

#### *Использование прибора.*

Если во время включения прибора нажать и удерживать кнопку «URx», то

в течение 3 сек. прибор будет находиться в режиме анализа состояния батареи питания. На индикаторе появится надпись «Eb» (Energy battery) и от 1 до 3-х горизонтальных полос, характеризующих состояние батареи:

- одна полоса - батарея разряжена;
- две полосы - батарея частично разряжена;
- три полосы - батарея полностью заряжена.

#### *Измерение напряжений.*

Включить прибор. После самотестирования прибор автоматически перейдет в режим «Измерение напряжений». Подключить щупы измерительные к гнездам « - » и « + » и к объекту измерения.

При наличии на объекте переменного напряжения прибор отобразит его величину на индикаторе.

#### *Измерение сопротивлений.*

*Рекомендуется подключать « - » прибора на «землю» объекта.*

*Примечание.* На ряде объектов допустимая полярность приложения напряжения может быть иной. Поэтому необходимо заранее это выяснить. Полярность испытательного напряжения указана на гнездах прибора.

- В отсутствии напряжения в измеряемой цепи, можно включить режим «Измерение сопротивлений».

- Подключить измерительные щупы к объекту измерения.

- Подключение к гнезду «Э» прибора может быть необходимым в следующих случаях:

- для снижения уровня помех в измерительной цепи к гнезду « - » этого кабеля;

- если необходимо измерить сопротивление в теле объекта и при этом исключить влияние поверхностных токов, например, сопротивление между обмотками трансформатора или между общей защитой и одной жилой в многожильном кабеле. В первом случае к гнезду «Э» подключают сердечник трансформатора, а во втором случае установленный защитный бандаж (несколько витков неизолированного провода) на изоляцию этой жилы.

Установить требуемое испытательное напряжение. Смена напряжения происходит по кольцу при кратковременных нажатиях кнопки «URx».

- Нажать и удерживать кнопку «Rx».

*При измерениях на реальных объектах, обычно имеющих значительную собственную ёмкость, достоверным следует считать результат после установления показаний прибора.*

*Примечание.* Прибор дополнительно вычисляет коэффициент абсорбции - отношение сопротивления при интервале измерения 60 секунд (R60) к сопротивлению при интервале измерения 15 секунд (R15). Интервал в 60 секунд кратковременно отображается на индикаторе в виде бегущего сегмента индикатора. Для вывода коэффициента абсорбции нажать кнопку «M Rx/K» - прибор покажет последнее измеренное значение сопротивления, если снова нажимать «MRx», то индикатор будет показывать по циклу: R → R15 → R60 → R60 / R15. Перед индикацией R15 на 2 сек. появляется надпись «C15»; перед R60 - «C60»; перед R60 / R15д- «Ab». Прибор вернется в режим «измерения сопротивления» через 20 сек. после последнего нажатия «M Rx/K» или сразу после нажатия «Rx». По коэффициенту абсорбции оценивают состояние изоляции. Для изоляции с допустимой увлажненностью коэффициент абсорбции должен быть больше 2. Если при температуре 20 градусов по Цельсию  $K_a$  меньше 1,3, то изоляцию необходимо сушить.

*На объекте может присутствовать наведенное помехами постоянное напряжение. В этом случае рекомендуется проводить измерения дважды со сменой полярности приложения испытательного напряжения. Это позволит определить истинное значение сопротивления изоляции как среднее значение двух измерений.*

*Режим измерения кабельных линий.*

Для включения режима на выбранном напряжении нажать и удерживать кнопку «URx» более 2-х секунд.

- Включение режима индицируется миганием светодиода выбранного испытательного напряжения. В этом режиме процесс измерения сигнализируется движением горизонтальных полос, а индикация результата появляется при достижении завершающей стадии измерения как факт приближения к достоверному значению. Для выключения режима на выбранном напряжении нажать и удерживать кнопку «URx» более 2-х секунд. Выключение режима индицируется постоянным свечением светодиода выбранного испытательного напряжения.

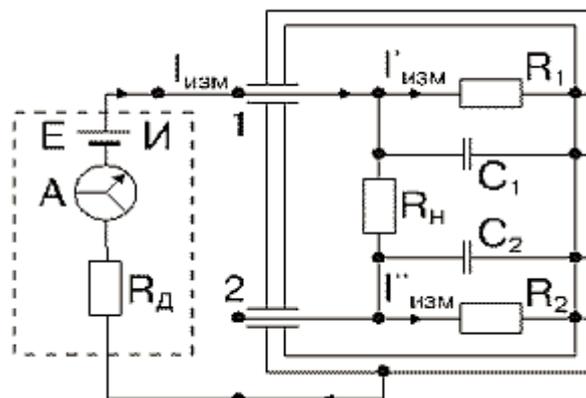
- Отстыковку измерительных щупов производить не ранее 10 секунд после отпущания кнопки «Rx».

#### *Зарядка аккумуляторной батареи.*

Режим осуществляется при подключении мегаомметра к блоку питания. Рекомендуется включать режим зарядки на время не менее 12 – 15 часов. Встроенное устройство обеспечит защиту аккумулятора при превышении времени, необходимого для зарядки. Если нет напряжения с блока питания или не вставлен аккумулятор - индикатор зарядки не горит. Если прибор долго не используется, то рекомендуется один раз в три месяца проводить подзарядку аккумулятора.

#### *Измерения сопротивления изоляции при снятом рабочем напряжении.*

При снятом рабочем напряжении применяют метод наложения постоянного напряжения. Схема подключения переносного прибора



изображена на рисунке 6.5.

*Рис.6.5. Измерение сопротивления изоляции при снятом рабочем напряжении.*

Один полюс прибора (обычно положительный) подключается к токоведущей части (например, к клемме 1), а второй полюс - к корпусу проверяемого электротехнического изделия. В установившемся режиме после заряда емкостей  $C_1$  и  $C_2$  относительно корпуса ток  $I_{изм}$ , протекающий под действием источника  $E$ , на полюсе 1 разветвляется: его часть  $I'_{изм}$  протекает через эквивалентное сопротивление изоляции  $R_1$  полюса 1, а другая часть  $I''_{изм}$  – через сопротивление нагрузки  $R_n$  и эквивалентное

сопротивление изоляции  $R_2$  полюса 2. Далее ток протекает по корпусу и суммируется в цепи миллиамперметра А.

Силу тока  $I_{изм}$  определяет выражение:

$$I_{изм} = E / (R_{вн} + R),$$

где  $R_{вн}$  – внутреннее сопротивление мегаомметра (миллиамперметра, источника измерительного напряжения и добавочного сопротивления  $R_d$ ),  $R$  – эквивалентное сопротивление изоляции. Строго говоря, в последнем следовало бы учесть сопротивление  $R_n$ , но обычно  $R_n \ll R_2$  поэтому его влиянием допустимо пренебрегать (в тех случаях, когда внутреннее сопротивление контролируемого изделия соизмеримо с величиной сопротивления изоляции, такое допущение может приводить к ошибочным результатам, завышенным против фактических).

При  $R_{вн} = \text{const}$  и  $E = \text{const}$  сила тока в измерительной цепи зависит только от величины  $R$ , поэтому миллиамперметр градуируют непосредственно в единицах сопротивления.

На практике обычно применяют переносные мегаомметры с питанием от сети переменного тока (типа М127) или с автономным источником (типа М4100). В качестве последнего используют индукторный генератор с ручным приводом (скорость вращения рукоятки около 2 об/с). Чтобы уменьшить погрешность измерений из-за непостоянства скорости вращения рукоятки, в таких мегаомметрах в качестве измерительного прибора используют не миллиамперметр, а логометр, одна рамка которого подключена непосредственно к источнику напряжения, а вторая, жестко связанная с ней, включена в измерительную цепь. Для повышения достоверности измерений измерительное напряжение выбирают близким к рабочему напряжению контролируемой цепи. Для электрооборудования напряжением от 100 В до 400 В применяют мегаомметры напряжением 500 В. Безопасность измерений при этом достигается за счет ограничения силы тока в измерительной цепи до величины 1 мА добавочным сопротивлением  $R_d = 0,5 \text{ Мом}$ .

#### *Измерение сопротивления изоляции в сетях постоянного тока.*

На рис.6.6 приведена схема измерений сопротивления изоляции сети постоянного тока методом уравновешенного моста. На схеме использованы следующие обозначения: А - миллиамперметр;  $R_d$  – добавочное сопротивление; П – переключатель; Е – источник измерительного напряжения (до 150 В);  $R_p$ - потенциометр. Плечами моста являются сопротивления изоляции  $R_1$  и  $R_2$  и сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  плеч потенциометра  $R_p$ . Измерительный прибор и ограничительное сопротивление  $R_d$  включены в диагональ моста.

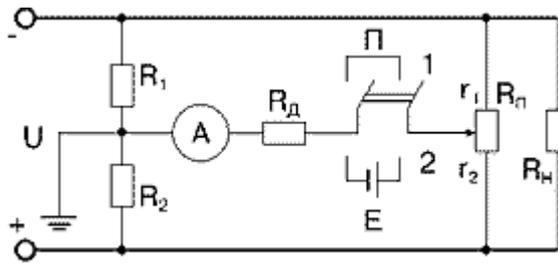


Рис.6.6. Измерение сопротивления изоляции сети постоянного тока методом уравновешенного моста.

Сила тока  $I_{\text{ИЗМ}}$  в диагонали моста определяется выражением:

$$I_{\text{ИЗМ}} = \frac{E + U \frac{R_2 r_1 - R_1 r_2}{R_n (R_1 + R_2)}}{R + R_d + \frac{r_1 r_2}{R_n}},$$

где  $R$  – эквивалентное сопротивление изоляции сети.

Измерение производится в два этапа. На первом этапе переключатель  $\Pi$  устанавливают в положение 1 и перемещением движка потенциометра балансируют мост – добиваются отсутствия тока в диагонали моста. На втором этапе переключатель устанавливают в положение 2, подключая в диагональ моста источник измерительного напряжения  $E$ . После окончания процессов перезаряда емкостей снимают показание миллиамперметра. В сбалансированном мосте составляющая тока, определяемая вторым слагаемым, отсутствует. Поэтому при  $E = \text{const}$ ,  $R_d = \text{const}$  и при условии  $r_1 r_2 / R_n \ll R$  сила тока  $I_{\text{ИЗМ}}$  однозначно определяется сопротивлением изоляции  $R$  (приборы типа М154, М1508, М1608, М1428, М1628).

#### Метод трех отсчетов вольтметра.

Этот метод заключается в последовательном измерении вольтметром с известным сопротивлением  $r$  трех напряжений (рис.6.5):  $U$  – рабочего;  $U_1$  – между положительным полюсом сети и землей;  $U_2$  – между отрицательным полюсом и землей. Расчет искомой величины сопротивления изоляции сети производится по формуле:

$$R = r \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1 + U_2}$$

Рассмотрим физические основания этого метода.

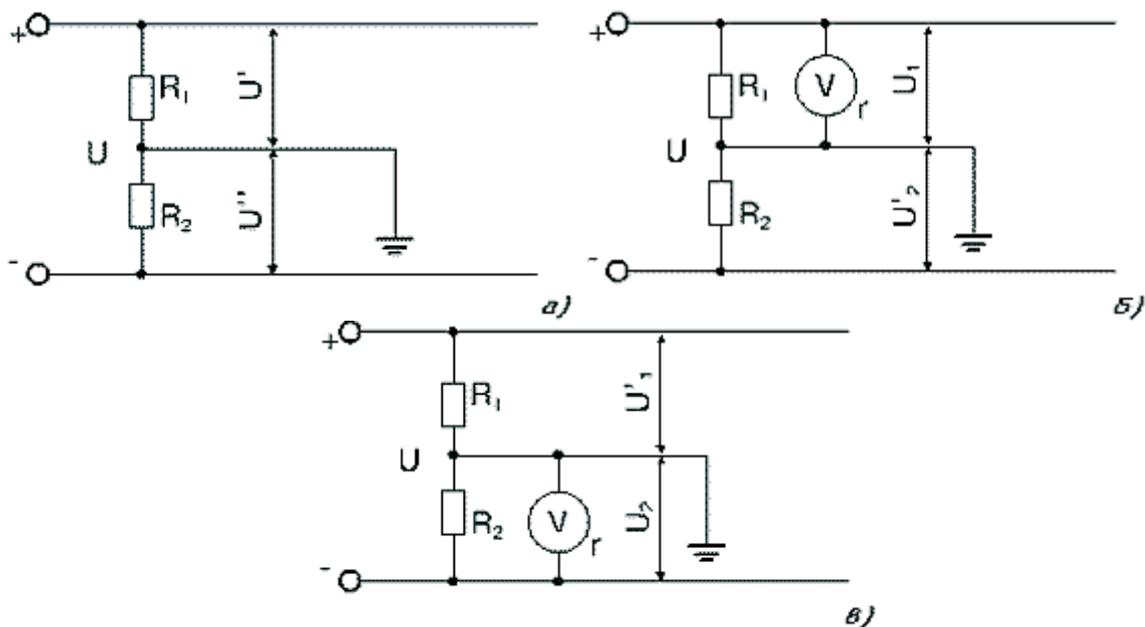


Рис.6.7. Измерение сопротивления изоляции сети постоянного тока вольтметрами: а) – по методу двух вольтметров; б) и в) – по методу трех отсчетов вольтметра.

На рис. 6.7,а показана эквивалентная схема сети постоянного тока с сопротивлениями изоляции полюсов  $R_1$ ,  $R_2$  и рабочим напряжением  $U$ . Напряжения между полюсами сети и корпусом  $U'$  и  $U''$ , пропорциональны соответствующим сопротивлениям изоляции, то есть всегда выполняются следующие соотношения:

Если для измерения этих напряжений между полюсами сети и корпусом включить вольтметры  $V_1$  и  $V_2$  с равными внутренними сопротивлениями  $r$ , то получим:

$$\frac{U'}{U''} = \frac{R_1(R_2+r)}{R_2(R_1+r)}$$

При  $r \gg R$  выражение будет совпадать с предыдущим.

Такой способ контроля (с использованием двух вольтметров) ранее применялся для индикации однополюсных снижений сопротивления изоляции и однополюсных замыканий на землю. Вольтметр, соответствующий полюсу с меньшим сопротивлением изоляции, имеет меньшее показание (зачастую вместо вольтметров включали две лампы накаливания).

Пользуясь результатами измерения напряжений  $U'$  и  $U''$ , определить величины сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ , соответственно и значение эквивалентного сопротивления изоляции сети  $R$ , не представляется возможным, так как система уравнений неполная: эквивалентная схема состоит из трех контуров, в то время как сама система содержит только два уравнения. Чтобы ее все-таки можно было разрешить, в сеть вносят нормированные искажения.

При включении вольтметра  $V$  по схеме рис.6.7,б меняется эквивалентное сопротивление между положительным полюсом сети и землей (за счет

шунтирования сопротивления изоляции  $R_1$  внутренним сопротивлением вольтметра  $r$ ). Оно становится равным:

$$R_1 = \frac{rR_1}{r + R_1}$$

Так как при этом сопротивление между отрицательным полюсом сети и корпусом не изменится, то уменьшается напряжение между положительным полюсом и землей:  $U_1 < U'$  (соответственно  $U_2 > U''$ ). При измерении по схеме рис.6.5, в аналогично получаем:  $U_2 < U''$ . С условием того, что  $U' + U'' = U$ , при измерении методом трех отсчетов всегда справедливо неравенство

$$U_1 + U_2 < U$$

Оно образуется за счет намеренного поочередного уменьшения сопротивлений между полюсами сети и землей путем шунтирования сопротивлений изоляции  $R_1$  и  $R_2$  известным сопротивлением  $r$ .

Теперь система уравнений, составленных для напряжений  $U_1$  и  $U_2$ , оказывается разрешимой, так как она содержит известные величины  $U$ ,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $r$  и две неизвестные величины:  $R_1$  и  $R_2$ . Решая систему относительно последних, получаем выражение для эквивалентного сопротивления изоляции сети.

Соотношение величин напряжений  $U$  и  $U_1 + U_2$ , определяющее точность измерений при данном сопротивлении изоляции сети, зависит от величины сопротивления вольтметра  $r$ . Если  $r \gg R$  (например, при измерении ламповым, цифровым или электростатическим вольтметром), то при подключении вольтметра в сеть вносятся несущественные искажения, так как сопротивления между полюсами сети и землей практически не изменяются. Как следствие этого получаем  $U_1 + U_2 = U$ . Соответственно нулевыми будут результаты при расчетах по формуле.

Наибольшая точность измерений достигается при выполнении следующего соотношения:

$r = 0,8R$ , при котором  $U_1 + U_2 = 0,44U$ . Обычно рекомендуется выбирать вольтметр с внутренним сопротивлением, приблизительно равным измеряемому сопротивлению изоляции.

Изложенное справедливо не только для силовых сетей, но и для низковольтных систем автоматики. В последних опасно выполнять контроль сопротивления изоляции с использованием щитовых мегаомметров, содержащих источник измерительного напряжения 100-150 В. Под действием этого источника при определенных условиях могут выйти из строя комплектующие систему полупроводниковые приборы и микросхемы.

*Непрерывный контроль сопротивления изоляции судовой сети.*

Для предупреждения, своевременного обнаружения и устранения неисправностей на судах непрерывно контролируют и измеряют щитовыми приборами сопротивления изоляции отдельно силовой сети  $R_c$  и сети освещения  $R_{oc}$  вместе с соответствующими приемниками электроэнергии. Основной причиной резкого изменения  $R_c$  и  $R_{oc}$  является включение или отключение

кабелей и приемников с пониженным сопротивлением изоляции. При включении или отключении приемников по изменению  $R_c$  и  $R_{oc}$  можно судить о значении сопротивления изоляции соответствующих приемников и их фидеров.

Устройства непрерывного контроля подают звуковой и световой сигналы о снижении сопротивления изоляции в судовой сети ниже заданного значения.

Принцип действия большинства приборов, предназначенных для работы в сетях переменного тока, находящихся под рабочим напряжением, основан на использовании метода наложения постоянного измерительного напряжения на контролируруемую сеть переменного напряжения.

Наиболее часто на рыболовецких судах применяются устройства непрерывного контроля сопротивления изоляции типов УКИ-1, „Электрон“, ПКИ, БКИ отечественного производства. Устройства работают на принципе наложения постоянного тока на контролируруемую сеть переменного тока и обеспечивают автоматический непрерывный контроль сопротивления изоляции сетей одно- и трехфазного тока напряжением до 400 В, частотой 50 - 400 Гц с незаземленной нейтралью, как при наличии, так и отсутствии напряжения в контролируемой сети. Возможность использования указанных устройств определяется их уставками для сопротивления изоляции, в кОм: „Электрон“ и ПКИ — пять уставок в пределах 500-25; УКИ-1 — три уставки в пределах 500. . . 50; БКИ — четыре уставки в пределах 200. . . 25.

На рис. 6.8 показана структурная схема устройства УКИ-1.

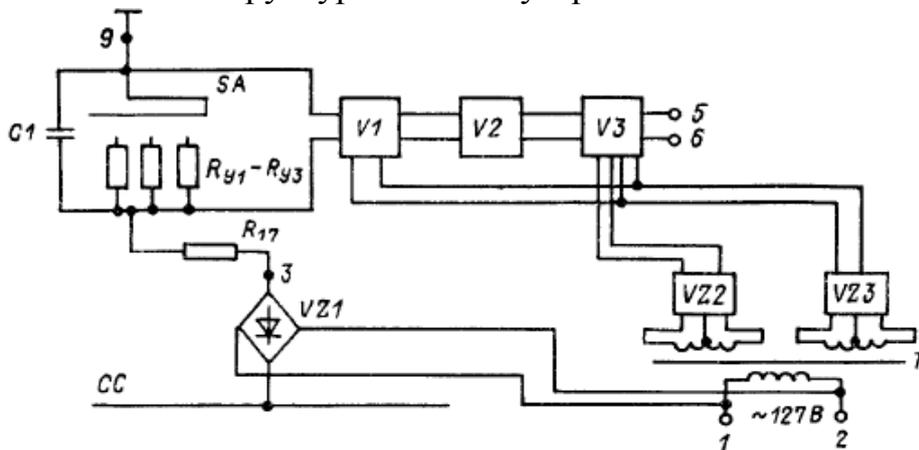


Рис. 6.8. Структурная схема судового устройства непрерывного контроля сопротивления изоляции типа УКИ-1.

Судовой прибор УКИ-1 (устройство контроля изоляции) состоит из двух таких схем для контроля  $R_c$  и  $R_{oc}$  в сетях напряжением 380 и 220 В. Переключателем SA обеспечиваются три указанные выше уставки R. Питание устройства осуществляется от сети переменного тока 127В (выводы Л 2). К выходу устройства (выводы 5,6), где при срабатывании УКИ-1 возникает напряжение 24 В, подключаются сигнальные элементы - звонок и сигнальная лампа.

Схема состоит из следующих основных элементов:

блок питания, состоящий из трансформатора  $T$  и выпрямителей  $VZ1$ — $VZ3$ ;

усилитель постоянного тока  $VI$  с высокоомным входом, выполненный на четырех транзисторах;

триггер Шмидта на двух транзисторах;

выходной усилитель на двух транзисторах.

Двухполупериодный выпрямитель  $VZ3$  подает питание 24 В на транзисторную схему. Двухполупериодный выпрямитель  $VZ2$  создает напряжение смещения. В контролируемой судовой сети  $CC$  постоянное напряжение создается выпрямителем  $VZ1$  мегаомметра. Вывод  $VZ1$  ( - ) соединен с контролируемой сетью  $CC$  (220 или 380 В), а вывод (+) к выводу 3 УКИ-1. Измерительная цепь УКИ-1 включает в себя резистор  $R7$ , какой-либо один резистор уставки  $R_{y1..y3}$ , контакт переключателя  $SA$  и вывод 9, соединенный с корпусом. Измерительная цепь замыкается через все пути утечки в изоляции сети на шину  $CC$ . Ток в измерительной цепи зависит таким образом от  $R_c$  (или  $R_{oc}$ ) и создает на резисторе уставки падение напряжения, которое является входным для усилителя постоянного тока  $VI$ .

Когда напряжение на резисторе уставки достигнет заданного значения, на выходе  $VI$  появляется сигнал, достаточный для запуска триггера Шмидта  $V2$  (триггер переходит в другое устойчивое состояние). При этом выходной сигнал триггера  $V2$  является входным для усилителя  $V3$ , на выходе которого появляется напряжение 24 В (выводы 5, 6), приводящее к срабатыванию звонка и сигнальной лампы.

Норвежская фирма Autronica создала автоматизированную систему контроля сопротивления изоляции System AJ-1 с генератором оперативного напряжения частотой 5 Гц. Фирма Merlin Gerin (Франция) выпускает приборы Vigilohm System XM-200 с оперативным источником частотой 2,5 Гц.

В ряде случаев вместо источника напряжения не промышленной частоты используют вспомогательный источник постоянного напряжения переменной полярности. Так, фирма Bender (Германия), выпускает прибор IRDN 265-4.

Характерным устройством иностранного производства является комплект пофидерного контроля сопротивления изоляции типа AJ норвежской фирмы „Аутроника" (рис. 6.9). Комплект AJ обеспечивает непрерывный автоматический контроль сопротивления изоляции сети, находящейся под рабочим напряжением до 500 В при частоте от 45 до 65 Гц с тремя уставками в пределах 50.. 2 кОм, а также поиск места неисправности кабеля при снижении сопротивления изоляции ниже 20 кОм.

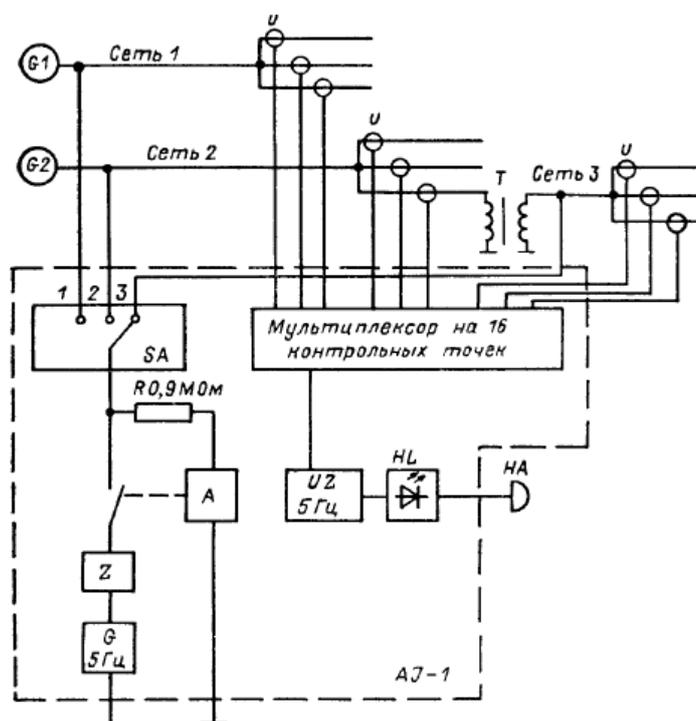


Рис. 6.9. Структурная схема комплекта пофидерного контроля сопротивления изоляции судовой сети типа АЖ.

Комплект АЖ-1 предназначен для контроля сопротивления изоляции одновременно трех, электрически не связанных сетей. Контроль сети осуществляется устройством контроля А, которое как и УКИ-1 работает по принципу наложения постоянного тока на сеть переменного тока. Подключение А к каждой из контролируемых сетей 1, 2, 3 производится посредством автоматического селектора SA. После обнаружения устройством А факта снижения значения сопротивления изоляции в одной из контролируемых сетей оно подключает к этой сети через фильтр Z источник тестового сигнала G с напряжением частотой 5 Гц.

На фидерах контролируемой сети установлены датчики U - трансформаторы тока нулевой последовательности. Датчики через мультиплексор (коммутатор) на 16 контролируемых точек присоединяются к приемнику UZ 5 Гц - измерителю тока утечки, создаваемого источником тестового сигнала на частоте 5 Гц. Если сопротивление какого-либо контролируемого фидера меньше уставки, т. е. ток утечки на частоте 5 Гц, протекающий через окно соответствующего датчика U, больше установленного значения, то приемник UZ включает световую сигнализацию HL (загорается светодиод этого фидера) и звуковую HA. Таким образом устройство АЖ-1 контролирует сопротивление изоляции сети и автоматически, без обесточивания сети, определяет фидер со сниженным сопротивлением изоляции.

Комплект АЖ-2 (рис. 6.10) применяют для определения места неисправности фидера.

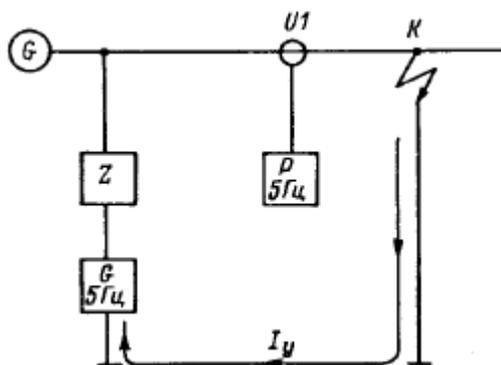


Рис.6.10. Структурная схема устройства АЖ-2.

Датчиком  $U1$ , устройство которого подобно токоизмерительным клещам, охватывается поврежденный фидер (кабель). Затем датчик  $U1$  перемещают вдоль фидера и при прохождении датчиком места утечки, т. е. места  $K$  снижения сопротивления, приемник  $P$  5 Гц с измерительным прибором фиксирует наличие тока утечки. Это позволяет определить место неисправности кабеля.

### Контрольные вопросы к практической работе 6.

1. Перечислите виды контроля сопротивления изоляции.
2. Дайте определение периодического контроля сопротивления изоляции.
3. Опишите прибор для периодического контроля сопротивления изоляции, как измерить сопротивление изоляции при помощи его.
4. Приведите схему мегаомметра М4100/1 и опишите её.
5. Приведите схему мегаомметра М4100/5 и опишите её.
6. Опишите состав цифрового мегаомметра.
7. Опишите принцип действия цифрового мегаомметра.
8. Как подготовить цифровой мегаомметр к использованию.
9. Измерение сопротивления изоляции с помощью цифрового мегаомметра.
10. Измерение сопротивления изоляции при снятом рабочем напряжении.
11. Измерение сопротивления изоляции в сетях постоянного тока.
12. Метод трех отсчетов вольтметра при измерении сопротивления изоляции.
13. Как осуществляется непрерывный контроль сопротивления изоляции на судах.
14. Приведите схему и опишите принцип действия устройства УКИ – 1.
15. Опишите комплект пофидерного контроля сопротивления изоляции типа АЖ.

## Практическая работа 7. Использование осциллографов для анализа сигналов в электрических цепях.

**Цель работы:** Знакомство с аналоговыми и цифровыми осциллографами. Устройство, принцип действия. Освоение методов работы с осциллографом.

**Задание:** Снять и проанализировать осциллограмму объекта, предложенного преподавателем.

1. Получить у преподавателя ориентировочные значения амплитуды и частоты напряжения, близкого к синусоидальному. Установить их на генераторе по осциллографу.

2. Определить процентное содержание 3<sup>й</sup> гармоники по отношению к 1<sup>й</sup> для напряжения, установленного в п. 1.

3. Получить у преподавателя ориентировочные значения размаха и частоты напряжения, близкого к прямоугольному, со скважностью, близкой к двум. Установить их на генераторе по осциллографу. Измерить среднее квадратичное значение, длительность фронта и длительность спада.

4. Измерить среднее квадратичное значение 1<sup>й</sup> гармоники напряжения, установленного в п. 3, в децибелах и вычислить её амплитуду в вольтах.

5. Вычислить амплитуду 1<sup>й</sup> гармоники напряжения, установленного в п. 3 при допущении, что оно имеет идеально прямоугольную форму, скважность, точно равную двум, и сопоставить полученный результат с результатом п. 4.

6. Экспериментально определить отношение амплитуды 1<sup>й</sup> гармоники к 3<sup>й</sup> у напряжения, установленного в п. 3.

7. Вычислить отношение амплитуды 1<sup>й</sup> гармоники к 3<sup>й</sup> у напряжения, установленного в п. 3 при допущении, что оно имеет идеально прямоугольную форму, скважность, точно равную двум, и сопоставить полученный результат с результатом п. 6.

8. Подключить к генератору синусоидального напряжения RC-цепочку ( $R = 1,3 \text{ кОм}$ ;  $C = 0,22 \text{ мкФ}$ ). Измерить угол сдвига фаз  $\varphi$  между напряжениями  $u_1$  и  $u_2$  на входе и выходе RC-цепочки на частоте  $f \approx 1 \text{ кГц}$ , установив эту частоту по осциллографу.

9. Рассчитать предельные значения погрешности результата, полученного в п. 8.

10. Зная параметры RC-цепочки и значение частоты, рассчитать теоретическое значение угла сдвига фаз  $\varphi_T$  и проверить, укладывается ли расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями в диапазон, определяемый предельными значениями погрешности, найденными в п. 9 и предельными отклонениями  $R$  и  $C$  от своих номинальных значений.

11. Измерить постоянную времени той же RC-цепочки, что в п. 8, зарегистрировав осциллографом переходный процесс, происходящий при подключении её к постоянному напряжению.

Осцилло́граф (лат. *oscillo* — качаюсь + греч. *γραφο* — пишу) — прибор, предназначенный для исследования (наблюдения, записи; измерения) амплитудных и временных параметров электрического сигнала, подаваемого на его вход, либо непосредственно на экране, либо записываемого на каком-либо носителе.

Простейшая структурная схема осциллографа (рис.7.1) состоит из трех элементов: усилителя вертикально отклоняющего напряжение  $U_x$ , генератора развертки  $G$  и электронно - лучевой трубки (ЭЛТ).

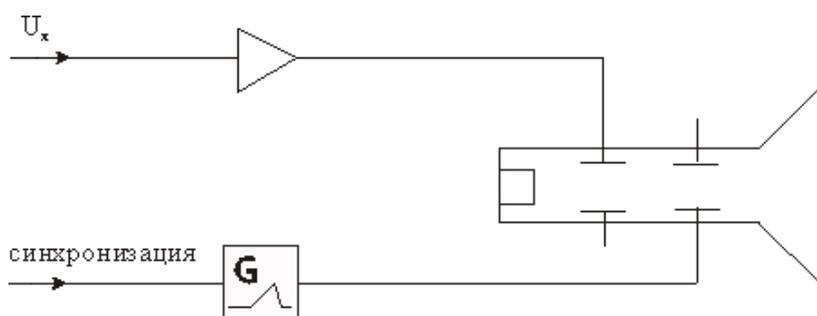


Рис.7.1 Упрощенная структурная схема осциллографа.

Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) определяет принцип действия прибора, и от ее характеристик в значительной мере зависят параметры и возможности применения осциллографа в целом. В осциллографах используют главным образом ЭЛТ с электростатическим управлением лучом.

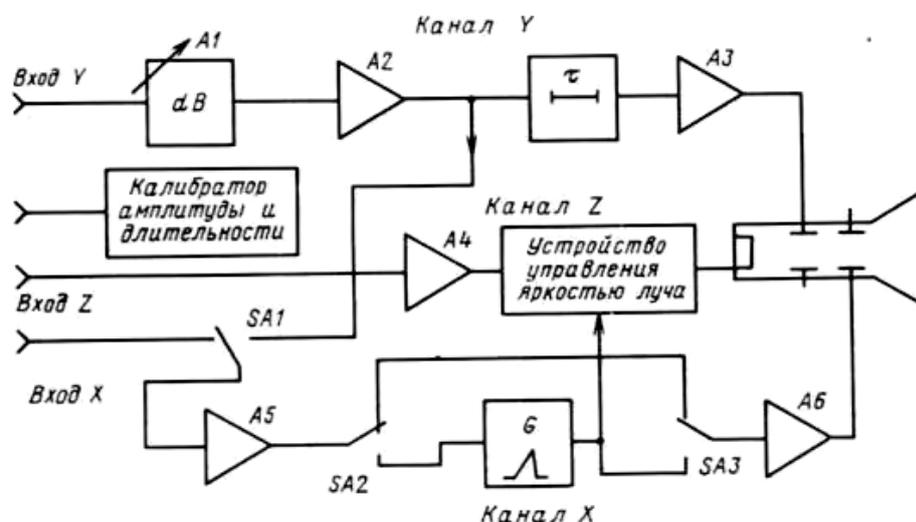
Принцип отображения формы напряжения на экране осциллографической трубки в общих чертах можно представить следующим образом.

Исследуемое напряжение является функцией времени, отображаемой в прямоугольных координатах графиком  $u = f(t)$ . Две пары пластин ЭЛТ отклоняют электронный луч в двух взаимно перпендикулярных направлениях, которые можно рассматривать как координатные оси. Поэтому для наблюдения на экране ЭЛТ исследуемого напряжения необходимо, чтобы луч отклонялся по горизонтальной оси пропорционально времени, а по вертикальной оси — пропорционально исследуемому напряжению (в каждый момент времени).

С этой целью к горизонтально отклоняющим пластинам подводят пилообразное напряжение, которое заставляет луч перемещаться по горизонтали с постоянной скоростью слева направо и быстро возвращаться обратно. Расстояние, проходимое лучом вдоль горизонтальной оси, получается пропорциональным времени.

Исследуемое напряжение подается на вертикально отклоняющие пластины, и, следовательно, положение луча в каждый момент времени однозначно соответствует значению исследуемого сигнала в этот момент. За время действия пилообразного напряжения луч вычерчивает кривую исследуемого сигнала. Наблюдаемое на экране изображение называют осциллограммой.

Структурная схема осциллографа состоит из 3-х каналов (Y, X и Z), калибратора и устройства отображения информации – ЭЛТ (рис.7.2). Для всех осциллографов схема одинаковая и отличается для каждого типа особенно-



стями построения каналов.

Рис.7.2 Структурная схема электронного осциллографа.

Канал вертикального отклонения (Y) формирует вертикально отклоняющее напряжение и в основном выполняет функции усиления колебаний на входе Y. Канал состоит из аттенюатора A1, предварительного усилителя A2, линии задержки и конечного усилителя A3.

Линия задержки позволяет запускать генератор развертки фронтом исследуемого импульса до того, как начнется отклонение луча по вертикали под действием этого импульса, что позволяет в режиме внутренней синхронизации наблюдать фронт импульса.

В канале горизонтального отклонения (X) формируется пилообразное напряжение, вырабатываемое генератором развертки G. Переключателем SA1 выбирают вид синхронизации: внешнюю и внутреннюю. Внешний синхронизирующий сигнал подводят ко входу X осциллографа. В некоторых осциллографах на вход X подают исследуемый сигнал, который поступает на горизонтально отклоняющие пластины осциллографа, но при этом переключателями SA2 и SA3 отклоняют генератор развертки G. Иногда исследуемый сигнал подают непосредственно на пластины (на задней стенке вход).

Канал управления яркостью луча (Z) служит для создания на осциллограмме яркостных меток или гашения луча на время обратного хода T0 развертки и режима ожидания при ждущей развертке. Внешний сигнал для управления яркостью подводят ко входу Z осциллографа. Канал содержит усилитель – ограничитель A4 и устройство управления яркостью луча.

В некоторых осциллографах содержится калибратор амплитуды и времени, представляющий собой генератор образцовых сигналов, например прямоугольных импульсов с заданной амплитудой и частотой повторения. Импульсы подводят ко входу Y осциллографа и используют для калибровки каналов Y и X осциллографа. В этом случае кабель согласован на выходе. Т.к. в

большинстве осциллографов нет низкоомного входа, а согласовывают на входе аттенюатора с выходным сопротивлением, равным волновому сопротивлению кабеля.

Предварительные усилители А2 для усиления вертикально отклоняющего напряжения выполняют по схеме балансного УПТ с повышенной устойчивостью к изменению температуры и напряжения питания. Усилители выполняют регулируемые: плавное изменение коэффициента усиления, балансировка по постоянному напряжению. Первый каскад обычно выполняют по схеме ... повторителя, обеспечивающего высокое входное сопротивление.

В зависимости от требуемого времени задержки линию задержки выполняют с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Оконечные усилители формируют два противофазных напряжения для отключения пластин ЭЛТ. Усилители нагружены емкостью до десятков пФ и для широкой полосы пропускания выбирают малые сопротивления нагрузки и мощные транзисторы.

### *Цифровой осциллограф.*

В настоящее время бурно развиваются цифровые приборы. Причём из-за лучших характеристик цифровые приборы вытесняют аналоговые приборы.

Можно выделить следующие преимущества цифрового осциллографа:

- высокая точность измерений;
- яркий хорошо сфокусированный экран на любой скорости развёртки;
- возможность отображения сигнала до момента запуска;
- возможность останова обновления экрана на произвольное время;
- возможность детектирования импульсных помех;
- автоматические
- возможность подключения принтера для создания отчётов измерений;
- возможность статистической обработки сигнала;
- средства самодиагностики и самокалибровки;
- резко очерченные контуры изображения сигнала;
- возможность исследовать детально переходные процессы;
- считывание предварительно записанных данных;
- широкие аналитические возможности и упрощённая архивация;
- возможность сравнения предварительно записанных данных с текущими.

Цифровые осциллографы выпускаются либо в виде самостоятельных приборов, либо в виде приставки к персональному компьютеру. Устройства с использованием компьютера относятся к новому направлению в измерительной технике – виртуальным приборам. Теперь специалисту достаточно подключить к компьютеру дополнительное устройство – модуль цифрового осциллографа, для того чтобы начать измерения и анализ физической величины. С помощью мыши и клавиатуры осуществляется управление прибором,

специальными программами обработка, поступившей информации, а также её хранение на накопителе (например, на жёстком диске).

Теми же возможностями обладают осциллографы с жидкокристаллическим дисплеем. Все возможности связанные с автоматизацией измерений встроены в цифровой осциллограф.

Структурная схема цифрового осциллографа представлена на рисунке 7.3.

Основные элементы цифрового осциллографа:

МУ – масштабирующее устройство (усилитель и делитель напряжения);

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;

К – контроллер;

ЗУ – запоминающее устройство;

Э – экран;

ОУ – органы управления (кнопки, ручки).

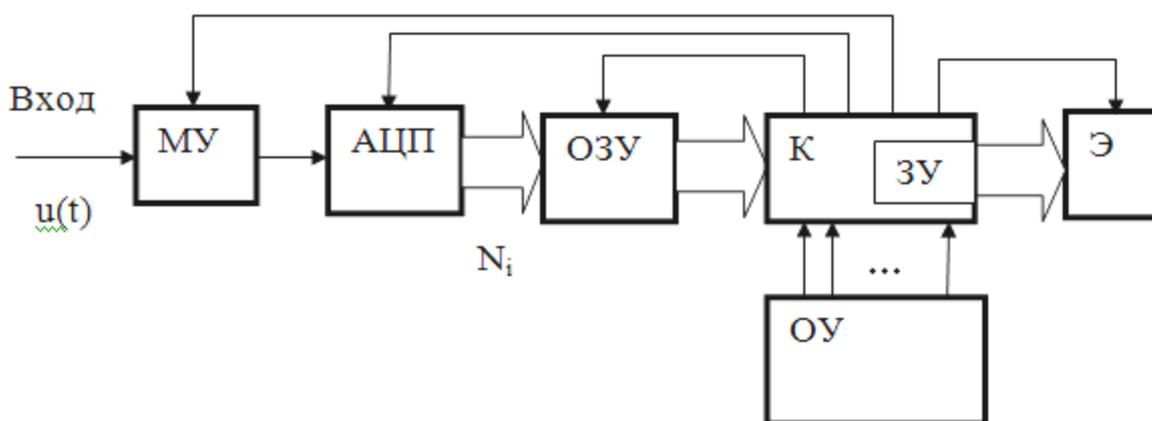


Рис. 7.3. Упрощенная структурная схема цифрового осциллографа (ЦО).

Пройдя через масштабирующее устройство, входное напряжение  $u(t)$  преобразуется АЦП в дискретную последовательность кодовых слов  $N_i$ , отображающих мгновенные значения  $u_i$  этого напряжения. Каждое новое кодовое слово записывается в ОЗУ. При этом все предыдущие записанные отсчёты сдвигаются на одну ячейку (регистр сдвига), а самый первый  $N_1$  исчезает, как бы «выталкивается». Если ОЗУ состоит из  $M$  ячеек, то в нём, постоянно обновляясь, содержится  $M$  последних, «свежих», кодовых слов. Так продолжается до тех пор, пока не будет выполнено некое заданное условие, например, когда какое-либо  $u_i$  впервые превысит заданный оператором уровень («запуск по уровню»). После этого содержимое некоторого количества ячеек ОЗУ переписывается в запоминающее устройство ЗУ, входящее в состав контроллера К.

Каждой ячейке ЗУ соответствует точка на экране по цвету отличающаяся от фона. Её абсциссу определяет номер ячейки, а ординату кодовое слово  $N_i$ , находящееся в этой ячейке.

Для хорошего изображения сигнала на экране вполне достаточно 2 точки на 1 мм. Средних размеров экран имеет высоту 100 мм и ширину 120 мм. Следовательно, на экране должны располагаться  $200 \times 240 = 48\,000$  точек или более.

Таким образом, для формирования хорошего изображения АЦП должен иметь не менее 8 двоичных разрядов (256 точек по вертикали) и ЗУ должно содержать 256 ячеек.

Но количество ячеек ОЗУ может быть гораздо больше. Зачем?

ЦО позволяет делать замечательную вещь – запоминать в ОЗУ очень много кодовых слов, а потом «вытягивать» их порциями, соответствующими ширине экрана. В аналоговых осциллографах это, конечно, невозможно. Для обозначения запаса по оси времени («глубина памяти») иногда пользуются такой оценкой длительности сигнала, данные о котором записаны в ОЗУ: «число экранов». Например, «8 экранов» означает, что объём памяти ОЗУ не 256, а 2048 ячеек, в которых записано 2048 кодовых слов  $N_i$ . Каждое  $N_i$  – это 8-разрядный код, т.е. один байт, т.ч. «8 экранов» – это объём памяти в 2 килобайта. Можно вообразить очень широкий экран-ленту – в 8 раз шире натурального, но такой же высоты. На такой ленте было бы записано изображение всего сигнала. Длина этой ленты около одного метра.

Ещё одно принципиальное отличие от аналоговых осциллографов состоит в том, что в ЦО можно видеть предысторию сигнала до появления импульса запуска. Это называют «предзапуском». Кодовые слова переписываются из ОЗУ в ЗУ так, что в момент появления импульса запуска первой ячейкой ЗУ будет та, что даёт точку на вертикальной линии, проходящей через центр экрана, последующие точки располагаются направо от неё, предыдущие – налево. Положение первой ячейки можно смещать влево или вправо от центра и тем самым соответственно уменьшать или увеличивать видимый интервал предыстории.

Частоту дискретизации (частоту «выборок») можно изменять в широких пределах, что соответствует изменению масштаба по горизонтали и аналогично изменению скорости развёртки в аналоговых осциллографах.

Для изменения масштаба по вертикали, как и в аналоговых осциллографах, можно изменять коэффициенты усиления или деления соответственно входного усилителя или делителя напряжения.

В целом ЦО имеет больше сходства с компьютером, чем с аналоговым осциллографом. Он позволяет выполнять различные математические операции: растягивать во времени фрагменты записанного в память сигнала, складывать и вычитать сигналы в разных каналах, определять частотный спектр сигнала путём применения быстрого преобразования Фурье и проч.

### *Осциллографы серии АКПП-4107.*

Осциллографы серии АКПП представляют собой портативные внешние USB устройства. Основные характеристики АКПП:

- устройство 3 в 1:
  - осциллограф,
  - анализатор спектра,
  - генератор сигналов
- 2 входных канала
- Автоматические (26 параметров) и курсорные измерения ( $\Delta U$ ;  $\Delta T$ )
- Быстрое преобразование Фурье (БПФ)
- Цифровой самописец: максимальная частота дискретизация 1 МГц, память 2 М на канал
- Пиковый детектор, усреднение, послесвечение
- Выход генератора до 100 кГц: синус, меандр, треугольник, пила (нарастающая или спадающая), постоянное напряжение
- Формирование сигналов произвольной формы (СПФ)
- Режим «покадровой» регистрации (запись/считывание до 1000 осциллограмм во внутренний буфер)
- Интерфейс USB, ПО под ОС WIN XP SP2 и Vista
- Источник питания от ПК по шине USB (200 мА)
- Интерфейс USB 2.0 (совместимый с USB 1.1)
- Габаритные размеры 100 × 150 × 37 мм
- Масса 0.2 кг.

На рисунке 7.4 представлен внешний вид цифрового осциллографа АКИП.



Рис.7.4. Внешний вид цифрового осциллографа.

АКИП при помощи персонального компьютера и специального программного обеспечения позволяют просматривать различные сигналы по всем входным каналам. Данные приборы могут применяться:

- в качестве многоканальных осциллографов для наблюдения сигналов и измерения их параметров;
- при ремонте радиоэлектронного и электротехнического оборудования;

- для проведения различных исследовательских и испытательных работ.

Характеристики современных цифровых осциллографов:

- высокая чувствительность (от 1 мВ/дел) и разрешение (от 8 до 14 бит);
- широкий диапазон коэффициентов разверток (от 2 нс до 50 с);
- растяжка сигнала по времени или по амплитуде в широких пределах;
- развитая логика синхронизации с любыми задержками запуска развертки.

ки.

Применение измерительных систем, взаимодействующих с ЭВМ, дает ряд преимуществ:

- резко упрощается конструкция прибора, поскольку становятся ненужными электронно-лучевая трубка, жидкокристаллический дисплей, различные органы управления, мощный и высоковольтный источник питания и другие;

- уменьшается стоимость прибора;

- реализуется естественная стыковка с ПК, что обеспечивает легкость цифровой обработки данных;

- появляется возможность легко реализовать цифровые методы обработки сигналов, например, построение спектра методом быстрого преобразования Фурье или регистрации сигналов на протяжении длительного промежутка времени с записью сигнала в память компьютера.

Возможность автоматизации процесса измерения, высокие метрологические характеристики, порой недоступные аналоговым приборам, относительно низкая стоимость, возможность цифровой обработки и сохранения результатов измерения, делают такие измерительные системы на базе технологии виртуальных приборов весьма перспективным направлением развития измерительной техники.

Используемые в осциллографах процессоры цифровой обработки сигнала предоставляют возможность исследования спектра сигнала посредством анализа с применением быстрого преобразования Фурье. Цифровое представление информации обеспечивает сохранение экрана с результатами измерения в памяти компьютера или вывод непосредственно на принтер. Некоторые осциллографы даже имеют накопитель для гибких дисков для сохранения изображения в виде файлов для последующего архивирования или дальнейшей обработки. Некоторые модели осциллографов и вовсе не имеют экрана — для отображения применяется дисплей компьютера.

Программное обеспечение АК ИП обеспечивает четыре типа отображения:

- осциллограф;
- анализатор спектра;
- измеритель;
- координатный осциллограф.

Если бы не ограничения вследствие конечного времени оцифровки сигнала и сравнительно высокая стоимость, цифровые осциллографы могли бы почти полностью вытеснить аналоговые. Полная оцифровка сигнала позво-

ляет избежать отображения сигнала в реальном масштабе времени и, следовательно, повысить устойчивость изображения, организовать сохранение результатов и запись редких или медленных процессов (аналог запоминающего осциллографа), упростить масштабирование и растяжку, ввести метки.

Для повышения скорости оцифровки используют специальные приемы. Один из них заключается в распараллеливании процесса оцифровки с помощью нескольких АЦП. Обычно это делается за счет использования АЦП других каналов, и, таким образом, при исследовании высокочастотных сигналов осциллограф превращается из многоканального в одноканальный. Другой метод состоит в повышении скорости за счет снижения разрешающей способности.

Использование дисплея вместо осциллографической трубки открывает возможность для отображения любой дополнительной информации и управления прибором с помощью меню. Более дорогие приборы имеют цветной дисплей, благодаря чему они позволяют легко различать сигналы различных каналов, метки времени и амплитуды, курсоры. Последние модели могут накапливать отображаемый в течение большого числа разверток сигнал, а также выделять цветом места с наибольшей повторяемостью сигнала.

Еще одно немаловажное преимущество — отличные массогабаритные показатели (3–5 кг) и малое энергопотребление позволяют выпускать такие приборы в носимом исполнении.

#### *Осциллограф ADS1000.*

Цифровой осциллограф *серии ADS1000* (рис.7.5) используется как автономный прибор для анализа сигналов электрических цепей и имеет несложную в работе панель управления с ручками настройки и кнопками.

Справа от дисплея расположены пять серых кнопок для выбора пунктов меню. При помощи этих кнопок можно установить различные опции текущего меню. Остальные кнопки являются функциональными; нажатием этих кнопок можно вызвать нужную функцию меню или применить выбранную функцию.

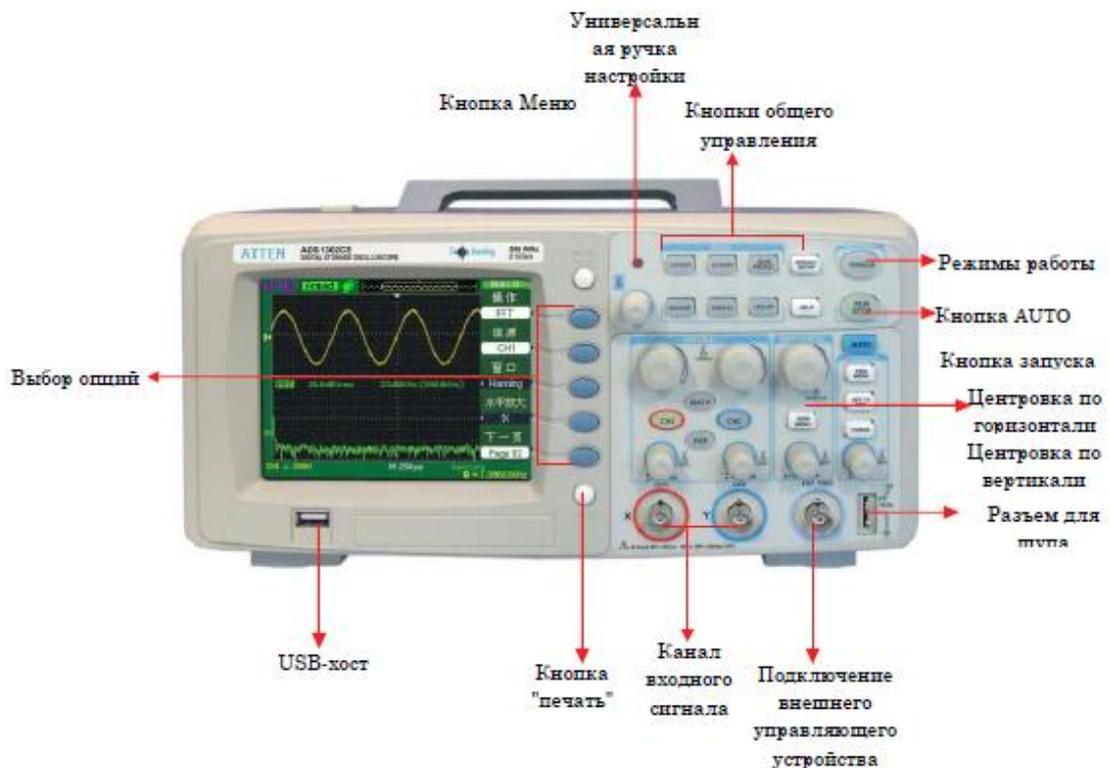


Рис.7.5 Внешний вид осциллографа ADS1000.

На рисунке 7.6 представлен дисплей осциллографа. Основные позиции дисплея:

1. Состояние синхронизации

Ожидание (Armed). Осциллограф получает информацию, предшествующую запуску. В этом состоянии прибор игнорирует все сигналы запуска.

Готов (Ready). Вся информация, предшествующая запуску, получена, и осциллограф готов принять сигнал запуска.

Запуск (Trig'd). Осциллограф запущен и *получает* послепусковые данные.

Остановка (Stop). Осциллограф перестал получать данные о форме сигнала.

Авто (Auto). Осциллограф в автоматическом режиме получает данные о форме сигнала в отсутствие сигналов запуска.

Сканирование (Scan). Осциллограф получает и отображает текущую форму сигнала в режиме сканера.

2. Отображение положения текущего окна формы сигнала.

3. Курсор показывает уровень синхронизации по горизонтали. Отцентрируйте курсор при помощи ручки ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЦЕНТРОВКИ.

4. Кнопка "Печать" ("Print Key") в положении "Распечатка" ("Print Picture").

Кнопка "Печать" ("Print Key") в положении "Сохранить" ("Save Picture").

5. Для "Back USB" (USB-порт на задней панели) выбрано значение "Компьютер" ("Computer").

6. Отображение положения канала сигнала.

7. Маркеры на экране показывают точки опорного заземления отображаемых сигналов. Отсутствие маркеров указывает на то, что канал не отображается. Отображение источника сигнала.

8. Символ совмещения сигналов

9. Индикатор коэффициента вертикальной составляющей каналов.

10. Иконка "B" указывает на то, что включена опция "полоса пропускания" (bandwidth).

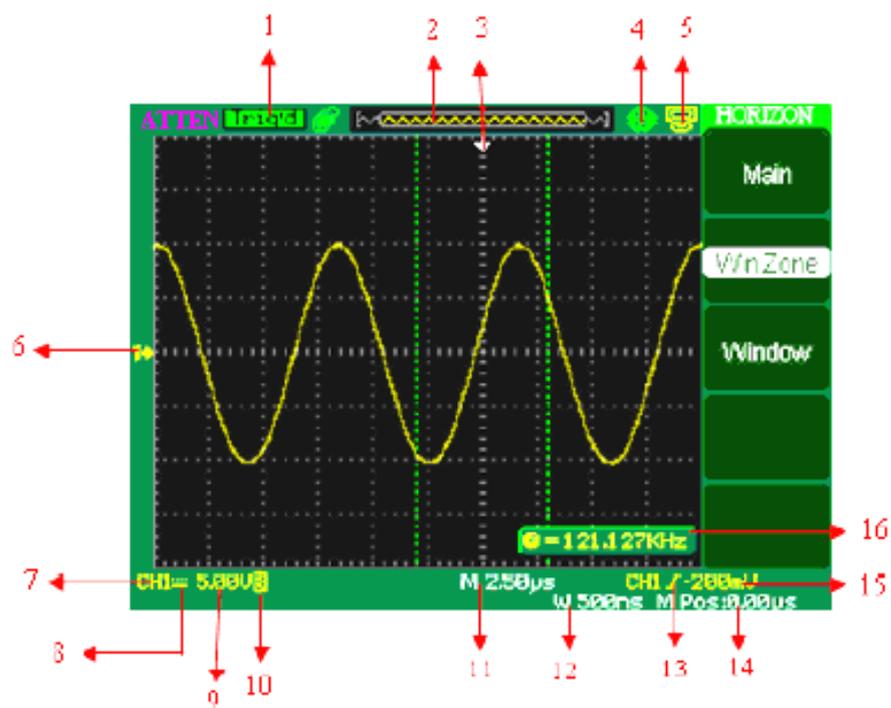
11. Индикатор показывает основную настройку временной развертки.

12. Индикатор показывает настройку временной развертки окна, если таковая используется.

13. Иконка показывает тип сигнала запуска.

14. Индикатор показывает горизонтальное положение.

15. Индикатор показывает уровень сигнала запуска.



16. Индикатор показывает частоты текущего сигнала.

Рис. 7.6. Дисплей осциллографа.

### Характеристики осциллографа ADS1000:

- Переносное устройство небольшого объема без дополнительных частей.
- Цветной жидкокристаллический дисплей.
- Два канала, полоса пропускания 25 МГц - 300 МГц.
- Частота семплирования: 500 МС/с (ADS1000С), 1ГС/с (ADS1000СА), 2 ГС/с (ADS1000СЕ).
- Эквивалентная частота семплирования: 50 ГС/с.
- Память: 4К точек (ASD1000С). 1К точек (ADS1000СЕ). 2М точек (ADS1000СА).
- Расширенные функции запуска: по фронту, видео, по длине импульса.

- Задержка запуска.
- Уникальные функции цифрового фильтра и самописца.
- Режим «годен / не годен».
- Автоматические измерения 32 параметров.
- Сохранение до 20 форм сигналов и до 20 профилей установок органов управления, возможность сохранения и считывания с запоминающих USB-устройств.
- Режимы курсорных измерений: ручной, трэк и автоматических измерений.
- Одновременное отображение формы сигнала и FFT на разделенном экране.

*При проверке плавности работы осциллографа следует проделать следующие шаги:*

1. Включить осциллограф. Нажмите кнопку "DEFAULT SETUP" (заводские установки), чтобы увидеть результаты самопроверки. Коэффициент делителя в щупах по умолчанию составляет 9.
2. Установите делитель щупа в наложение IX и подсоедините вдул к каналу 1 осциллографа. Для этого подведите коннектор щупа к банонетному коннектору CH 1, прижмите для соединения и поверните вправо для закрепления щупа в разъеме. Подсоедините щуп осциллографа к источнику опорного сигнала.
3. Нажмите кнопку "AUTO", чтобы через несколько секунд отобразить меандр с частотой 1 кГц и максимальным пиковым напряжением 3 В.
4. Два раза нажмите CH1, чтобы выйти из канала 1. Нажмите "CH2", чтобы на дисплее отобразился канал 2, перезапустите канал 2. выполнив для него шаги 2 и 3.

Цифровые осциллографы серии ADS1000 оснащены функцией автоматических установок ( таблица 7.1), при помощи которых прибор распознает формы сигнала и производит корректировку настроек для оптимального отображения полученного сигнала. "AUTO" — кнопка включения автоматических установок.

*Таблица 7.1. Меню функций автоматических установок.*

Опция	Действие
 (Многokrатное колебание)	Автоматическая установка дисплея и отображение многократного колебания.
 (Однократное колебание)	Установка дисплея и автоматическое отображение однократного колебания.
 (Нарастающий фронт)	Автоматическая установка дисплея и отображение периода нарастания фронта.
 (Спадающий фронт)	Автоматическая установка дисплея и отображение периода спада фронта.

 (Отмена настройки)	Осциллограф запускает предыдущую установку.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

Автоматическая установка распознает пусковое устройство по следующим признакам:

- Если сигналы идут по нескольким каналам, выбирается канал с сигналом наименьшей частоты.
- Если ни один сигнал не зарегистрирован, выбирается канал с наименьшим номером из тех, что отображались в период действия автоматической установки.
- Если ни один сигнал не зарегистрирован и ни один канал не отображался, осциллограф отображает и использует канал 1.

Для эффективного использования осциллографа необходимо ознакомиться со следующими функциями прибора:

- Кнопки управления и меню.
- Подключение.
- Auto Setup (автоматические установки).
- Default Setup (заводские установки).
- Универсальная ручка настройки.
- Система вертикальной настройки.
- Система горизонтальной настройки.
- Система запуска.
- Система захвата сигнала.
- Система отображения на дисплее.
- Система измерения характеристик и формы сигнала.
- Система общих настроек.
- Система сохранения осциллограмм.
- Функция помощи онлайн.

#### *Кнопки управления и меню*

Панель управления осциллографа *ADS1000* представлена на рисунке 7.7.



Рис.7.7 Панель управления осциллографа ADS1000.

Кнопки панели управления:

- CH1. CH2: кнопки управления каналами 1 и 2.
- MATH: кнопка управления математическими функциями (MATH).
- REF: кнопка управления формой опорного сигнала.
- HORIZ MENU: кнопка управления центровкой по горизонтали.
- TRIG MENU: кнопка управления сигналами запуска.
- SET TO 50%: установка сигнала запуска на уровень средней точки амплитуды сигнала.
- FORCE: кнопка используется для принудительного завершения захвата текущего сигнала независимо от того, обнаружил ли осциллограф сигнал запуска или нет. Эта функция удобна для режимов одиночный захват (Single acquisitions) и нормальный запуск (Normal trigger).
- SAVE/RECALL: отображение меню Сохранить/Открыть (Save/Recall) для установок и сигналов.
- ACQUIRE: Отображение меню Захват (Acquire).
- MEASURE: Отображение меню автоматических измерений.
- CURSORS: Отображение меню курсора. Кнопки управления вертикальной центровкой позволяют установить положение курсора, пока отображается меню курсора и курсоры активны. Курсоры продолжают отображаться (если в меню "Набор" ("Type" не выбрана опция "Выкл." ("Off")), но после выхода из меню курсора параметры курсора нельзя изменять.
- DISPLAY: Отображение меню дисплея.
- UTILITY: Отображение меню энергосистемы общего назначения (Utility).
- DEFAULT SETUP: Сброс до заводских настроек .
- HELP: Вызов онлайн - справки.
- AUTO: автоматически задает настройки осциллографа для корректного

отображения входных сигналов.

- RUN/STOP: непрерывный захват сигналов или прекращение захвата.

Примечание: Если захват сигналов прекращен (нажатием кнопки

- RUN/STOP или SINGLE), при помощи регулятора SEC/DIV можно расширить или сжать осциллограмму.

- SINGLE: остановка после захвата одного сигнала.

Цифровой осциллограф серии *ADS1000* имеет специальный регулятор, называемый

"Универсальная ручка настройки", при помощи которого можно выставлять время задержки, двигать курсорами, устанавливать ширину импульса и строку развёртки, корректировать верхнюю и нижнюю границы частоты цифрового фильтра, настраивать маску по осп x и маску по оси y в режиме годен/не годен, а также выбирать вид записи и воспроизведения сигнала в соответствующем меню и т.д. При помощи "универсальной ручки настройки", можно выбрать накопитель, на который сохраняются установки, осциллограммы, изображения. Эту же ручку можно запрограммировать для навигации и выбора пунктов меню.

### **Контрольные вопросы к практической работе 7.**

1. Приведите упрощенную структурную схему аналогового осциллографа.
2. Опишите принцип действия осциллографа.
3. Приведите структурную схему электронного осциллографа и опишите её.
4. Цифровые осциллографы. Преимущества.
5. Приведите структурную схему цифрового осциллографа и опишите её.
6. Поясните принцип действия цифрового осциллографа.
7. Отличие цифрового осциллографа от аналогового осциллографа.
8. Дайте характеристику цифрового осциллографа серии АКПП.
9. Дайте характеристику цифрового осциллографа серии ADS1000.

### **Практическая работа 8.**

#### **Системы судовой аварийно предупредительной сигнализации.**

**Цель работы:** Ознакомиться с судовыми системами аварийно предупредительной сигнализации.

**Задание:** Составить структурную схему предложенной преподавателем системы и описать принцип её построения.

Сигнализация - преобразование информации о ходе контролируемого процесса или о состоянии объекта наблюдения в сигнал, обычно световой или звуковой (например, мигание лампочки, звонок, сирена); процесс передачи сигналов; совокупность устройств, обеспечивающих передачу сигналов.

Электрическая сигнализация на судах служит для привлечения внимания обслуживающего персонала к определённой команде или объекту с помощью звука, света или табло.

Передачу звукового сигнала выполняют акустические приборы: звонки, колокола, трещотки, ревуны и тому подобные, работающие на электрическом принципе.

Электроакустические преобразователи преобразуют электрическую энергию в акустическую (энергию упругих колебаний) и обратно. Используются для приема и излучения звука. Наиболее распространены электродинамические (громкоговорители, микрофоны), пьезоэлектрические и магнетострикционные электроакустические преобразователи.

Сигнальные средства - технические средства зрительной и звуковой сигнальной связи.

Зрительные сигнальные средства подразделяются:

- на средства предметной сигнализации: сигнальные флаги, фигуры, флажный семафор;

- на средства световой связи и сигнализации: сигнальные фонари, прожекторы, клотиковые и сигнальные огни; - на пиротехнические средства сигнализации: сигнальные и осветительно-сигнальные патроны, ракеты, факелы.

Средствам звуковой сигнализации являются: сирены, мегафоны, тифоны, гудки и др.

Для объявления общесудовых тревог и вызова личного состава применяется авральная сигнализация. Аврал (англ. over all - наверх все), работа на корабле, выполняемая одновременно всем или почти всем личным составом, вызываемым специальным сигналом и командой "все наверх". Приборы авральной сигнализации должны издавать звук, отличный от всех других сигналов.

На пассажирских судах для экипажа и пассажиров существуют две независимые группы авральной сигнализации. Включение авральной сигнализации осуществляется замыкателем, установленным в помещениях, где предусмотрено несение ходовой и стояночной вахты, чаще всего в ходовой рубке.

Особое значение для безопасности судна и находящихся на нём людей имеет электрическая пожарная сигнализация.

На всех судах для предотвращения столкновения судов в море, а также для визуальной связи с другими кораблями и с берегом предусмотрены сигнально-отличительные огни. Действие этих огней не допускает перерыва в работе, поэтому они получают питание по двум независимым фидерам от сетей основного и аварийного освещения.

Судовые огни - средства световой сигнализации на судне, информирующие о его местонахождении, размерах и характере действий для предупреждения столкновений с другими судами. Судовые огни: - включаются от захода до восхода солнца, а при тумане - круглосуточно; - служат для указания места судна, направления его движения и (иногда) его назначения; - имеют три цвета: белый, красный и зеленый.

Значение судовых огней определяется по их расположению на корабле, их цветовому сочетанию и сектору освещения.

Судовые отличительные огни - зеленый и красный огни, зажигаемые соответственно на правом и левом бортах судна от захода до восхода солнца, а также в условиях плохой видимости. Судовые отличительные огни имеют угол освещения, равный десяти румбам, и дальность видимости не менее 2 миль (3,7 км); несутся с целью определения борта встречного корабля для безопасного плавания.

Итак: сигнально- отличительные огни бывают ходовыми (Гакабортный огонь - белый огонь, который включается в темное время суток на корме судна на ходу. Гафельные огни - два огня (верхний - белый, нижний - красный), которые одновременно поднимаются на одном фале гафеля или флагштока и видны по всему горизонту. В темное время суток гафельные огни заменяют собой кормовой флаг при входе и выходе с рейда. Кильватерные огни - судовые огни белого цвета, видимые сзади идущему точно в кильватер судну); якорными (Якорные огни – огни, зажигаемые на судах, стоящих на якоре: для кораблей длиной менее 50 м: один белый огонь, видимый по горизонту на 360 градусов на дальность не менее 2 миль; для кораблей длиной более 50 м: два белых огня, видимых по горизонту на 360 градусов на дальность 3 мили, причем носовой огонь должен быть выше кормового на 4.5 м., также: Штаговый огонь - белый огонь, который поднимается на штаге во время стоянки судна на якоре); а также специальные: аварийные, буксирные, водолазные. Аварийные огни - два красных огня, поднимаемые на фок-мачте судна вертикально на расстоянии 1,83 м и видимые по всему горизонту.

Днем аварийные огни заменяют черными шарами. Аварийные огни, поднятые одновременно с включенными отличительными огнями, обозначают, что судно не может управляться. Аварийные огни, поднятые одновременно с включенными якорными огнями, обозначают, что судно находится на мели.

Световые приборы, предназначенные для выполнения функций сигнально- отличительных огней называются фонарями. Централизованное управление сигнально- отличительными огнями и контроль за их непрерывным действием осуществляется с помощью коммутатора сигнально- отличительных огней. Коммутатор устанавливается в ходовой рубке судна совместно со световой и звуковой сигнализацией о выходе из строя ламп или обрыве питающей цепи.

Светотехнические приборы дальнего действия, фокусирующие световой поток источника света с помощью отражателя (рефлектора), называются прожекторами.

Для освещения водомерных стёкол, водомерных колонок, подсветки уровней, освещения креномера, светомаскировочного освещения, пультовой сигнализации и т.п. используются специальные миниатюрные светильники.

*Системы автоматической сигнализации и защиты  
судовой энергетической установки.*

Автоматический контроль за работой энергетической установки осуществляется путем непрерывного измерения ее основных параметров и подачи на пост управления световых и звуковых сигналов при отклонении этих параметров от заданных значений. Число контролируемых параметров зависит от типа установки и способов управления ею. При наличии дистанционного автоматического управления обслуживающий персонал не находится постоянно в машинном помещении, поэтому число контролируемых параметров значительно возрастает.

В зависимости от выполняемых функций автоматические системы сигнализации подразделяют по назначению на системы дистанционной индикации, исполнительные, предупредительные, аварийные и предупредительно-аварийные.

*Системы дистанционной индикации* служат для измерения параметров работы или определения состояния судовой техники и представляют собой измерительные приборы, указатели которых устанавливаются на дистанционных постах управления.

*Системы исполнительной сигнализации* оповещают обслуживающий персонал о выполнении заданных команд управляющими устройствами, например об открытии или закрытии клапанов, включении или выключении тех или иных механизмов, наличии питания в цепи управления.

*Системы предупредительной сигнализации* предупреждают обслуживающий персонал об отклонении контролируемых параметров от допустимых значений.

*Аварийные системы сигнализации* извещают обслуживающий персонал о достижении контролируемыми параметрами предельных значений и срабатывании автоматической защиты. В отличие от систем сигнализации с разомкнутой структурной схемой (управляемый объект, чувствительный элемент, преобразовательный элемент и сигнальный прибор) устройства автоматической защиты являются замкнутыми, так как по назначению они должны изменять режим работы или выводить из действия тот или иной объект при его предаварийном состоянии.

Судовые энергетические установки оборудуют системами предупредительно-аварийной сигнализации с отключаемой защитой (СПАСЗО), т. е. действие автоматической защиты можно приостановить, хотя контролируемый параметр и достиг аварийного значения. Исключение составляет неотключаемая защита по угловой скорости коленчатого вала дизеля. Она срабатывает при повышении угловой скорости вала на 15—25% от номинальной скорости. В этом случае устройство защиты (стоп-устройство) останавливает дизель. Ввод дизелей в работу после их остановки производят только с местного поста управления.

Большинство находящихся в настоящее время в эксплуатации судов как отечественной, так и зарубежной постройки оснащено различными приборами дистанционного контроля и сигнализации работы судовой энергетической установки. На постах управления судном и на центральном посту управле-

ния устанавливают предупредительно-аварийную автоматическую сигнализацию по следующим параметрам:

- максимальным температурам: масла в смазочных системах дизелей и выносного упорного подшипника валопровода (на судах мощностью более 1440 кВт);
- воды в системе охлаждения дизелей, автономных компрессоров (на судах мощностью более 440 кВт) и вспомогательных водогрейных котлах;
- выпускных газов по цилиндрам дизеля (на судах мощностью более 1440 кВт);
- минимальным давлениям: масла в смазочной системе на входе в дизель, в реверс-редукторной передаче и в смазочной системе автономных компрессоров (на судах мощностью более 1440 кВт);
- воды во внутреннем контуре охлаждения установок с автономными насосами охлаждения, во внешнем контуре охлаждения у двигателей судов, эксплуатирующихся в ледовых условиях;
- в трубопроводе прокачки дейдвудного подшипника валопровода (на судах мощностью более 1440 кВт); воздуха в баллонах;
- максимальному давлению в котлах;
- минимальным уровням топлива в расходных цистернах и воды в расширительном баке системы охлаждения (на судах мощностью более 440 кВт);
- максимальным уровням в цистернах сливного и грязевого топлив (на судах мощностью более 1440 кВт);
- минимальным и максимальным уровням воды в паровых котлах;
- максимальной угловой скорости коленчатого вала;
- а также автоматической сигнализации о прекращении работы автономных котлов, появлении очагов пожара в помещениях судна и подаче в них огнегасящих веществ, появлении воды в конкретных отсеках и трюмах судна, максимальном уровне в цистернах сбора сточно-фановых и подсланевых вод, прекращении работы станции приготовления питьевой воды и другим параметрам контроля СЭУ, предусмотренным правилами Регистра РФ.

Кроме средств предупредительно-аварийной сигнализации, посты управления оборудуют *приборами дистанционной индикации*:

- угловой скорости коленчатого вала главных дизелей и направления упора движителей;
- давления смазочного масла на входе в дизель и в реверс-редукторной передаче; давления воздуха в пусковых баллонах и системах управления;
- температуры охлаждающей воды во внутреннем контуре на выходе из дизеля.

Посты управления также оборудуют *приборами исполнительной сигнализации*:

- о включении резервных насосов;
- пуске автономных компрессоров;
- останове вентиляторов;

- работе генераторов;
- положении различных исполнительных устройств (клапанов, кранов, задвижек).

### *Принципы построения схем аварийно-предупредительной сигнализации.*

На судах предусматривают сигнализацию двух видов:

- световую;
- звуковую.

*Световую* сигнализацию выполняют в виде светящихся табло с надписями: в машинном помещении, как правило, по каждому контролируемому параметру, а на посту управления судном — для каждого дизеля, парового котла, вспомогательного механизма.

*Звуковая* сигнализация является общей по всем параметрам как в машинном помещении, так и на посту управления судном и обращает внимание на срабатывание системы сигнализации, а световая в какой-то мере раскрывает характер неисправности и указывает место ее возникновения. Судовые энергетические установки оборудованы различными схемами автоматической сигнализации на переменном и постоянном токе. Однако по принципу действия они весьма схожи между собой. Для электрического разделения цепей в схемы сигнализации вместо промежуточных реле с большим числом контактов. В последнее время включают более надежные бесконтактные полупроводниковые элементы.

Функциональная схема такой системы (условно на пять контролируемых параметров) представлена на рис. 8.1.

В схему включены измерительные преобразователи температуры смазочного масла *E1.1*, температуры воды в системе охлаждения *E1.2*, температуры выносного упорного подшипника *E1.3*; давления смазочного масла в системе *E2.1* и в реверс-редукторе *E2.2*, а также диоды *V1—V6*; резисторы *R1—R7*, конденсаторы *C1—C6*, сигнальные лампы *H1—H6* и электрический звонок *H7*. Предположим, что при падении давления масла в смазочной системе замыкаются контакты измерительного преобразователя *E2.1* и на панели ЦПУ загорается сигнальная лампа *H5* («Давление масла»). Одновременно происходит заряд конденсатора *C4*. Импульс зарядного тока протекает через катушку сигнального реле *K1* и оно своими контактами *K1.2* включает общую звуковую сигнализацию *H7*. Схема предусматривает возможность отключения звуковой сигнализации после того, как ее услышал обслуживающий СЭУ персонал. Для этого следует нажать на кнопку *S2*, сигнальное реле *K1* обесточивается, контакты *K1.2* размыкаются и звуковая сигнализация прекращается. В случае очередного срабатывания любого другого преобразователя сигнальное реле снова оказывается под током и своими контактами включает электрический звонок *H7*. При устранении неисправности контакты измерительного преобразователя *E2.1* размыкаются, лампа *H5* гаснет и конденсатор *C4* разряжается через резистор *R4*.

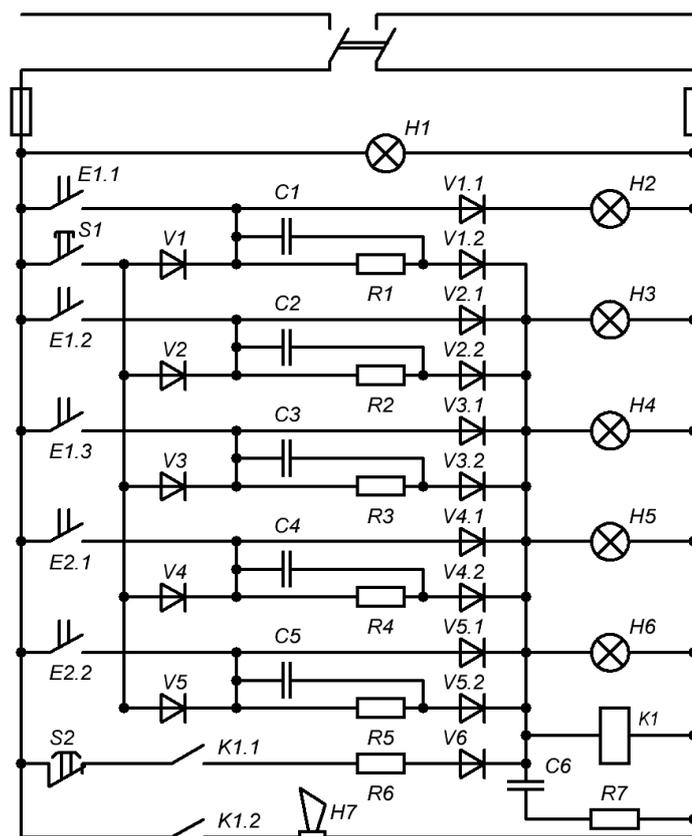


Рис.8.1. Схема аварийно-предупредительной судовой сигнализации.

Проверить исправность действия системы можно нажатием кнопки *S1*. В этом случае контакты всех измерительных преобразователей *E1*, *E2* оказываются зашунтированными, при исправности системы загораются все сигнальные лампы и срабатывает звонок *H7*. При отпускании кнопки *S1* лампы гаснут, звонок отключают кнопкой *S2*. Для предотвращения ложных сигналов (например, при падении давления в смазочной системе в период реверсирования или остановки дизеля) в схемы аварийно-предупредительной сигнализации включают специальные блокировочные устройства. В системах автоматической сигнализации дизелей 6ЧРН36/45, например, такую блокировку осуществляет реле давления воды. Когда нет давления в системе охлаждения, реле отключает сигнальную цепь, а при пуске дизеля, когда навешенный насос системы охлаждения создаст заданное давление, реле включает в действие систему сигнализации.

#### Системы судовой пожарной сигнализации (СПС).

Система пожарной сигнализации (СПС) – это разновидность системы аварийно-предупредительной сигнализации, служащая для раннего оповещения экипажа судна о месте и факте возникновения пожара на судне. Является обязательной для всех морских судов. Требования к системе регламентированы Регистром России. Обобщенная структурная схема системы пожарной сигнализации представлена на рис. 8.2.

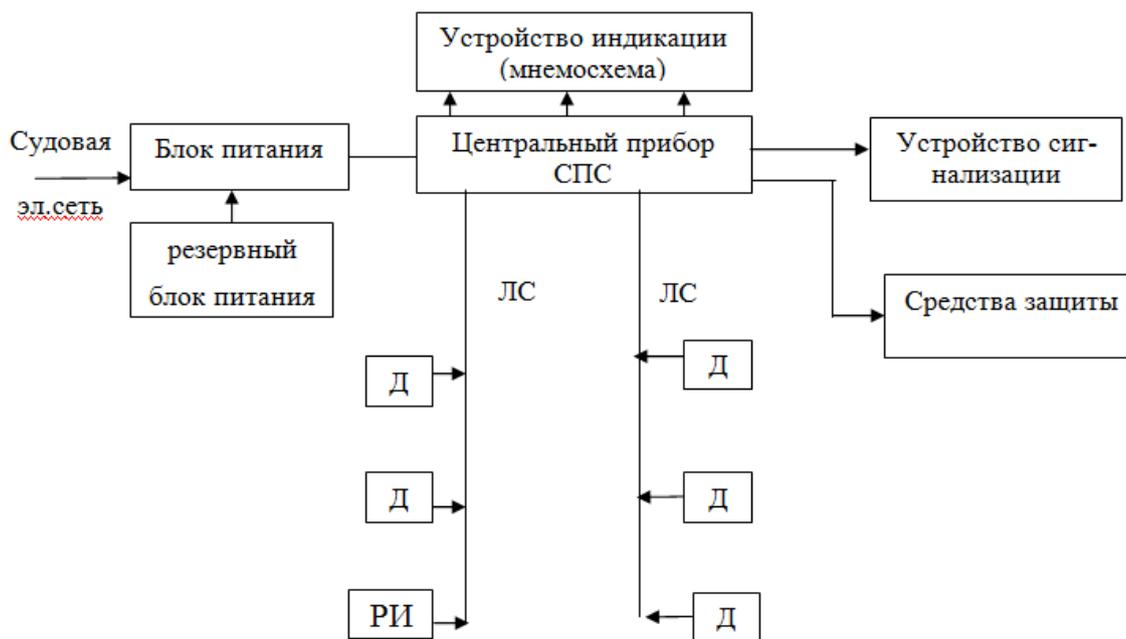


Рис. 8.2 . Структурная схема судовой системы пожарной сигнализации.

В судовых помещениях расположены автоматически действующие датчики пожара Д, называемые пожарными извещателями. Кроме них имеются также приводимые в действие человеком, обнаружившим пожар, ручные извещатели РИ. Они выполнены в виде контакта, переключаемого кнопкой и расположены в помещениях, где часто бывают люди.

Датчики и ручные извещатели линией связи ЛС объединены в группы, называемые лучами. Количество лучей может составлять десятки. Информация от лучей поступает в центральный прибор системы, расположенный в рулевой рубке судна, где обрабатывается.

Состояние системы пожарной сигнализации – наличие или отсутствие пожара, неисправность и т.д. – отображается устройством индикации, выполненным в виде мнемосхемы расположения судовых помещений. При возникновении пожара на устройстве индикации оптически отображается место пожара, приводится в действие устройство общесудовой звуковой сигнализации.

В ряде систем имеется возможность управления средствами защиты от пожара и его распространения – включаются средства пожаротушения и включается судовая вентиляция.

Питание систем пожарной сигнализации осуществляется от судовой электрической сети или от резервного блока питания (аккумуляторных батарей).

Система пожарной сигнализации обеспечивает следующие режимы работы:

- "готовность": нет пожара, СПС технически исправна;
- "пожар": выработка тревожных сигналов и включение средств защиты;
- "неисправность": автоматическое обнаружение и местная сигнализация о неисправности СПС или ее частей.

Ввиду высокой вероятности повреждения системы (протяженность линий связи по судну достигает десятков километров) и ответственность задачи, возлагаемой на СПС, в режиме "неисправность" автоматически контролируются:

- обрыв или короткое замыкание в каждом из лучей;
- снижение сопротивления изоляции каждого из лучей;
- переход на рулевое электропитание;
- неисправность аккумуляторной батареи;
- перегорание предохранителей.

Кроме этого, в составе СПС имеются средства тестовой проверки ее исправности.

#### *Пожарные извещатели. Подключение датчиков в луче СПС.*

Важнейшей частью системы пожарной сигнализации являются датчики (пожарные извещатели). Датчик реагирует на определенный признак пожара: повышение температуры в помещении, повышение скорости нарастания температуры, дым, пламя, ультрафиолетовое или инфракрасное излучение. По признакам пожара, на которые реагируют датчики, они подразделяются на:

- тепловые датчики;
- датчики дыма;
- комбинированные.

Комбинированные извещатели реагируют на два или более признаков пожара, что обеспечивает более высокую надежность раннего обнаружения пожара. Они устанавливаются в судовых помещениях с повышенной пожароопасностью. Так в машинном отделении судна должны устанавливаться датчики, реагирующие не менее чем на два признака пожара, например, тепловые и датчики дыма.

В СПС могут использоваться различные по принципу действия датчики.

Простейший тепловой датчик представляет собою вставку из легкоплавкого сплава, температура плавления которого строго фиксирована (60°C, 70°C и т.д.) и зависит от его химического состава. При достижении этой температуры вставка плавится и высвобождает электрический контакт, который срабатывает на замыкание или размыкание. Такие датчики являются простыми, дешевыми и надежными. Традиционно в СПС широко применяются тепловые датчики, построенные на эффекте биметалла. В простейшем случае такой датчик выполнен в виде двух сваренных пластин (А и В), выполненных из металлов с разными коэффициентами линейного расширения (рис. 8.3). При нагреве пластина А, у которой этот коэффициент выше, удлиняется сильнее, чем пластина В. Это вызывает изгиб пластин, свободный конец которых в конечном итоге замыкает электрический контакт S.

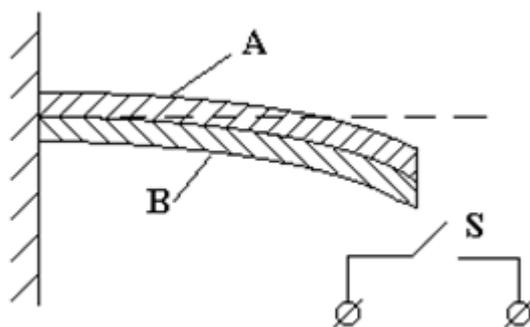


Рис. 8.3. Биметаллический датчик.

Тепловые датчики имеют ряд недостатков – инерционность, восприимчивость к вибрации, не поддаются регулировке и т.д. Этих недостатков лишены полупроводниковые датчики, в качестве которых используются термисторы и позисторы. Сопротивление термистора с ростом температуры плавно снижается. Чтобы обеспечить дискретно-изменяющийся выходной сигнал извещателя на основе термистора, он включается в электронную схему, формирующую такой сигнал.

Тепловые пожарные извещатели конструктивно или обработкой их сигнала могут реагировать как на значение температуры, так и на скорость ее нарастания. В первом случае их называют максимальными, во втором – дифференциальными. Наиболее надежным является тепловой извещатель максимально-дифференциального типа.

Дым является одним из самых ранних признаков пожара, действующим на его начальном этапе. Датчики дыма устанавливаются, как правило, в больших судовых помещениях – трюмах, машинном отделении и т.д. В качестве датчиков дыма используются датчики двух типов – ионизационные и фотоэлектронные.

Структурная схема ионизационного дымового извещателя представлена на рис.8.4.

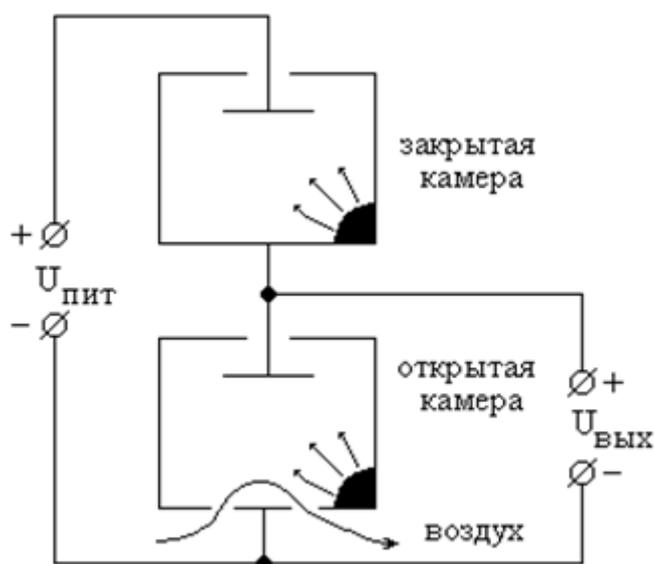


Рис. 8.4. Структурная схема ионизационного датчика дыма.

Ионизационный датчик состоит из двух камер, одна из них закрыта, а через вторую проходит воздух из охраняемого помещения. В каждой камере имеется источник слабого радиоактивного излучения (используется Америций 241). Воздействие излучения на воздух ионизирует его и он приобретает электрическую проводимость. Если в воздухе нет дыма, проводимость обеих камер одинакова. При попадании дыма в открытую камеру ионизация воздуха значительно снижается и ее проводимость уменьшается. Проводимость же закрытой камеры остается постоянной.

Как элементы электрической цепи камеры представляют собою электрические сопротивления, соответственно  $R_{\text{закр}}$  и  $R_{\text{откр}}$ . Они включены последовательно с источником питающего напряжения  $U_{\text{пит}}$ , образуя делитель напряжения. Выходной сигнал  $U_{\text{вых}}$  снимается с нижней камеры. Уменьшение проводимости открытой камеры приводит к повышению ее сопротивления  $R_{\text{откр}}$ . Ток, протекающий от источника питания, создает повышенное падение напряжения на ней, которое и является выходным сигналом  $U_{\text{вых}}$ . Выходной сигнал полупроводникового датчика имеет малую мощность, поэтому в составе пожарного извещателя обязательно имеется усилитель. Две камеры в составе датчика используются для того, чтобы учесть снижение интенсивности радиоактивного излучения во времени. По мере его снижения проводимости камер будут уменьшаться, а их сопротивления расти, но в одинаковой степени. При этом соотношение между  $R_{\text{откр}}$  и  $R_{\text{закр}}$  останется неизменным и  $U_{\text{вых}}$  меняться не будет.

Важной отличительной особенностью систем пожарной сигнализации является способ подключения пожарных извещателей в луче.

Вне зависимости от принципа действия, автоматически действующий пожарный извещатель может быть представлен структурной схемой, показанной на рис. 8.5.

Признак пожара (температура, дым и т.д.) преобразуется датчиком в плавно изменяющийся электрический сигнал, который в сравнивающем устройстве сопоставляется с уставкой. Выходным сигналом пожарного извещателя является состояние контакта  $S_d$ , который через резистор  $R_d$  подключается к лучу. Форма реализации сравнивающего устройства, уставки, и других элементов извещателя могут быть разными. Контакт  $S_d$  может быть выполнен как в обычном виде, так, например, и в виде транзистора, работающего в режиме открыт/ закрыт. Контакт  $S_d$  может быть и нормально замкнутым, тогда резистор  $R_d$  подключается к нему параллельно. Наличие резистора  $R_d$  принципиально необходимо – контакт  $S_d$  подключает его в цепь луча при срабатывании и по этому признаку центральный прибор системы распознает пожар.

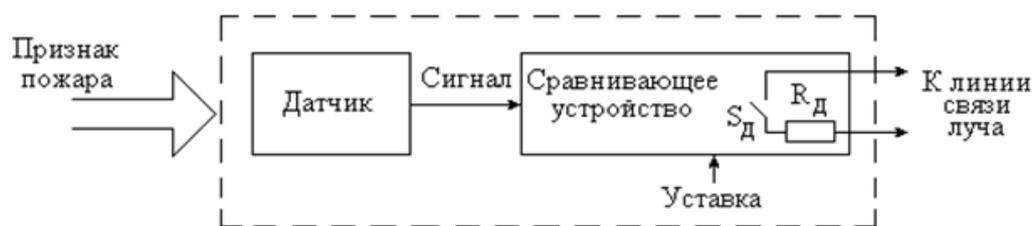


Рис.8.5. Структурная схема пожарного извещателя.

С целью экономии, в один луч включается несколько пожарных извещателей, а линию связи луча стремятся выполнить с минимальным количеством жил кабеля.

Существует ряд вариантов схем лучей. Простейший двухпроводной луч показан на рис. 8.6. Этот луч не позволяет определить какой конкретно извещатель в нем сработал. Поэтому, число извещателей, подключенных к конкретному лучу ограничено и располагаться они должны в нескольких смежных помещениях судна. Трех- и четырехпроводные лучи обеспечивают большие возможности, но они более сложные и уязвимые.

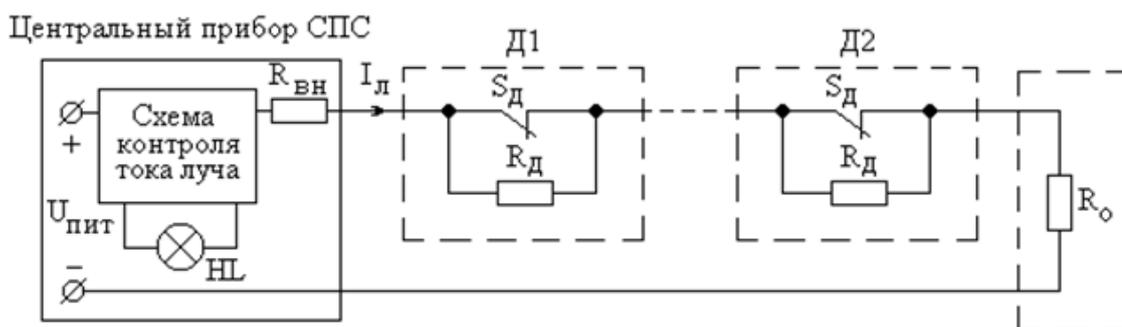


Рис.8.6. Двухпроводной луч СПС.

Контакты  $S_d$  пожарных извещателей  $D$  в луче включены последовательно и работают на размыкание. Параллельно контактам в каждом извещателе установлен резистор  $R_d$ . Центральный прибор имеет источник питания, напряжением  $U_{пит}$ , обеспечивающий питание луча током  $I_l$ . В центральном приборе цепь протекания тока луча включена схема контроля тока и сопротивление  $R_{вн}$ , ограничивающее ток при коротком замыкании в луче. Обязательным элементом луча являются оконечное сопротивление  $R_o$ , устанавливаемое в самой дальней по отношению к центральному прибору точке луча. Оно позволяет определить обрыв в луче.

Состояние луча – пожар или неисправность система распознает по уровню потребляемого им тока. Схема контроля этих токов может быть построена по многим вариантам. По существу она представляет собою несколько сравнивающих устройств (компараторов), каждое со своей уставкой. В относительно старых системах такая схема строилась на основе электромагнитных реле, в том числе – поляризованных, обладающих высокой чувствительностью. В современных системах используются электронные элементы. В

качестве примера можно привести систему пожарной сигнализации "Salwico С300". В этой системе применены двухпроводные лучи, в каждой из которых в любой комбинации могут быть включены тепловые (биметаллические), дымовые (ионизационные) и ручные извещатели, а также извещатели, реагирующие на пламя. Их выходные контакты работают на замыкание. В состоянии готовности ток луча составляет 2,5 мА, при пожаре он возрастает до 50÷100 мА, при коротком замыкании – до уровня более 120 мА. Питание лучей – 24 В.

Схемы контроля токов лучей выполнены с широким использованием транзисторов, работающих в ключевом режиме, операционных усилителей, на которых построены компараторы, логических элементов, светодиодов (элементы индикации), тиристоров, которые выполнены по эквивалентной схеме из транзисторов. Сигналы на звуковую сигнализацию, автоматическое закрытие дверей, включение вентиляции формируются электромагнитным реле, управляемым с помощью транзисторов.

### **Контрольные вопросы к практической работе 8.**

1. Дайте определение системы сигнализации. Для чего она служит.
2. Какие приборы входят в систему судовой сигнализации.
3. Как подразделяются судовые сигнальные средства.
4. Зачем на судне предусмотрены сигнально-отличительные огни.
5. Дайте описание судовых сигнально-отличительных огней.
6. Как классифицируют системы автоматической сигнализации защиты судовой энергетической установки.
7. Назначение систем дистанционной индикации судовой энергетической установки.
8. Назначение систем предупредительной сигнализации судовой энергетической установки.
9. Назначение аварийных систем сигнализации судовой энергетической установки.
10. Что представляет собой система СПАСЗО.
11. По каким параметрам судовой энергетической установки как минимум существует аварийно-предупредительная сигнализация.
12. Какими приборами дистанционной индикации и исполнительной сигнализации оборудованы судовые посты управления.
13. Принципы построения схем судовой аварийно-предупредительной сигнализации.
14. Приведите структурную схему судовой системы пожарной сигнализации.
15. Опишите режимы работы судовой системы пожарной сигнализации.
16. Приведите структурную схему пожарного извещателя.
17. Приведите структурную схему ионизационного датчика дыма.
18. Способы подключения пожарных извещателей в луче.

## **Практическая работа 9.**

### **Эксплуатация информационно измерительных систем.**

**Цель работы:** Знакомство с системой эксплуатации и обслуживания информационно измерительных систем.

**Задание:** Описать систему технического обслуживания и ремонта предложенного преподавателем технического средства. Ответить письменно на соответствующие вопросы.

Целью технического обслуживания является поддержание электронных устройств в рабочем состоянии. Основными причинами, нарушающими их работоспособность и приводящими к отказам являются:

превышение предельно-допустимых электрических параметров элементов;

- нарушение теплового режима (перегрев);
- воздействие климатических факторов.

Электронные устройства практически не требуют профилактических работ. Поэтому, основная задача их технического обслуживания сводится к поиску отказавшего электронного элемента или блока, его замене и к устранению причины, вызвавшей отказ. Замена отказавшего элемента или блока не представляет значительных трудностей при наличии их в запасе. Намного сложнее найти неисправность.

При поиске неисправного элемента помимо квалификации и опыта обслуживающего персонала решающее значение имеет наличие эксплуатационной документации на электронное устройство. В соответствии с действующими в нашей стране стандартами, на любое электронное устройство разрабатывается комплект эксплуатационной документации, в который входит:

- техническое описание;
- инструкция по эксплуатации.

В техническом описании излагается устройство и принцип действия электронной системы, приводятся структурные и принципиальные схемы, перечни элементов и их типы, даётся схема расположения элементов, схема соединений и подключений - исчерпывающая информация об устройстве электронной системы. В инструкции по эксплуатации отражены сугубо эксплуатационные вопросы - как ввести в действие электронное устройство, способы его применения, регулировки, защиты и т.д.

В инструкции по эксплуатации приводятся также типовые неисправности электронного устройства, их причины и способы устранения. В ряде случаев в инструкции по эксплуатации приводятся таблицы, в которых показаны напряжения на выводах полупроводниковых элементов и в других точках схемы. Эта информация очень важна при поиске отказавшего элемента.

Задача восстановления работоспособности судового электронного оборудования имеет ряд аспектов: технический, экономический, временной и т.д. В каждом конкретном случае их необходимо учитывать в совокупности. Так,

например, с позиции снижения затрат на приобретение элементов и блоков для замены отказавших, необходимо вести поиск до уровня наименьшего, элементарного отказавшего компонента, который в принципе может быть заменён (резистор, транзистор, микросхема и т.д.). Однако время и трудозатраты на такой поиск и замену могут быть неприемлемыми. В другом случае, неисправность может быть определена «грубо», на уровне крупного блока системы, причем, гораздо быстрее, чем в первом случае. Вместе с тем, стоимость нового блока может быть значительной, что невыгодно экономически.

Таким образом, при восстановлении работоспособности электронного устройства необходимо принимать компромиссное решение по глубине поиска, с учетом имеющихся у обслуживающего персонала запасных элементов, инструментальных средств, времени, технической документации и затрат на диагностирование и замену.

Любую электронную систему можно представить состоящей из конструктивных частей, показанных на рис. 9.1.



Рис.9.1 Структурная схема обобщенной электронной информационно измерительной системы.

Наибольшее количество компонентов содержит центральный электронный блок, где и осуществляется основная обработка электрических сигналов. По отношению к нему все остальные блоки можно считать периферийными. Периферийные блоки находятся в более жестких условиях и большинство отказов происходит именно в них. Центральный электронный блок и периферийные блоки как правило имеют различное конструктивное исполнение.

Конструктивная единица электронного блока – печатная плата (модуль). Печатные платы характеризуются следующими признаками:

- основной компонент – интегральная микросхема, которая характеризуется высокой плотностью монтажа и отсутствием износа;
- высокое качество монтажа;
- цепи высокоомные, подключаемые для измерений приборы оказывают на них влияние;

– наличие разъемов, малое время на замену; относительно благоприятные внешние условия.

Ремонт электронного блока целесообразен на уровне модулей - заменой печатных плат из набора запасных частей. При умеренной плотности монтажа возможна замена таких элементов как транзисторы, диоды и другие дискретные элементы, а также замена интегральных микросхем малой степени интеграции, отказ которых можно надежно идентифицировать в судовых условиях.

Периферийные блоки характеризуются следующими признаками:

- объёмный способ выполнения монтажа (без печатных плат);
- низкая плотность монтажа, доступность для измерений и замены;
- ручная сборка, качество сборки ниже чем в печатных платах;
- смешанная комплектация: блоки могут содержать дискретные электронные элементы; электрические и электромеханические узлы (реле, трансформаторы, переключатели); интегральные микросхемы отсутствуют или представлены в малом количестве;
- жесткие условия работы;
- изнашиваемость, в том числе механическая, ряда компонентов (реле, ламп, изоляции, датчиков, кнопок, переключателей, переменных резисторов).

*Ремонт таких блоков целесообразен и возможен на уровне отдельных элементов, а не модулей.*

При поиске отказавшего элемента (блока) необходимо:

- использовать имеющиеся в электронной системе средства встроенного контроля;
- изучить техническую документацию, особенно рекомендации по устранению типовых неисправностей и следовать им;
- если рекомендации не дали результата, вести поиск в направлении от сложного блока к простому (система – блок – модуль – элемент), применяя изложенные ниже методы.

Рекомендуется следующий порядок поиска неисправного блока, от наименее, к наиболее надежному:

- блок питания и средства защиты;
- кабели и электрические соединители (разъемы);
- датчики и исполнительные механизмы (ИМ);
- средства коммутации, сигнализации, индикации;
- центральный электронный блок и его модули.

В порядке усложнения можно рекомендовать следующие методы.

*1. Внешний осмотр (без привлечения специальных измерительных средств, без подачи питания).*

При осмотре обращается внимание на следующие факторы:

- изменение формы элемента;

- изменение цвета элемента;
- состояние проводящих и изоляционных покрытий;
- состояние соединений и паек.

В датчиках и исполнительных механизмах в первую очередь проверяется их механическое крепление, отсутствие недопустимого механического износа (если таковой вообще допустим), загрязнения. На аналогичные факторы обращается внимание при осмотре средств коммутации, регулировки и сигнализации.

В блоке питания проверяется отсутствие следов перегрева - потемнение поверхностей, вздутие элементов, оплавление изоляции, надежность крепления массивных элементов.

В разъёмных соединениях проверяется надежность фиксации подвижной части разъёма, состояние контактных поверхностей, которые должны быть чистыми, без явных следов коррозии и потемнений.

В электронных платах проверяется:

- изменение цвета и формы элементов (потемнение резисторов, транзисторов, вздутие конденсаторов);
- отсутствие потемнения токоведущих дорожек, следов их окисления, отслоений дорожек, наличие слоя защитного лака;
- состояние контактных поверхностей имеющих на плате съёмных переключателей, их надёжная фиксация; надёжная фиксация микросхем в контактных панельках;
- отсутствие замыкание между соседними электропроводящими дорожками, особенно при плотном монтаже.

Элементы с обнаруженными признаками неисправности подлежат проверке их параметров. Если для осмотра требуется демонтаж элемента (блока) то его предварительно следует обесточить.

Тщательный внешний осмотр позволяет обнаружить значительное число неисправных элементов.

## *2. Определение неисправного элемента или блока без подачи питания, инструментальными средствами.*

Если осмотр не дал результатов, то определение неисправного элемента может производиться путем измерения сопротивлений омметром участков цепей подозреваемого блока или элемента. При этом следует иметь либо техническую документацию, включая принципиальную схему и схему расположения элементов в блоке, либо аналогичный, заведомо исправный блок из состава запасных частей. В первом случае следует анализом схемы наметить проверяемые (потенциально слабые) элементы цепи, измерять их сопротивление и, зная характеристики элементов интерпретировать результаты. Во втором случае измерение может носить формальный характер и основано на сопоставлении результатов.

В качестве омметра следует использовать прибор со встроенным низковольтным источником питания (батарея из 3-х гальванических элементов)

напряжением не более 5В. Этому требованию удовлетворяет ампервольтметр – автономный комбинированный измерительный прибор или мультиметр. Создаваемое им напряжение безопасно для измеряемых цепей, а ток ограничен внутренним сопротивлением и не превышает 10 мА (обычно 1 мА).

*Использование мегаомметра недопустимо. Он создаёт напряжение до 500В – опасное для электроники.* При выполнении измерений нужно учесть полярность подключения, т.к. полупроводниковые элементы, как правило, полярные.

Использование омметра весьма эффективно. Особенно при поиске обрывов или коротких замыканий, однако требует некоторого навыка. Причем почти всегда стрелочный прибор более предпочтителен по сравнению с цифровым - точность высокая не нужна, а его показания более наглядны.

При измерении сопротивления элементы могут не демонтироваться, но в ряде случаев, чтобы получить достоверный результат, следует отсоединить один из двух выводов от остальной части схемы. В противном случае, подключённая к проверяемому элементу остальная часть схемы, создаст дополнительный путь протекания тока, что исказит результат измерения.

При проверке омметром элементов, смонтированных на печатной плате, временное их отсоединение может выполняться перерезанием печатных проводников, подходящих к проверяемому элементу. После проверки на места разрезов следует припаять перемычки. Такой способ локализации проверяемых элементов весьма эффективен и, что важно, - безопасен для них.

*3. Определение неисправного элемента или блока под питанием, инструментальными средствами.*

В судовых электронных системах сигналы представлены уровнями напряжений. Поэтому этот способ рассчитан на применение вольтметра. Прямое измерение тока трудно осуществимо, т.к. требуется разрывать участок цепи.

Вольтметр имеется в составе мультиметра. Основное требование к нему – высокое входное сопротивление, которое должно быть не менее 20кОм на вольт. Цифровые вольтметры (в составе мультиметров) всегда имеют высокое сопротивление (1МОм). Низкое входное сопротивление искажает результат измерения.

Использование вольтметра требует более высокой квалификации. При этом, как и в случае с омметром, требуется иметь либо техническую документацию, либо исправный аналогичный блок. Измеренные вольтметром напряжения должны сопоставляться с указанными в документации или с напряжениями в заведомо исправном блоке. На этом основании следует делать выводы о работоспособности блока или его элементов. Поскольку измерения выполняются при поданном питании, то это связано с некоторым риском, как для проверяемой схемы, так и для человека. Поэтому они должны выполняться с особой аккуратностью. Например, случайное кратковременное закорачивание щупом вольтметра близко расположенных выводов

полупроводникового прибора, может его вывести из строя вследствие созданной электрической перегрузки. С позиции опасности для человека, следует учесть, что электроника питается, как правило, невысоким напряжением (до 27 В), не опасным для жизни. Однако в ряде блоков, например в блоках питания напряжение может быть значительно большим. Кроме этого, в аварийных случаях повышенное напряжение может попасть в низковольтные цепи. Поэтому защитное заземление корпуса электронного блока должно быть исправно, обслуживающий персонал должен пользоваться индивидуальными средствами защиты от поражения током.

*Применять более сложные, чем омметр или вольтметр инструментальные средства в судовых условиях нецелесообразно – если неисправность не может быть обнаружена с их помощью, то электронный модуль следует передать для ремонта специализированной береговой службе.*

#### *Определение работоспособности электронных устройств.*

##### 1. Резисторы.

Проверяются с помощью омметра путем измерения сопротивления. Для обычного резистора измеренное значение должно соответствовать номинальному сопротивлению резистора, с учетом его допуска и погрешности омметра.

В переменном резисторе проверяется плавное изменение его сопротивления при перемещении движка резистора.

Измеренное сопротивление терморезистора должно соответствовать его номинальному сопротивлению при температуре, для которой оно нормировано. При нагреве сопротивление терморезистора должно изменяться в соответствии с его характеристикой.

Сопротивление фоторезистора должно уменьшаться при засветке его лампой 40 Вт с расстояния 0,6 м на 2÷3 порядка, по сравнению с затемненным состоянием. Темновое сопротивление, как правило, должно составлять не менее 1 МОм.

##### 2. Конденсаторы.

Состояние конденсатора емкостью более нескольких микрофард можно проверить омметром на основе стрелочного прибора (цифровой не пригоден). Типичными его состояниями являются:

- исправное состояние;
- обрыв или потеря емкости, что эквивалентно;
- короткое замыкание;
- наличие "утечки".

Состояние "утечка" характеризуется тем, что конденсатор начинает пропускать постоянный ток. Это свидетельствует об ухудшении качества диэлектрика конденсатора и проявляется в течение его эксплуатации.

При подключении к омметру конденсатор заряжается от источника питания. По характеру протекания этого процесса, отображаемому движением стрелки омметра, можно судить о состоянии конденсатора. До подключения

конденсатора стрелка омметра находится в крайнем левом положении, что по шкале омметра соответствует бесконечно большому сопротивлению ( $\infty$ ). При подключении исправного конденсатора стрелка резко переместится к крайней правой отметке шкалы, которой соответствует значение 0 Ом.

Это происходит потому, что конденсатор разряжен и в первый момент времени через него протекает максимально возможный ток заряда  $I_{зар}$ . Раз ток максимальный, омметр "считает", что к нему подключен элемент, чье сопротивление равно нулю. По мере заряда конденсатора ток заряда будет уменьшаться, поэтому стрелка омметра будет плавно, все более замедляясь, перемещаться из положения 0 в положение ( $\infty$ ).

Если в конденсаторе обрыв или он потерял емкость, стрелка омметра не сместится с положения ( $\infty$ ). При коротком замыкании стрелка омметра устанавливается в положении 0.

При наличии утечки, в своем возвратном движении стрелка не дойдет до положения ( $\infty$ ), а установится в некотором положении, которому соответствует сопротивление утечки. В идеале оно должно быть бесконечно большим, а реально не должно быть менее нескольких сотен килоом, в противном случае конденсатор считается непригодным к использованию.

Если емкость конденсатора менее нескольких микрофард, вследствие инерционности стрелки омметра труднее распознать обрыв и исправное состояние, поскольку заряд протекает быстрее. Однако короткое замыкание и наличие утечки определить возможно.

### 3. Диод.

Типичными отказами диода являются короткое замыкание (сплавление кристалла) и обрыв (сгорание кристалла). Исправное состояние и оба вида отказов могут быть определены омметром.

Для проверки диода выполняются два замера сопротивления – в прямом включении ( $R_{пр}$ ) и в обратном ( $R_{обр}$ ). При прямом включении анод диода подключается к положительному зажиму омметра, а катод к отрицательному. При обратном включении – наоборот.

В исправном диоде  $R_{пр} \ll R_{обр}$ . Для маломощных кремниевых диодов, применяемых в блоках автоматики, прямое сопротивление составляет сотни ом, обратное – сотни килоом и более. Для диодов более мощных, рассчитанных на токи от нескольких ампер и более,  $R_{пр}$  может составить десятки ом. При обрыве, в обоих включениях диода сопротивление будет близко к бесконечности. При коротком замыкании  $R_{пр} \approx R_{обр}$  и может составлять от нескольких ом до сотен ом.

### 4. Транзистор.

Транзистор может быть проверен двумя способами:

- омметром, при этом транзистор должен быть извлечен из схемы;
- вольтметром, транзистор находится в схеме, в рабочем режиме.

Для проверки по первому способу транзистор представляется эквивалентной схемой из двух диодов – ведь в нем создано два встречно включенных р-

n-перехода. На рис.9.2 показана эквивалентная схема для проверки n-p-n-транзистора.

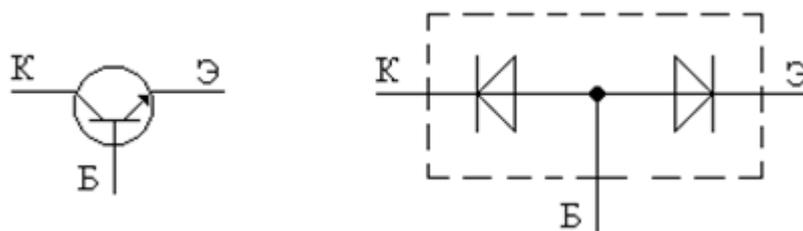


Рис.9.2 Эквивалентная схема для проверки транзистора.

В эквивалентной схеме n-p-n-транзистора диоды будут развернуты на  $180^\circ$ . Транзистор считается исправным, если исправны диоды, составляющие его эквивалентную схему. Диоды проверяются омметром аналогично вышеописанной методике. Всего делается 6 замеров. Четыре замера необходимы для проверки собственно диодов. Два последующих замера выполняются при подключении омметра между коллектором и эмиттером транзистора, при разных полярностях подключения. В этих замерах измеренные значения должны быть такого же порядка, как и  $R_{обр}$  диода, поскольку при любой полярности подключения один из диодов будет в обратном включении.

Виды отказов транзистора аналогичны диодам. Аналогично интерпретируют и результаты проверки.

Во втором способе проверки транзистор находится под питанием. Исправный транзистор должен реагировать на изменение входного сигнала. Для проверки этой реакции используется вольтметр. В большинстве случаев транзистор включается по схеме с общим эмиттером. На рис. 9.3 показано подключение вольтметра на примере фрагмента схемы с транзистором.

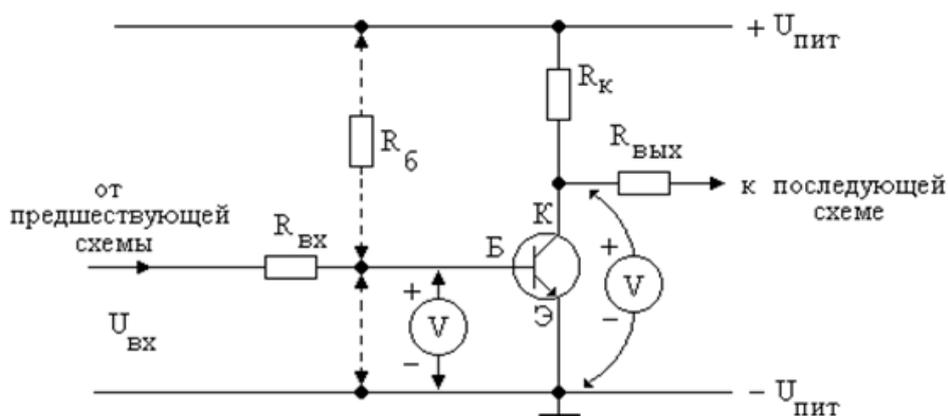


Рис. 9.3. Схема диагностирования транзистора.

Входной сигнал  $U_{вх}$  поступает от предшествующей части схемы через резистор  $R_{вх}$ . К последующей схеме выходной сигнал обычно подается также через резистор, обозначенный  $R_{вых}$ . Сначала вольтметр подключается к вход-

ной цепи транзистора, между базой и эмиттером. Если это напряжение  $U_{бэ} \approx 0,6 \div 0,8$  В, т.е. от предшествующей схемы поступает  $U_{вх}$ , то транзистор должен быть открыт. При этом вольтметр, подключенный между коллектором и эмиттером транзистора (см. рис. 9.3) должен показать  $U_{кэ} \approx 0$  В. Когда входной сигнал отсутствует, то  $U_{бэ} = 0$  В, транзистор должен быть закрыт и подключенный к его выходу вольтметр должен показать напряжение, близкое к напряжению питания  $U_{пит}$ . Если входной сигнал длительное время остается неизменным, процедуру проверки можно ускорить. Чтобы проверить закрывается ли транзистор, можно временно закоротить перемычкой (на рис. 9.3 показана пунктиром) его базу и эмиттер, т.е. сделать  $U_{бэ} = 0$  В. На предшествующую схему это существенно не повлияет, поскольку ток, отбираемый от нее будет ограничен  $R_{вх}$ . Для проверки способности транзистора открываться, между базой и положительным проводом питания  $+U_{пит}$  следует временно подключить резистор  $R_б$ , величина которого  $R_б \approx (10 \div 20)R_к$ . При этом через  $R_б$  от источника питания будет подаваться ток в базу транзистора, что приведет к открыванию последнего.

#### 5. Операционный усилитель.

Операционный усилитель (ОУ) может быть проверен только в рабочем режиме, под питанием, путем измерения сигналов вольтметром. Его работоспособное состояние можно сформулировать следующим образом: выходной сигнал схемы на ОУ должен соответствовать входному, с учетом коэффициента усиления схемы. Например, если операционный усилитель включен по схеме инвертирующего усилителя и  $R_1 = 2$  кОм,  $R_{ос} = 10$  кОм, а  $U_{вх} = +0,2$  В, то его выходной сигнал должен быть  $U_{вых} = -1,0$  В. Это следует из свойств данной схемы, коэффициент усиления которой  $K_{инв} = \frac{R_{ос}}{R_1} = \frac{10}{2} = 5$ , а полярность выходного сигнала противоположна входному.

#### 6. Логические элементы.

Работоспособность логического элемента может быть проверена только под питанием, измерением его сигналов. Работоспособное состояние логического элемента можно сформулировать следующим образом: выходной сигнал должен соответствовать входному, с учетом логики работы элемента для всех возможных комбинаций подачи сигналов. При этом, как входные логические сигналы, так и выходной должны соответствовать уровням напряжений, выражающих логический ноль или единицу.

На рис.9.4 дана схема проверки логических элементов серии 74.

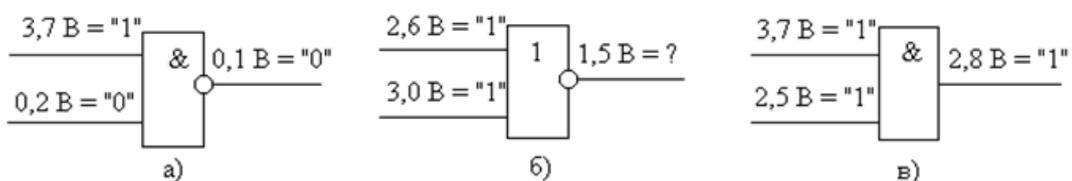


Рис.9.4. Схема проверки логических элементов серии 74.

Например, проверяются логические элементы серии 74, показанные на рис. 9.4. Для этого вольтметром измеряются напряжения на входах и выходах элементов. Для схемы рис. 9.4,а напряжение на верхнем входе равно 3,7 В, что трактуется как сигнал логической "1". На нижнем входе – 0,2 В, что соответствует уровню логического "0". При такой комбинации входных сигналов на выходе элемента И/НЕ должен присутствовать сигнал  $\overline{1 * 0} = 1$ , выраженный уровнем напряжения не менее 2,4 В. Реально же на выходе имеется сигнал логического "0" (0,1 В), что свидетельствует о неисправности элемента.

Логический элемент ИЛИ/НЕ на рис. 9.4,б также неисправен, поскольку его выходное напряжение (1,5 В) не соответствует ни логическому "0", ни логической "1" для микросхем данной серии.

Исправным возможно является логический элемент И, показанный на рис. 9.4,в. – его выходной сигнал соответствует входным, ибо  $1 * 1 = 1$ . Однако для окончательного вывода следует оценить его выходной сигнал при всех вариантах подачи входных сигналов.

Аналогичный подход применяется при проверке более сложных, чем логический элемент функциональных узлов (интегральных микросхем) дискретного действия – счетчиков, дешифраторов и т.д.

При выполнении большого числа проверок вместо вольтметра удобнее использовать более простое средство контроля – логический пробник. Простейший логический пробник – светодиод (рис. 9.5) с ограничивающим его ток резистором  $R_{огр}$  (300÷600 Ом).

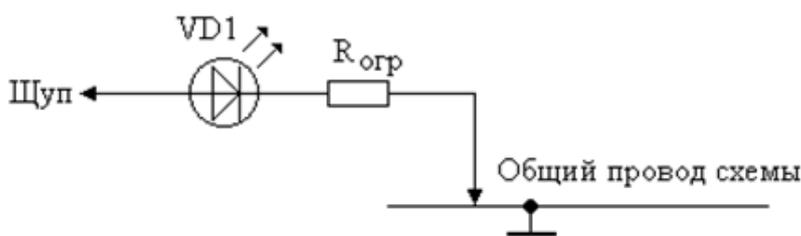


Рис.9.5. Простейший логический пробник.

Один вывод пробника подключается к общему проводу схемы, а второй является щупом, который устанавливается в контролируемую точку схемы. Напряжение логической "1" микросхем серии 74 ( $\geq 2,4$  В) достаточно для того, чтобы вызвать свечение светодиода. При логическом нуле напряжение слишком низкое и светодиод погашен.

## 7. Электронные блоки на основе микропроцессоров.

Вследствие особенностей их организации и функционирования применение ранее рассмотренных простейших средств (омметр, вольтметр, пробник) для проверки работоспособности их компонентов малоэффективно. В таких

блоках обрабатываются импульсные сигналы, следующие с высокой частотой. Кроме этого, микропроцессорные блоки, как правило, изготавливаются с высокой плотностью монтажа элементов, что делает невозможным их ремонт в судовых условиях. Вместе с тем, микропроцессорные системы управления всегда имеют встроенные средства самоконтроля и диагностики. Диагностика осуществляется специальной, встроенной в МПСУ программой, способной определить неисправность до уровня сменного блока. Получив диагностическое сообщение о неисправности, следует заменить блок на блок из ЗИПа или заказать его ремонт специализированным береговым службам.

В заключение следует отметить, что, несмотря на сложность многих судовых электронных систем и в частности – микропроцессорных, значительное число их отказов носит примитивный характер – обрыв, короткое замыкание, отсутствие контакта. При этом, во многих случаях причины и признаки отказов лежат буквально на поверхности и обнаруживаются внешним осмотром.

### **Контрольные вопросы к практической работе 9.**

1. Цель технического обслуживания.
2. Перечислите основные причины, приводящие к нарушению работоспособности судовых информационных систем.
3. Основная задача при обслуживании электронных устройств. Аспекты восстановления работоспособности электронных устройств.
4. Приведите структурную схему обобщенной электронной информационно-измерительной системы и дайте её описание.
5. Дайте характеристику печатных модулей электронного блока.
6. Дайте характеристику периферийных модулей электронного блока.
7. Приведите алгоритм поиска отказавшего элемента (блока).
8. Внешний осмотр элементов судового электрооборудования.
9. Определение неисправного блока без подачи питания с помощью инструментальных средств.
10. Определение неисправного блока под питанием с помощью инструментальных средств.
11. Оценка работоспособности электронных устройств.
12. Оценка работоспособности операционных усилителей и логических элементов.
13. Оценка работоспособности электронных блоков на основе микропроцессоров.

### 3. ЛИТЕРАТУРА

1. Белый О.В., Сазонов А.Е. Информационные системы технических средств транспорта: Учеб. пособие. - СПб.: Элмор, 2001. - 192 с.
2. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 2006. - 448 с.
3. Никамин В.А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи: Справ. - СПб.: КОРОНА-принт. - М.: Альтекс-А, 2003. - 224 с.
4. Устинов А.А. Аналого цифровые преобразователи в судовых информационно измерительных системах: Учеб. Пособие. – СПб.: ГМА им. адм. С.О.Макарова, 2006. – 64с.
5. Семенов СП., Горелейченко А.В., Богачев Э.Ю. Судовые электроизмерительные приборы и информационные системы: Учебник. - М.: Транспорт, 1982. - 238 с.
6. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. пособие для вузов. - М.: Логос, 2001.- 408 с.
7. Толстова Л.А. Учебное пособие по дисциплине « Судовые информационно измерительные системы» для курсантов и студентов специальности 180404 очной и заочной форм обучения.– Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012. – 107 с.
8. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 2. Пер. с англ.-- 4-е изд., перераб. и доп.-- М.: Мир, 1993.--371 с.
9. Интернет – ресурс.