Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Чирикова Лилия Ивановна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 09.11.2026 16:17:30
Уникальный программный ключ:
750e77999bb0631a45cbf7b4a579c1095bcef032814fee919138f73a4ce0cad5

Приложение
к ППСЗ по специальности
13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

КОМПЛЕКТ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

МДК.01.02 Электроснабжение электротехнологического оборудования сетей

для специальности

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

(квалификация техник)

год начала подготовки 2023

ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1.1.Область применения контрольно-оценочных средств

Междисциплинарный курс «Электроснабжение электротехнологического оборудования сетей» входит в состав профессионального модуля ПМ 02 «Организация электроснабжения электрооборудования по отраслям».

Междисциплинарный курс «Электроснабжение электротехнического оборудования» предусматривает изучение машин постоянного тока, трансформаторов, асинхронных двигателей, синхронных машин, силовых трансформаторов, правил устройства электроустановок, схем электрических соединений подстанций и распредустройств, проводников, распределительных устройств, изоляторов, электрических аппаратов напряжением до 1000 В, освещения производственных помещений, электрических аппаратов напряжением выше 1000 В., конструкции распределительных устройств, источников оперативного тока, заземления, внешнего электроснабжения железных дорог, тягового электроснабжения железных дорог.

Результатом освоения МДК 01.02. «Электроснабжение электротехнического оборудования» является формирование знаний, умений и навыков, общекультурных и профессиональных компетенций и формирование профессиональных трудовых функций.

1.2 Требования к результатам освоения учебной дисциплины.

В результате освоения междисциплинарного курса дипломированный техник должен

уметь:

У1 - разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;

У2 - заполнять дефектные ведомости, ведомости объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов, маршрутную карту, другую техническую документацию; схема распределительных сетей 35 кВ, находящихся в зоне эксплуатационной ответственности;

У3 - читать простые эскизы и схемы на несложные детали и узлы;

У4 - пользоваться навыками чтения схем первичных соединений электрооборудования электрических станций и подстанций;

У5 - читать схемы первичных соединений электрооборудования электрических станций и подстанций;

У6 - осваивать новые устройства (по мере их внедрения);
У7 - организация разработки и пересмотра должностных инструкций подчиненных работников более высокой квалификации;
У8 - читать схемы питания и секционирования контактной сети и воздушных линий электропередачи в объеме, необходимом для выполнения простых работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту контактной сети, воздушных линий электропередачи под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением;
У9 - читать схемы питания и секционирования контактной сети в объеме, необходимом для выполнения работы в опасных местах на участках с высокоскоростным движением;
У10 - читать принципиальные схемы устройств и оборудования электроснабжения в объеме, необходимом для контроля выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств системы тягового электроснабжения.

знать:

З1 - устройство электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;

З2 - устройство и принцип действия трансформатора. Правила устройства электроустановок;

З3 -устройство и назначение неактивных (вспомогательных) частей трансформатора;

З4 - принцип работы основного и вспомогательного оборудования распределительных устройств средней сложности напряжением до 35 кВ;

З5 - конструктивное выполнение распределительных устройств;

З6 - конструкция и принцип работы сухих, масляных, двухобмоточных силовых трансформаторов мощностью до 10 000 кВА напряжением до 35 кВ;

З7 - устройство, назначение различных типов оборудования (подвесной, натяжной изоляции, шинопроводов, молниезащиты, контуров заземляющих устройств), области их применения;

З8 - элементы конструкции закрытых и открытых распределительных устройств напряжением до 110 кВ, минимальные допускаемые расстояния между оборудованием;

З9 - устройство проводок для прогрева кабеля;

З10 - устройство освещения рабочего места;

З11 - назначение и устройство отдельных элементов контактной сети и трансформаторных подстанций;

З12 - назначение устройств контактной сети, воздушных линий электропередачи;

З13 - назначение и расположение основного и вспомогательного оборудования на тяговых подстанциях и линейных устройствах тягового электроснабжения;

314 - контроль соответствия проверяемого устройства проектной документации и взаимодействия элементов проверяемого устройства между собой и с другими устройствами защит;

315 - устройство и способы регулировки вакуумных выключателей и элегазового оборудования;изучение устройства и характеристик, отличительных особенностей оборудования нового типа, принципа работы сложных устройств автоматики оборудования нового типа интеллектуальной основе; читать однолинейные схемы тяговых подстанций.

иметь практический опыт:

- составления электрических схем электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;
- заполнения необходимой технической документации;
- выполнения работ по чертежам, эскизам с применением соответствующего такелажа, необходимых приспособлений, специальных инструментов и аппаратуры;
- внесения на действующие планы изменений и дополнений, произошедших в электрических сетях;
- разработке должностных и производственных инструкций, технологических карт, положений и регламентов деятельности в области эксплуатационно-технического обслуживания и ремонта кабельных линий электропередачи;
- разработке технических условий проектирования строительства, реконструкции и модернизации кабельных линий электропередачи;
- организации разработки и согласование технических условий, технических заданий в части обеспечения технического обслуживания и ремонта кабельных линий электропередачи;
- изучении схем питания и секционирования контактной сети и линий напряжением выше 1000 В;
- изучения схем питания и секционирования контактной сети и воздушных линий электропередачи в пределах дистанции электроснабжения;
- изучения принципиальных схем защит электрооборудования, электронных устройств, автоматики и телемеханики;

изучении устройства и характеристик, отличительных особенностей оборудования нового типа, принципа работы сложных устройств автоматики оборудования нового типа.

1.3 Компетенции:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1 Выполнять основные виды работ по проектированию электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования.

ПК 1.2 Читать и составлять электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования.

2.Модели контролируемых компетенций

-

Таблица 1. Модели контролируемых компетенций

Код компетенции	Формулировка компетенции	Знания, умения
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам	**знать:** **З1**–способы решения задач профессиональной деятельности; **З2**–нормативное отражение выбора способов решения профессиональных задач; **уметь:** **У1** –отражать в учетной политики предприятия варианты и способы учета имущества

ОК 02	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности	**знать:** **З1**–информацию, необходимую для выполнения профессиональных задач; **З2**–источники информации необходимой для выполнения профессиональных задач; **уметь:** **У1** –правильно интерпретировать источники информации (нормативно-правовую базу), необходимые для выполнения профессиональных задач
ОК 04	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.	**знать:** **З1**–методы командной работы; **З2** – способы организации коллектива; **уметь:** **У1** –взаимодействовать с коллегами и руководством; **У2**–эффективно организовывать работу коллектива;
ОК 09	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности	**знать:** **З1** - электронно-правовые системы, необходимые для профессиональной деятельности; **уметь:** **У1** - использовать в профессиональной деятельности электронно-правовые системы;

ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранных языках.	**Знать:** **З1** иностранный язык делового общения: З2 правила ведения деловой переписки, особенности стиля и языка деловых писем. **Уметь:** **У1** уметь читать оригинальную литературу по избранной специальности; **У2** принимать участие в научных конференциях и семинарах, дискуссиях и обсуждениях вопросов, связанных с профессиональной деятельностью;

ПК 1.1	Выполнять основные виды работ по проектированию электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования.	**знать:** **З1** - основные виды работ по проектированию электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования. **уметь:** У1- применять основные виды проектирования оборудования
		иметь практический опыт: - составления электрических схем электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям; - заполнения необходимой технической документации; - выполнения работ по чертежам, эскизам с применением соответствующего такелажа, необходимых приспособлений, специальных инструментов и аппаратуры;
ПК 1.2	Читать и составлять электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования.	**З1** - схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования **У1** – уметь составлять электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования.
		иметь практический опыт: - внесения на действующие планы изменений и дополнений, произошедших в электрических сетях; - разработке должностных и производственных инструкций, - технологических карт, положений и регламентов деятельности в области эксплуатационно-технического обслуживания и ремонта кабельных линий электропередачи; разработке технических условий проектирования строительства, реконструкции и модернизации кабельных линий электропередачи

2.2 Контроль и оценка освоения учебной дисциплины/междисциплинарного курса по разделам (темам)

Элемент учебной дисциплины/междисциплинарного курса		Текущая аттестация (текущий контроль успеваемости)	
		Наименование оценочного средства	**Результаты освоения (знания, умения, компетенции)**
		НС;ЛЗ	
Раздел VI Устройство электротехнологического оборудования по отраслям			
Введение	1.Понятие электротехнологического оборудования	НС, ЛЗ	*З1;У1;У3;ОК 02*
	2.Электротехнологические установки		З2;З3;З6;У1;У2*;У4;У5; ОК 02; ОК 07;*
	3. Способы электрического нагрева		З1; У1*;У3; ОК 02*
Тема 6.1 Электрооборудование установок электронагрева	1.Общие сведения об электротермических установках	НС, ПЗ	З1; У1*;У3; ОК 02*
	2.Назначение, устройство и принцип действия:		З1;З2;З3;З6; У1;У2;*У4;У5; ОК 02*
Тема 6.2 Электрооборудование установок электрической сварки	1. Общие сведения об электросварке	НС; ПЗ	З1;У7;ОК 01;ОК 03;ОК 04; ОК 05;ОК 06;ОК 10;
	2. Назначение, устройство и принцип действия электросварочных установок		З8;З5; *У4;У5;ОК 01; ОК 02; ОК 09;ВД 1;ПК 1.1; ПК 1.2*
	3. Основные типы сварочных аппаратов		
	4. Виды тока для сварочных аппаратов	НС, ПЗ	*З4;З7;ОК 07;ВД1*
	5. Способы регулирования сварочного тока		*З1;З5;З4;З6;* У1;У2*;У3; ОК 02; ВД1*
	6. Особенности использования сварочных выпрямителей		*З10;У8;У1;У7;ОК 07;*
	7. Инверторный ток для сварки		*З1;З13;З15;* У1;У2; *ОК 02; ОК 07;ВД1*
	8. Сварочные генераторы		*З1;У1;У3;ОК 02*
Тема 6.3	1.Классификация помещений по взрыво- и пожароопасности		З2;З3;З6;У1;У2*;У4;У5; ОК*

Элемент учебной дисциплины/междисциплинарного курса		Текущая аттестация (текущий контроль успеваемости)	
		Наименование оценочного средства	**Результаты освоения (знания, умения, компетенции)**
Электрооборудование во взрывоопасных и пожароопасных помещениях		НС, ЛЗ	*02; ОК 07;*
	2. Виды исполнения оборудования по степени защиты от воздействия окружающей среды		З1; У1*;У3; ОК 02*
	3.Выбор электрооборудования для взрыво- и пожароопасных помещений		З1; У1*;У3; ОК 02*
	4.Электропроводки во взрыво- и пожароопасных помещениях		*З1;У1;У3;ОК 02*
Раздел VII Проектирование электроснабжения электротехнологического оборудования			
Тема 7.1 Разработка технической документации проектов электроснабжения	1. Содержание проекта электроснабжения электрооборудования	НС; ПЗ	З1; У1*;У3; ОК 02*
	2. Требования Правил устройства электроустановок		З1; У1*;У3; ОК 02*
	3. Разработка принципиальной электрической схемы		З1;З2;З3;З6; У1;У2;*У4;У5; ОК 02*
	4. Размещение электрооборудования в помещениях		З1;У7;ОК 01;ОК 03;ОК 04; ОК 05;ОК 06;ОК 10;
	5. Составление схем соединения и подключения		З8;З5; *У4;У5;ОК 01; ОК 02; ОК 09;ВД 1;ПК 1.1; ПК 1.2*
	6. Заземление металлических элементов электрооборудования		
	7. Разработка технических условий проектирования и строительства		*З4;З7;ОК 07;ВД1*
	8. Реконструкция и модернизация схем электроснабжения. Реконструкция электроснабжения с заменой кабельных линий электропередачи.		*З1;З5;З4;З6;* У1;У2*;У3; ОК 02; ВД1*
	9. Составление спецификаций к проектам.		*З10;У8;У1;У7;ОК 07;*

Элемент учебной дисциплины/междисциплинарного курса		Текущая аттестация (текущий контроль успеваемости)	
		Наименование оценочного средства	**Результаты освоения (знания, умения, компетенции)**
	10.Приемка устройств в эксплуатацию. Контроль соответствия проверяемого устройства проектной документации.	НС, ПЗ	*З1;З13;З15;* У1;У2; *ОК 02; ОК 07;ВД1*
	11. Проверка работы устройств электроснабжения, взаимодействия с системами защиты и управления при новом включении.		З1; У1*;У3; ОК 02*
Тема 7.2 Разработка технической документации при эксплуатации кабельных линий электропередачи	1. Обслуживание и ремонт кабельных линий электропередачи. Нормативные документы. Требования к технической документации	НС; ЛЗ; ВСР	З1;З2;З3;З6; У1;У2;*У4;У5; ОК 02*
	2.Должностные и производственные инструкции		З1;У7;ОК 01;ОК 03;ОК 04; ОК 05;ОК 06;ОК 10;
	3.Технологические карты. Порядок их составления.		З8;З5; *У4;У5;ОК 01; ОК 02; ОК 09;ВД 1;ПК 1.1; ПК 1.2*
	4.Планирование технического обслуживания линий электроснабжения. Составление дефектных ведомостей, ведомостей объема работ, маршрутных карт.		З8;З5; *У4;У5;ОК 01; ОК 02; ОК 09;ВД 1;ПК 1.1; ПК 1.2*
Промежуточная аттестация:			**Э**

Принятые сокращения, З – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет, НС – накопительная система оценивания, Э – экзамен, РЗ – решение задач, ТР – написание и защита творческих работ(устно или с применением информационных технологий) ЛЗ – итоги выполнения и защита лабораторных работ, ПЗ – итоги выполнения и защита практических работ, ПР – проверочная работа, ВСР – выполнение внеаудиторно самостоятельной работы (домашние работы и другие виды работ или заданий), РЗ – решение задач, ЗАЧ – устные или письменный зачет, КПР – выполнение и защита курсового проекта. Для результатов освоения указывают только коды знаний, умений и компетенций

3. Текущая аттестация студентов.

Текущая аттестация по междисциплинарного курса «Электроснабжение электротехнологического оборудования сетей» проводится в форме контрольных мероприятий (*контрольный опрос, оценка творческих работ в виде докладов, рефератов и презентаций на семинарских занятиях, защита практических работ и пр.*), оценивание фактических результатов обучения студентов, осуществляется преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Активность студента на занятиях оценивается на основе выполненных студентом работ и заданий, предусмотренных данной рабочей программой междисциплинарного курса.

Задания для текущей аттестации (контрольный опрос).

Раздел VI Устройство электротехнологического оборудования по отраслям

Вопросы для устных опросов :

1. Понятие электротехнологического оборудования
2. Электротехнологические установки
3. Способы электрического нагрева

Тема 6.1 Электрооборудование установок электронагрева

Вопросы для устных опросов :

1. Общие сведения об электротермических установках
2. Назначение, устройство и принцип действия:
3. Установок с нагреваемым током активным сопротивлением.
4. Индукционных установок.
5. Дуговых установок.
6. Установок диэлектрического нагрева.

Тема 6.2 Электрооборудование установок электрической сварки

Вопросы для устных опросов :

1. Общие сведения об электросварке
2. Назначение, устройство и принцип действия электросварочных установок
3. Основные типы сварочных аппаратов
4. Виды тока для сварочных аппаратов
5. Способы регулирования сварочного тока
6. Особенности использования сварочных выпрямителей

7. Инверторный ток для сварки
8. Сварочные генераторы

Тема 6.3.
Электрооборудование во взрывоопасных и пожароопасных помещениях
Вопросы для устных опросов :

1. Классификация помещений по взрыво- и пожароопасности
2. Виды исполнения оборудования по степени защиты от воздействия окружающей среды
3. Выбор электрооборудования для взрыво- и пожароопасных помещений
4. Электропроводки во взрыво- и пожароопасных помещениях

Раздел VII Проектирование электроснабжения электротехнологического оборудования
Тема 7.1 Разработка технической документации проектов электроснабжения
Вопросы для устных опросов :

1. Содержание проекта электроснабжения электрооборудования
2. Требования Правил устройства электроустановок
3. Разработка принципиальной электрической схемы
4. Размещение электрооборудования в помещениях
5. Составление схем соединения и подключения
6. Заземление металлических элементов электрооборудования
7. Разработка технических условий проектирования и строительства
8. Реконструкция и модернизация схем электроснабжения. Реконструкция электроснабжения с заменой кабельных линий электропередачи.
9. Составление спецификаций к проектам.
10. Приемка устройств в эксплуатацию. Контроль соответствия проверяемого устройства проектной документации.
11. Проверка работы устройств электроснабжения, взаимодействия с системами защиты и управления при новом включении.

Тема 7.2
Разработка технической документации при эксплуатации кабельных линий электропередачи
Вопросы для устных опросов:
1. Обслуживание и ремонт кабельных линий электропередачи. Нормативные документы. Требования к технической документации
2.Должностные и производственные инструкции
3.Технологические карты. Порядок их составления.
4.Планирование технического обслуживания линий электроснабжения. Составление дефектных ведомостей, ведомостей объема работ, маршрутных карт.

Критерии оценки

«отлично» - ставится за такие знания, когда:

- студент обнаруживает усвоение всего объема программного материала;
- выделяет главные положения в изученном материале и не затрудняется при ответах на видоизмененные вопросы;
- не допускает ошибок в воспроизведении изученного материала.

«хорошо» - ставится, когда:

- студент знает весь изученный материал;
- отвечает без особых затруднений на вопросы преподавателя;
- в устных ответах не допускает серьезных ошибок, легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

«удовлетворительно» - ставится за знания, когда:

- студент обнаруживает усвоение основного материала, но испытывает затруднение при его самостоятельном воспроизведении и требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя,
- предпочитает отвечать на вопросы, воспроизводящего характера и испытывает затруднение при ответах на видоизмененные вопросы,

«неудовлетворительно» - ставится, когда у студента имеются отдельные представления об изученном материале, но все же большая часть материала не усвоена.

4. Самостоятельная работа студентов.

Раздел VI Устройство электротехнологического оборудования по отраслям
Тема 6.1 Электрооборудование установок электронагрева
Тема 6.2 Электрооборудование установок электрической сварки
Тема 6.3. Электрооборудование во взрывоопасных и пожароопасных помещениях
Раздел VII Проектирование электроснабжения электротехнологического оборудования
Тема 7.1 Разработка технической документации проектов электроснабжения
Тема 7.2Разработка технической документации при эксплуатации кабельных линий электропередачи

Темы для самостоятельной работы

1.«Конструктивное исполнение отделителей и короткозамыкателей, работа привода».
2.«Конструкции электрических подстанций закрытого и открытого типа».
3.«Требование ПУЭ к электрическим подстанциям закрытого и открытого типа».
4.«Собственные нужды тяговых подстанций»;
5.«Технические характеристики гелевых аккумуляторных батарей
6.«Причины и виды коротких замыканий в электрических сетях».

Критерии оценки

«отлично»- задание выполнено в полном объёме на 100%, материал полностью соответствует теме, изложение чёткое, ответы на вопросы исчерпывающие.
«хорошо»- задание выполнено на 70%, изложение неточное, студент затрудняется при ответах на вопросы.
«удовлетворительно»- задание выполнено на 40-50%, изложение материала вызывает затруднение, ответы на вопросы затруднённые или отсутствуют.
«неудовлетворительно»- задание не выполнено в полном объёме.

5. Задания на практические занятия

Практическое занятие 1.

Тема: «Устройство и принцип действия электрических печей».
Цель: изучение действия электрических печей

В печах сопротивления в подавляющем большинстве случаев применяется простейший вид регулирования температуры - двухпозиционное регулирование, при котором исполнительный элемент системы регулирования - контактор имеет лишь два крайних положения: «включено» и «выключено». Во включенном состоянии температура печи растет, так как ее мощность всегда выбирается с запасом, и соответствующая ей установившаяся температура значительно превосходит ее рабочую температуру. В выключенном состоянии температура печи снижается по экспоненциальной кривой. Для идеализированного случая, когда в системе регулятор - печь отсутствует динамическое запаздывание, работа двухпозиционного регулятора показана на рисунке 1.1, на котором в верхней части дана зависимость температуры печи от времени, а в нижней - соответствующее изменение ее мощности. При разогреве печи вначале ее мощность будет постоянной и равной номинальной, поэтому ее температура будет расти до точки 1, когда она достигнет значения tзад + ?t1, где +?t + -?t - зона нечувствительности регулятора. В этот момент регулятор сработает, контактор отключит печь и ее мощность упадет до нуля. Вследствие этого температура печи начнет уменьшаться по кривой 1 - 2 до тех пор, пока не будет достигнута нижняя граница зоны нечувствительности tзад - ?t2. В этот момент произойдет новое включение печи, и ее температура вновь начнет увеличиваться.

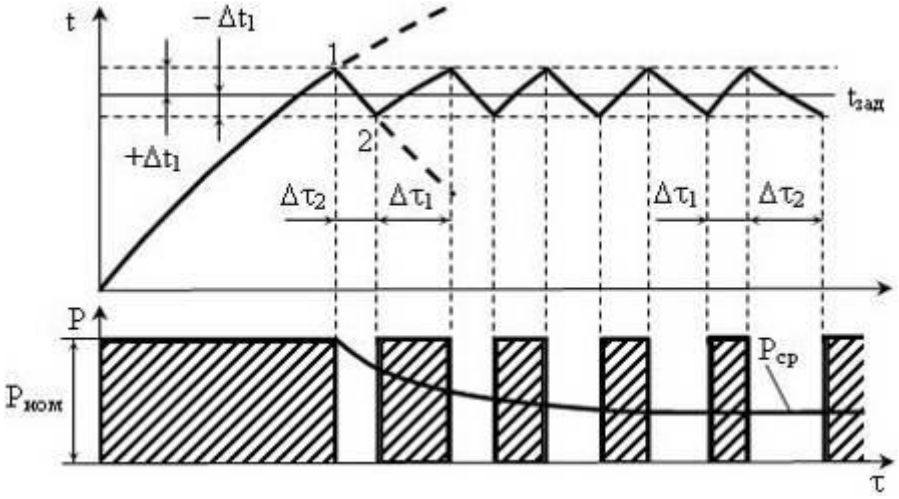


Рисунок 1.1 Идеализированная схема работы двухпозиционного регулятора температуры

Таким образом, процесс регулирования температуры печи по двухпозиционному принципу заключается в ее изменении по пилообразной кривой около заданного значения в пределах интервалов + ?t1, - ?t2 определяемых зоной нечувствительности регулятора. Средняя мощность печи зависит от соотношения интервалов времени ее включенного состояния 1 и выключенного состояния 2. По мере прогрева печи и загрузки кривая нагрева печи будет идти круче, а кривая остывания печи - положе, поэтому отношение периодов цикла 1 и 2 будет уменьшаться, а следовательно, будет падать и средняя мощность Рср. При двухпозиционном регулировании средняя мощность печи все время приводится в соответствие с мощностью, необходимой для поддержания постоянной температуры.

Зона нечувствительности современных терморегуляторов может быть сделана весьма малой и доведена до 0,1 ч 0,2 °С. Однако действительные колебания температуры печи могут быть во много раз большими из-за динамического запаздывания в системе регулятор - печь. Основным источником этого запаздывания является инерция датчика - термопары, особенно если она снабжена двумя защитными чехлами: керамическим и металлическим. Чем больше это запаздывание, тем больше колебания температуры нагревателя превышают зону нечувствительности регулятора. Кроме того, амплитуды этих колебаний очень сильно зависят от избытка мощности печи. Чем больше мощность включения печи превышает среднюю мощность, тем больше эти колебания.

Колебания температуры нагревателей при двухпозиционном регулировании велики, так как масса и тепловая инерция нагревателей сравнительно малы. В других расположенных в камере печи элементах колебания температуры меньше, особенно у теплотехнически массивных тел, у которых падающий на поверхность тепловой поток,

излучаемый нагревателями, интенсивно поглощается телом, что ограничивает повышение температуры поверхности. Вследствие этого теплотехнически массивная загрузка печи не испытывает значительных колебаний температуры. Однако колебания температуры загрузки значительны и вредны, если эта загрузка теплотехнически тонкая, например тонкая лента или проволока. Так, в протяжных печах для нагрева ленты или проволоки при двухпозиционном регулировании будет наблюдаться неравномерный (полосатый) нагрев. При больших скоростях одни участки ленты пройдут через печь в период, когда ее нагреватели будут включены, другие - во время их отключения; ясно, что первые участки в результате будут нагреты больше, чем вторые.

Для того чтобы свести до минимума такие колебания температуры загрузки, необходимо повысить чувствительность регулирующего прибора, уменьшить инерцию (постоянную времени) датчика и запас мощности. Как уже говорилось, чувствительность современных автоматических потенциометров очень высока и может удовлетворить любые требования. Инерция датчика, наоборот, велика. Так, стандартная термопара в фарфоровом наконечнике с защитным чехлом имеет запаздывание около 20 ч 60 с. Поэтому в тех случаях, когда колебания температуры недопустимы, в качестве датчиков применяют незащищенные термоэлементы с открытым концом. Это, однако, не всегда возможно ввиду возможных механических повреждений датчика, а также попадания в приборы через термоэлемент токов утечки, вызывающих неправильную их работу. Можно достичь уменьшения запаса мощности, если печь не включать и выключать, а переключать с одной ступени мощности на другую, причем высшая ступень должна быть лишь ненамного больше потребляемой печью мощности, а низшая - ненамного меньше. В этом случае кривые нагрева печи и ее остывания будут очень пологими, а температура почти не будет выходить за пределы зоны нечувствительности прибора.

Для того чтобы осуществить такое переключение с одной ступени мощности на другую, необходимо иметь возможность плавно или ступенями регулировать мощность печи. Такое регулирование может быть осуществлено одним из следующих способов:

- - переключением нагревателей печи, например, с «треугольника» на «звезду». Такое весьма грубое регулирование связано с нарушением равномерности температуры и применяется лишь в бытовых электронагревательных приборах;
- - включением последовательно с печью регулируемого активного или реактивного сопротивления. Этот способ связан с очень большими потерями энергии или снижением коэффициента мощности установки;

- - питанием печи через регулировочный трансформатор или автотрансформатор с переключением печи на разные ступени напряжения. Здесь регулирование также ступенчатое и сравнительно грубое, так как регулируется питающее напряжение, а мощность печи пропорциональна квадрату этого напряжения. Кроме того, имеют место дополнительные потери (в трансформаторе) и снижение коэффициента мощности;
- - фазовым регулированием с помощью полупроводниковых приборов. В этом случае питание печи осуществляется через тиристоры, угол включения которых изменяется системой управления. Таким путем можно получить плавное регулирование мощности печи в широких пределах почти без дополнительных потерь, используя непрерывные методы регулирования - пропорциональный, интегральный, пропорционально-интегральный. В соответствии с этими методами для каждого момента времени должно выполняться соответствие поглощаемой печью мощности и мощности, выделяемой в печи.

Приборное оформление, настройка и эксплуатация, систем непрерывного автоматического регулирования температурного режима намного сложнее, чем при позиционном методе. Кроме того, всякие изменения этой мощности (открытие дверцы, повышенные потери, изменение параметров нагреваемых деталей в печах непрерывного действия) вызывают колебательные переходные режимы, в течение которых меняется и регулируемая температура.

Техника безопасности для всех видов печей сопротивления основывается прежде всего на правилах и мерах безопасности, применяемых к цеховому электрооборудованию, работающему при напряжении до 1000 В. Исключение составляют электродные высоковольтные электроводоподогреватели, которые относятся к группе высоковольтного электрооборудования.

Основные меры безопасности от поражения током при эксплуатации электрических печей сводятся к следующему:

- - токоведущие части, выходящие за пределы кладки (выводы нагревателей, токопроводы к электродам, контактам), должны быть ограждены так, чтобы исключить возможность прикосновения к ним;
- - кожухи печей и нагревательных устройств должны быть надежно заземлены;
- - открывание загрузочных проемов и осуществление загрузки и выгрузки изделий в печах садочного типа не допускаются при включенных нагревателях: в схемах питания должна быть предусмотрена блокировка, автоматически отключающая нагреватели при открывании дверец или крышек печи.

Эксплуатация печей сопротивления создает в цехах, где они установлены, повышенную пожароопасность и опасность ожогов обслуживающего персонала. При проектировании помещений и монтаже в них электропечей необходимо соблюдение общих правил, сформулированных в руководящих указаниях по технике безопасности и производственной санитарии при термической обработке и плавке металлов.

Основные специфические противопожарные мероприятия и правила следующие:

- - работа персонала у печей допускается только в спецодежде, рукавицах и очках для работы на плавильных печах и соляных ваннах;
- - в непосредственной близости к печам должен быть оборудован пункт хранения противопожарного инвентаря;
- - в цехах, эксплуатирующих электрические печи, должно быть предусмотрено аварийное освещение на случай внезапного прекращения подачи энергии.

В электропечах вакуумных и работающих с контролируемыми (защитными или специальными) атмосферами имеется опасность взрыва.

В вакуумных электропечах взрыв возможен при попадании в зону высоких температур воды, масла и других разлагающихся веществ вместе с воздухом'. В печах с защитными или специальными атмосферами опасность взрыва связана с образованием гозовоздушной смеси.

Практически взрывоопасны все горючие газы, но особую опасность представляет водород. Водородовоздушная смесь взрывоопасна при содержании в ней водорода от 4 до 74 %.

Взрывобезопасность вакуумных печей в основном обеспечивается при их конструировании путем повышения надежности элементов конструкции.

При эксплуатации печей с контролируемыми атмосферами необходимо принимать специальные меры безопасности. Каждая печь должна иметь разработанную для данного технологического процесса инструкцию по технике безопасности, где следует учитывать, что газовые смеси, содержащие окись углерода, сернистый газ, аммиак и сероводород, не только взрывоопасны, но и токсичны.

Содержание этих газов в производственных помещениях не должно превышать 0,01 ч 0,03 мг на 1 л воздуха.

Основные правила по взрывобезопасности печей, работающих с горючими газами, следующие:

- - перед началом работы из рабочего объема печи должен быть удален воздух (продувкой, выжиганием, вакуумированием). Продувка нейтральным газом (азотом, углекислотой) перед включением нагревателей до полного удаления воздуха требует расхода нейтрального газа, примерно равного четырехкратному объему рабочего пространства печи. Выжигание воздуха подачей рабочего газа в нагретую выше 750° С камеру печи допускается для печей, имеющих нагреватели, не окисляющиеся на воздухе. Выжигание производится до полного удаления кислорода. Вакуумирование рабочего объема перед подачей газа требует наличия вакуумной системы, обеспечивающей остаточное давление порядка 10 ч 50 Па;
- - в процессе работы печи подача газа должна контролироваться по количеству и составу автоматическими приборами; кроме того, камеры печей с горючими газами снабжаются свечами - узкими трубками, из которых выходит газ, сгорающий на воздухе. Исчезновение пламени свечи указывает на снижение давления газа в печи и возможный опасный засос воздуха;
- - эксплуатация электрических печей и вспомогательных устройств в неисправном состоянии не допускается;
- - к работе на печах допускается персонал, прошедший специальное обучение и сдавший экзамен по технике безопасности. Экзамен по технике безопасности сдается ежегодно.

Цеха или отделения цехов, где установлены электрические печи сопротивления, должны иметь вентиляцию, рассчитанную на удаление газов и отвод тепловых потерь, чтобы обеспечить требуемые по санитарным нормам чистоту и температуру воздуха.

Практическое занятие 2.

Тема: «Устройство и принципа действия сварочных аппаратов».

Цель: изучение действия сварочного аппарата

Сварочный аппарат (трансформатор) — это устройство, предназначенное для преобразования тока из электросети в ток, пригодный для сварки. Он понижает напряжение сети до нескольких вольт, а ток, соответственно, возрастает и может достигать тысячи ампер и больше. **В этой статье мы рассмотрим устройство сварочного трансформатора и выявим разновидности таких агрегатов.**

Конструкция сварочного трансформатора



В основе устройства лежит понижающий трансформатор, запитываемый от внешнего источника электроэнергии. Кроме него, конструкция подразумевает наличие дополнительных приспособлений для получения необходимых характеристик тока, управления током и защиты устройства от коротких замыканий. Как правило, в цепь включается отдельная дроссельная катушка.

Принцип работы сварочного трансформатора — преобразование внешнего напряжения (220 или 380В) в более низкое — в режиме холостого хода оно составляет около шестидесяти вольт.

Примерная схема агрегата с дросселем такова: первичная и вторичная катушки намотаны на одном металлическом сердечнике. Дроссель подключается после вторичной обмотки устройства, при этом его исполнение позволяет регулировать характеристики тока за счет изменения воздушного зазора — для этого предусмотрен регулировочный винт. Регулировка тока возможна и с использованием других способов, как правило, используется движение подвижных обмоток (неподвижной в таких конструкциях является первичная обмотка, подключенная к электрической сети) и регулировочного винта.

Возникновение электрической дуги (начало процесса сварки) ведет к снижению значения тока, что снижает ЭДС самоиндукции дросселя и приводит к возникновению рабочего напряжения, обеспечивающего устойчивое горение дуги. Это напряжение ниже, чем напряжение холостого хода.

В целом схема сварочного трансформатора подразумевает наличие следующих элементов:

- Центральная часть конструкции – магнитопровод (сердечник), изготавливаемый обыкновенно из нескольких стальных пластин, гальванически разъединенных друг с другом. Самодельные сердечники для сварки изготавливаются из электротехнической стали, берущейся из «донорской» техники.

- На сердечнике размещены обмотки из изолированного провода соответствующей длины и сечения, число витков напрямую влияет на характеристики устройства. Первичная обмотка в такой конструкции всегда одна.

- Для регулировки тока используются различные решения – подвижные обмотки и т.д.

- Для защиты агрегата от повреждений он помещается в корпус;

- Дополнительные элементы, такие, как вентиляция, колеса и ручки для удобной транспортировки тяжелых агрегатов.



Классификация сварочных трансформаторов

Агрегаты для сварки можно классифицировать следующими способами:

- По фазности: однофазные, трехфазные;

- По конструкции: с регулировкой напряжения переключением обмоток, посредством дросселя насыщения или посредством магнитного рассеяния;

- По количество обслуживаемых мест.

Помимо этого, конструкции различаются такими характеристиками, как коэффициент мощности, вторичное и первичное напряжение, мощность и пределы регулирования тока. Существует достаточно большое количество моделей агрегатов для сварки, что позволяет подбирать оптимальный вариант под любые задачи.

Устройства с регулировкой посредством магнитного рассеивания состоят из двух частей – понижающего блока и регулирующего напряжение дросселя.

Устройства с увеличенным магнитным рассеиванием несколько более сложны по конструкции – в них входят несколько подвижных обмоток, конденсатор или импульсный стабилизатор и некоторые другие элементы.

Стоит упомянуть и о сравнительно новом типе агрегатов для сварки – тиристорных моделях. В них включается силовой блок и тиристорный фазорегулятор, позволяющий достичь меньшего веса по сравнению с другими видами конструкций.

Заключение

Мы рассмотрели устройство агрегатов для сварки и различные варианты их конструкции. Как видите, схема сварочного трансформатора не очень сложная, и такой агрегат легко изготовить даже самостоятельно, а различные варианты изготовления таких агрегатов позволяют подобрать оптимальный метод под каждую ситуацию и каждый сварочный процесс.

Практическое занятие 3.
Тема: « Составление схем электроснабжения оборудования»

Цель работы: для заданного технологического участка выбрать типовую схему электроснабжения.

Основным условием рационального проектирования сети электроснабжения промышленного объекта является принцип одинаковой надёжности питающей линии (со всеми аппаратами) и одного электроприёмника технологического агрегата, получающего питание от этой линии. Поэтому нет смысла, например, питать один электродвигатель технологического агрегата по двум взаиморезервируемым линиям. Если технологический агрегат имеет несколько электроприёмников, осуществляющих единый, связанный группой машин технологический процесс, и прекращение питания любого из этих электроприёмников вызывает необходимость прекращения работы всего агрегата, то в таких случаях надёжность электроснабжения вполне обеспечивается при **магистральном питании** (рис. 1.1).

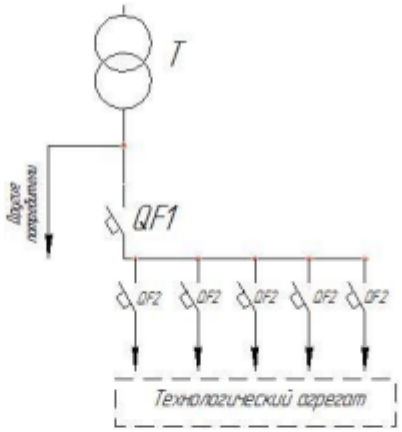


Рис. 1.1 Магистральная схема питания электроприёмников

Магистральные схемы питания находят широкое применение не только для питания многих электроприёмников одного технологического агрегата, но также большого числа сравнительно мелких приёмников, не связанных единым технологическим процессом. К таким потребителям относятся металлорежущие станки в цехах механической обработки металлов и другие потребители, распределённые относительно равномерно по площади цеха.

Магистральные схемы позволяют отказаться от применения громоздкого и дорогого распределительного устройства или щита. В этом случае возможно применение схемы блока трансформатор-магистраль, где в качестве питающей линии применяются токопроводы (шинопроводы), изготовляемыепромышленностью. Магистральные схемы, выполненные шинопроводами, обеспечивают высокую надёжность, гибкость и универсальность цеховыъ сетей, что позволяет технологам перемещать оборудование внутри цеха без существенных переделок электрических сетей.

Для питания большого числа электроприёмников сравнительно небольшой мощности, относительно равномерно распределённых по площади цеха, применяются схемы с двумя видами магистральных линий: питающими и распределительными (рис. 1.2). Распределительные магистрали, к которым непосредственно подключаются электроприёмники, получают питание от главных питающих магистралей или непосредственно от шин комплектной трансформаторной подстанции (КТП), если главные магистрали не применяются.

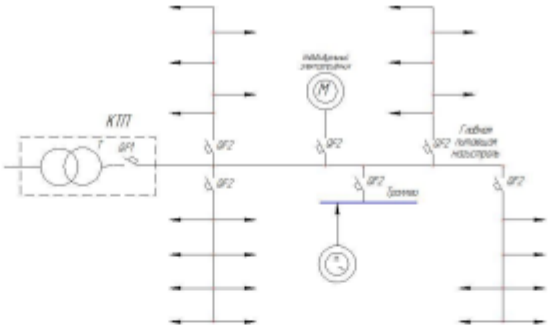


Рис. 1.2 Схема питающих и распределительных линий в цехе

К главным питающим магистралям подсоединяется возможно меньшее число индивидуальных электроприёмников. Это повышает надёжность всей системы питания.

Следует учитывать недостаток магистральных схем, заключающийся в том, что при повреждении магистрали одновременно отключаются все питающиеся от неё электроприёмники. Этот недостаток ощутим при наличии в цехе отдельных крупных потребителей, не связанных единым непрерывным технологическим процессом.

Радиальные схемы питания характеризуются тем, что от источника питания, например КТП, отходят линии, питающие непосредственно мощные электроприёмники или отдельные распределительные пункты, от которых самостоятельными линиями питаются более мелкие электроприёмники (рис. 1.3).

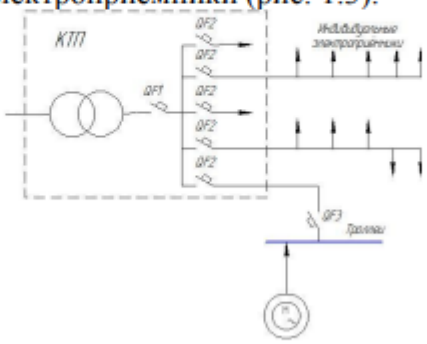


Рис. 1.3 Радиальная схема питания электроприемников

Практическое занятие 4.
Тема: «Составление спецификаций к схемам электроснабжения»
Цель: научиться составлять спецификации к схемам электроснабжения

Спецификация на приборы и средства автоматизации выполняется по форме, представленной в табл. 3. Эта форма может быть рекомендована только для учебных работ.

В правой графе "Номер позиции" указывают позицию приборов и средств автоматизации по схеме автоматизации. В графе "Наименование и краткая характеристика" указывается название прибора, его технические характеристики и особенности. Например, датчик для измерения гидростатического давления (уровня). В графе "Тип прибора" указывается марка прибора, например, Метран-150-L. В графе "Примечание" при необходимости указывают "Поставляется в комплекте", "Разработка специального конструкторского бюро" или "Разработка ИГХТУ" и так далее.

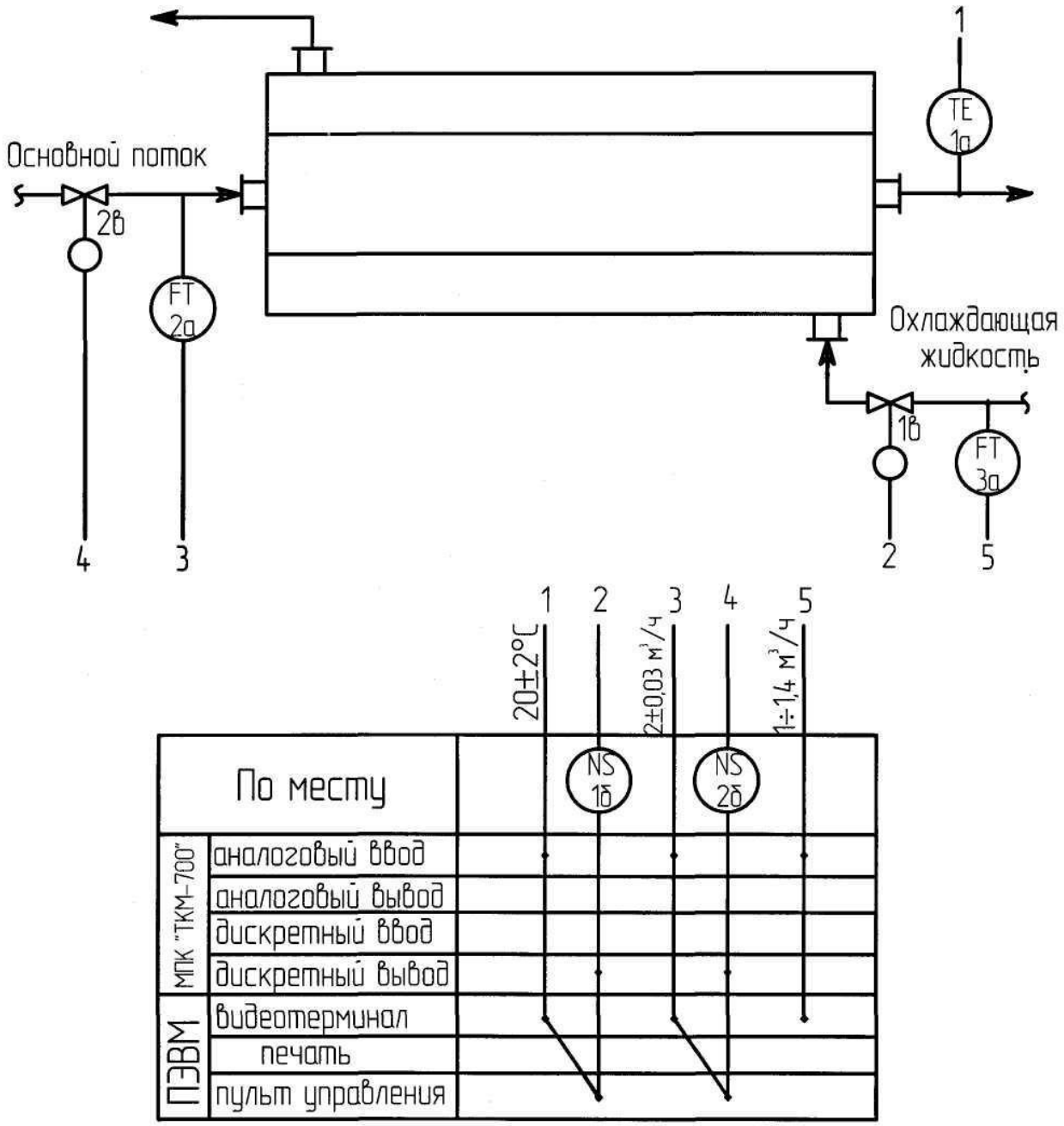


Рис. 14. Развернутая схема автоматизации теплообменника

Приборы и средства автоматизации, указанные в спецификации, следует группировать по параметрам или по функциональному признаку.

Таблица 3 - Спецификация на приборы и средства автоматизации

Номер позиции по схеме автоматизации	Наименование и краткая характеристика прибора	Тип прибора (марка)	Количество	Примечание

Описание схемы автоматизации

Описание схемы автоматизации предполагает объяснения в сжатой форме, какие задачи по автоматизации данного технологического объекта были поставлены и каким образом решены. Подробное описание того, как проходит сигнал от точки измерения через функциональные блоки до места приложения управляющего воздействия (регулирующего органа), нужно сделать только для тех контуров, которые являются:

– наиболее ответственными;

– сложными, работа которых требует пояснения.

Принципиальные электрические схемы

Принципиальные схемы составляют на основании схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизированному объекту.

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит определенные элементы творчества и требует умелого применения электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую систему с учетом удовлетворения предъявляемых к схемам требований, а также возможного упрощения и минимизации схем. Схема должна обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Данная схема должна обеспечивать электроснабжение всех электроприемников (ПЛК-программно-логических контроллеров, ПЭВМ, датчиков, преобразователей, вторичных приборов, регулирующих устройств и т.д.)

Согласно ПУЭ (изд.7 от 08.07.2002г.) надежность электроснабжения приемников подразделяется на три категории. Электроприемники *первой категории*- электроприемники, электроснабжение которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, брак продукции, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Электроприемники*второй категории*– электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, простоям оборудования.*Третья категория*– все остальные электроприемники, не

попадающие под определения первой и второй категорий. Электроприемники первой и второй категории должны иметь два независимых источника электроснабжения с автоматическим вводом резерва (АВР) в случае выхода из строя первого источника. АВР должен привести к бесперебойности электроснабжения схемы. Для объектов, отнесенных к третьей категории достаточно иметь один ввод. Если на объекте имеются потребители различных категорий, то для электропитания следует применять схему электроснабжения по высшей категории. Можно порекомендовать применение следующих модификаций АВР: УАВР-ЩАП12, УАВР-ЩАП23, УАВР-Я8301, УАВР-Я8302,SUE3000,ASCO300,ASCO7000.

В зависимости от напряжения электроприемников применяются однофазные или трехфазные схемы электропитания. Если в проектируемом объекте отсутствуют электроприемники, требующие напряжения 380В, схема электропитания строится однофазной. Для питания приборов напряжением постоянного тока 24В или 36В применяются специальные блоки питания, либо понижающие трансформаторы с выпрямителями после них.

Графическое оформление принципиальных электрических схем

Графические обозначения элементов схем устанавливаются группой стандартов «Обозначения условные графические в схемах»: ГОСТ 2.721-74 (обозначения общего применения) и рядом других ГОСТов. Общие правила выполнения схем определяются стандартами: ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»; ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем»; ГОСТ 2.708-81 «Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники».

В тех случаях, когда возникает необходимость в применении каких-либо графических изображений, не предусмотренных стандартами, допускается применять нестандартизованные графические обозначения, приводя при этом необходимые пояснения на схеме. Условные графические обозначения элементов, размеры которых в стандартах не установлены, изображаются на схемах в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Допускается все значения пропорционально уменьшать, однако при этом просвет между двумя соседними линиями условного графического обозначения должен быть не менее 1 мм. Размеры условных графических обозначений можно и увеличить, если это, например, необходимо для вписывания в них поясняющих знаков.

Обозначение цепей

Обозначение участков цепей служит для их опознания и может также отражать их функциональное назначение в электрической схеме. Требования к обозначению цепей принципиальных электрических схем определены ГОСТ 2.709-72. Согласно этому стандарту все участки электрических цепей, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение. Участки цепей, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, должны иметь одинаковое обозначение.

Для обозначения участков цепей принципиальных электрических схем применяют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. Цифры и буквы, входящие в обозначение, следует выполнять одним размером шрифта.

Чтение принципиальных схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощаются, если при разработке схемы производить обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Так, например, может быть рекомендовано для цепей управления, регулирования и измерения использовать группу чисел 1-399, для цепей сигнализации 400-799, для цепей питания 800-999. Вместо групп цифр функциональная принадлежность цепей принципиальной схемы может быть выражена и условно принятыми буквами.

Общие цепи питания переменным током маркируются буквами, обозначающими фазы (например А800, В801 и т.д.). Нулевой провод маркируется с добавлением буквы N.

Силовые цепи постоянного тока обозначаются: нечетными числами – участки цепей положительной полярности, четными – участки цепей отрицательной полярности.

Последовательность обозначений должна быть от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки обозначают сверху вниз в направлении слева направо.

+На рис. 15 представлен пример принципиальной электрической схемы распределительной сети. Схема выполнена с применением АВР – А1, для питания датчиков с унифицированным токовым выходным сигналом применен блок питания для преобразования сетевого напряжения 220В в стабилизированное напряжение 24В – А2. Можно порекомендовать применение следующих модификаций блоков питания: Метран-602, Метран-604, Метран-608, Метран-602-Ех, БП КАРАТ-22, БП-96. Для

защиты электропотребителей применены выключатели автоматические - QF, например ВА-47-29. Схема дополняется перечнем элементов принципиальной электрической схемы распределительной сети, где предусмотрено позиционное обозначение, наименование, краткая характеристика и количество блоков питания датчиков с унифицированным выходным сигналом, блоков питания контроллера, выключателей автоматических и т.д. (табл. 4).

Таблица 4

Перечень элементов принципиальной электрической схемы распределительной сети

Позиционные обозначения	Наименование и краткая характеристика	Количество	Примечание

6. Задания на лабораторные занятия

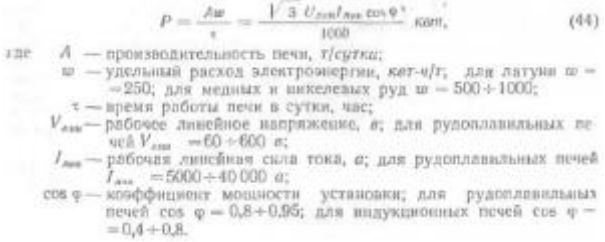
Лабораторное занятие 1.

Тема: Способы преобразования электрической энергии в тепловую.

Преобразование электрической энергии в тепловую пли электронагрев имеет четыре основные разновидности, по которым классифицируются промышленные электропечи; 1) электронагрев через сопротивление; 2) дуговой электронагрев; 3) смешанный электронагрев; 4) индукционный нагрев. Электронагрев металлургических печей имеет существенные преимущества по сравнению с нагревом в результате сжигания углеродистого топлива: возможность получения весьма высоких температур до 3000° и более при концентрации зон высоких температур в определенных участках рабочего пространства печей; легкость и плавность регулирования величины и распределения температуры в рабочем пространстве; чистота рабочего пространства и возможность избежать загрязнения его золой, серой, газами и различными примесями: низкие потерн металлов со шлаками, пылью, газами и вследствие угара; высокий термический к. п. д., достигающий 70—85%; малое количество газов и пыли; возможность комплексной механизации и автоматизации; культура и чистота рабочих мест; возможность применять любую газовую среду и вакуум.

К недостаткам электронагрева относятся: высокое потребление электроэнергии, значительно превосходящее потребление в других отраслях народного хозяйства, и конструктивное ограничение производительности и мощности для некоторых типов электропечей. в дальнейшем в связи с увеличением мощности и числа

электростанций, снижением стоимости электроэнергии и увеличением мощности и производительности электропечей перечисленные недостатки утратят свое значение.
Общая активная, или ваттная мощность трехфазной электропечной установки Р определяется по формуле



$$P = \frac{Aw}{\tau} = \frac{\sqrt{3}\, U_{лин} I_{лин} \cos\varphi}{1000} \text{ квт}, \qquad (44)$$

где A — производительность печи, *т/сутки*;
w — удельный расход электроэнергии, *квт-ч/т*; для латуни $w = 250$; для медных и никелевых руд $w = 500 \div 1000$;
τ — время работы печи в сутки, час;
$V_{лин}$ — рабочее линейное напряжение, *в*; для рудоплавильных печей $V_{лин} = 60 \div 600$ *в*;
$I_{лин}$ — рабочая линейная сила тока, *а*; для рудоплавильных печей $I_{лин} = 5000 \div 40\,000$ *а*;
$\cos\varphi$ — коэффициент мощности установки; для рудоплавильных печей $\cos\varphi = 0{,}8 \div 0{,}95$; для индукционных печей $\cos\varphi = 0{,}4 \div 0{,}8$.

Электронагрев через сопротивление

Этот тип электронагрева имеет несколько разновидностей. По способу выделения тепла различают косвенный и прямой нагрев; наибольшее значение и распространение в печной технике имеет косвенный нагрев, характеризующийся тем, что тепло выделяется в специальных нагревательных элементах (сопротивлениях) и передается от них к обрабатываемому материалу теплоотдачей. По температуре рабочего пространства печей различают нагрев; низкотемпературный в интервале 100—700°, среднетемпературный 700—1200° и высокотемпературный 1200—2000°.
При низкотемпературном нагреве весьма большое значение имеет теплообмен между нагревателем и материалом конвекцией, которая всемерно интенсифицируется принудительной циркуляцией с большими скоростями газа или воздуха внутри печен. При среднетемпературном и высокотемпературном нагреве, особенно при отсутствии принудительной циркуляции газов, основное количество тепла передается от нагревателей к обрабатываемым материалам излучением. Для электрических печей сопротивления высокотемпературный нагрев имеет лишь ограниченное значение. Электронагрев сопротивлением нашел наибольшее применение для сушки и обжига материалов, нагрева и термической обработки металлов и сплавов, плавки легкоплавких металлов — олова, свинца, цинка, алюминия, магния и их сплавов, а также для лабораторных и бытовых нужд. Поскольку, однако, при косвенном нагреве размер нагревательных элементов увеличивается, а размещение их в рабочем пространстве печи оказывается затруднительным, верхний предел мощности электрических печей сопротивления ограничивают величиной 600—2000 квт.
Для нормального протекания процесса преобразования электрической энергии в тепловую и длительной устойчивой работы нагревательные элементы должны обладать следующими качествами: большим удельным электрическим сопротивлением, допускающим достаточное

поперечное сечение элементов и ограниченную их длину; малым электрическим температурным коэффициентом, ограничивающим разницу в электрическом сопротивлении нагретого и холодного нагревателя, постоянством электрических свойств во времени; жаростойкостью и неокисляемостью; жаропрочностью, т. е. достаточной механической прочностью при высоких температурах; постоянством линейных размеров; хорошей обрабатываемостью материала (свариваемость, пластичность и др.). Этим требованиям наиболее удовлетворяют сплавы никеля, хрома, железа (нихром, фехраль и жаропрочная сталь), применяемые в электропечах сопротивления в виде проволоки или ленты, и углеродистые материалы, применяемые в виде угольных, графитовых или карборундовых стержней.

Определение размеров нагревательных элементов можно научно обосновать совместным решением двух основных уравнений, описывающих существо работы нагревателей — уравнения мощности и уравнения теплообмена. Поскольку нагревательный элемент является составной частью электрической цели, то для получения необходимой мощности он должен обладать определенными размерами и сопротивлением. С другой стороны, вся тепловая энергия, полученная в нагревательном элементе в результате преобразования электроэнергии, должна быть передана теплоотдачей к перерабатываемым материалам и футеровке печи, для чего необходимо иметь определенную поверхность, температуру и коэффициент теплоотдачи. Если теплоотдача нагревательного элемента не соответствует происходящему в нем тепловыделению — элемент будет перегреваться, а его температура может превысить допустимые для материала пределы, что приведет к разрушению нагревателя.

На основании решения уравнения мощности для нагревательных элементов любой формы и материала выведена общая формула

$$П_q = \frac{10^8 \rho \mu_{ср}^2}{U^2 w}, \qquad (45)$$

При расчете размеров нагревателя величина w должна точно соответствовать его удельной теплоотдаче, которую находят решением соответствующего уравнения теплообмена нагревателя, кладки и материала А.Д. Свенчанский проанализировал условия теплоотдачи для различных реальных нагревателей и составил графики и таблицы, с помощью которых можно находить величину w.

Дуговой электронагрев

Этот вид электронагрева применяется в высокотемпературных электрических печах большой мощности преимущественно для плавки различных материалов. Если дуга горит между электродом и перерабатываемым в печи материалом, то такие печи называются

печами прямого действия с зависимой дугой: открытой — видимой (рис. 20, а) или закрытой — невидимой дугой, погруженной в слой шихты или расплава (рис. 20, б). Если дуга горит между электродами и непосредственно не соприкасается с перерабатываемыми в печи материалами и продуктами, то такие печи называются печами косвенного действия с независимой дугой (рис. 20, в). Наибольшим термическим к. п. д. обладают дуговые печи прямого действия, особенно с закрытой дугой, поскольку в них имеются наилучшие условия для теплообмена между дугой и материалом, позволяющие быстро и с ограниченными потерями тепла нагревать материал до весьма высокой температуры.

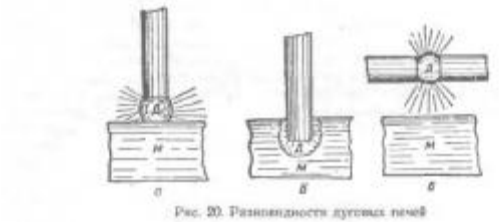


Рис. 20. Разновидности дуговых печей

Дуговые печи прямого действия получили наибольшее применение для выплавки стали и ферросплавов, плавки и рафинирования меди и никеля и переработки различного рудного сырья. При плавке металлов или сплавов с высокой (металлической) электропровадностью можно работать только с открытой дугой, горящей на поверхности материала, так как погружение электродов в слой материала поведет к короткому замыканию. Работа с закрытой дугой возможна, когда перерабатываемые материалы и продукты имеют ограниченную (не металлическую) электропроводность. Дуговые печи непрямого действия применяются в тех случаях, когда соприкосновение перерабатываемого материала с дугой ухудшает качество продуктов или увеличивает потери, например при плавке некоторых цветных металлов и сплавов (латунь, бронза и др.). Следует особо подчеркнуть, что дуговой электронагрев в отличие от нагрева сопротивлением не имеет каких-либо ограничений по общей мощности печей.

Дуговой электронагрев слагается из процесса преобразования электроэнергии в тепловую, протекающего в горящей дуге, и процесса теплообмена между дугой, материалом и футеровкой. Описание закономерностей первого процесса является предметом так называемой теории дуги и особенно дуги переменного тока большой мощности. Значительный вклад в разработку теории дуги внесли В.В. Петров, В.Ф. Миткевич, С.И. Тельный, И.Т. Жердев, К.К. Хренов, Г.А. Сисоян и др. Вопросами теплообмена между дугой, материалом и футеровкой занимались Д.А. Диомидовский, Н.В. Окороков и др. Электрическая дуга может быть получена при постоянном и переменном токе, но все промышленные печи работают обычно на переменном токе. Для устойчивого горения дуги и ограничения

толчков тока при коротких замыканиях последовательно с ней в электрическую цепь включается индуктивное сопротивление, поглощающее небольшую долю активной мощности. При переменном токе в течение каждого полупериода напряжение сети и сила тока достигают максимума и проходят через нуль. На рис. 21, а показаны теоретические кривые мгновенного значения силы тока и напряжения дуги Iд и Uд и напряжения питающего источника Uист. Когда напряжение источника после перехода через нуль начинает расти, дуга зажигается только при достижении величины напряжения зажигания U1. С этого момента в цепи появляется ток, возрастающий по периодической кривой, отличной От синусоиды. Дуга затухает при напряжении затухания т. е. раньше перехода через нуль напряжения источника, и в этот момент прекращается ток. После перехода через нуль все описанные явления повторяются. Таким образом, ток в дуге идет прерывисто и дуга то зажигается, то погасает. Длительность перерывов в горении дуги зависит от многих факторов и, в частности, от материала электродов, степени разогрева печного пространства и др. Понятно, что прерывистая дуга снижает эффективность дугового нагрева и поэтому должны создаваться условия, обеспечивающие непрерывное горение дуги переменного тока. Основным средством для непрерывного горения дуги переменного тока является последовательное включение в цепь дуги индуктивного сопротивления, что видно из рис. 21, б и в. Исследование дифференциального уравнения дуги переменного тока, имеющей в цепи активное и индуктивное сопротивления, определило соотношение величин индуктивного X и активного R сопротивлений, обеспечивающее непрерывное горение дуги при заданных напряжениях источника Uист и дуги Uд (рис. 22).

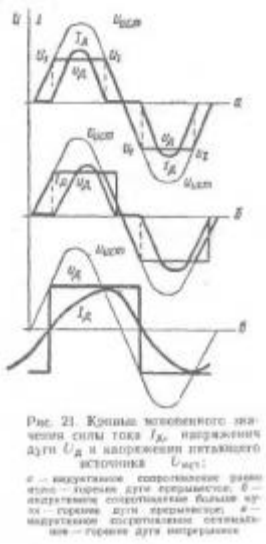


Рис. 21. Кривые мгновенного значения силы тока $I_д$, напряжения дуги $U_д$ и напряжения питающего источника $U_{ист}$:
а — индуктивное сопротивление равно нулю — горение дуги прерывистое; б — индуктивное сопротивление больше нуля — горение дуги прерывистое; в — индуктивное сопротивление оптимальное — горение дуги непрерывное

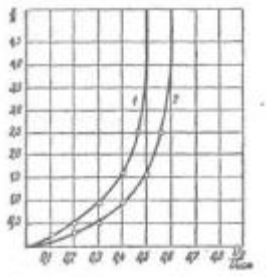


Рис. 22. Условия устойчивого горения дуги переменного тока для цепи, имеющей индуктивное и активное сопротивление (по С. Н. Тельному и Н. Т. Жарскому):
1 — однофазная дуга; 2 — трехфазная дуга

Эффективность дугового нагрева в весьма большой степени зависит от электрического режима горящей дуги и, в первую очередь, от величин напряжения и силы тока.

В настоящее время еще не создана научно обоснованная методика определения наивыгоднейшего напряжения для питания дуговых печей. Поэтому напряжение выбирают по данным заводской практики в пределах от 100 до 600 в, причем более высокое напряжение обычно принимается для дуговых печей большой мощности и для печей с закрытой дугой. Связь максимального рабочего напряжения Uлин и номинальной мощности печи Рном принято выражать эмпирической формулой

$$U_{лин} = kP^{n}_{ном} \qquad (46)$$

где k и n — эмпирические коэффициенты, имеющие различные значения в зависимости от типа печи и характера процесса. Например для дуговых сталеплавильных печей к = 15; n = 0,33. Работа на повышенном напряжении более рациональна, так как снижает потери электроэнергии и увеличивает длину и тепловое излучение дуги. Верхний предел напряжения (600 в) обусловлен в основном условиями электрической изоляции печи и безопасности обслуживающего персонала.
После определения величины напряжения выбор других показателей электрического режима электропечной установки с дуговым нагревом — оптимальной силы тока, cos φ и к. п. д. — производится по ее рабочим характеристикам. Рабочие характеристики дуговых печей находят построением круговых диаграмм: для действующих заводских печей снимают с натуры, для вновь проектируемых печей — по расчетным данным.
Для теории дугового нагрева и расчета дуговых печей весьма большое значение имеет процесс теплообмена между горящей дугой и перерабатываемыми в печи материалами. Однако теория теплообмена в рабочем пространстве дуговых печей находится еще в начальной стадии своего развития и требует дальнейшей углубленной разработки.

Смешанный электронагрев

Этот тип нагрева, являющийся результатом совместного тепловыделения в электрической дуге и в сопротивлении слоя шихты или расплавов, имеет основное значение для рудно-термических печей, выплавляющих ферросплавы, чугун и перерабатывающих рудное сырье и полупродукты цветной металлургии и химической промышленности.
в наиболее сложном случае электрический ток, проходящий через дугу и слои шихты, шлака и металла, преобразуется в них в тепловую энергию Qдуги, Qшихты, Qшлака, Q металла, печи Робщ представляет сумму перечисленных тепловыделений. Принципиальная схема расчета всех этих тепловыделений и связь их с геометрией горна рудно-термических печей была в свое время

освещена автором но для точного расчета тепловыделений не достает еще очень многих данных по термической характеристике дуги, электросопротивлениям шихты и расплавов, форме и размерам токопроводящих участков и т. п. Соответственно предложенный автором методом расчета руднотермических электропечей носит пока ориентировочный характер и имеет ограниченное применение. Для цветной металлургии наибольшее значение имеют рудно-термические печи, работающие с электродами, погруженными в толстый слой шлака, в которых происходит смешанный электронагрев, складывающийся из двух основных составляющих: Qдуги и Qшлака.

М.С. Максименко предложил разделять все электротермические процессы на две основные группы; 1) процессы, в которых доля энергии, поглощаемая в дуге p, больше доли энергии, поглощаемой в шихте и расплавах 2) процессы, у которых $p < q$. Применительно к этой классификации им были даны весьма полезные рекомендации по выбору вторичного напряжения, удельной мощности и размеров горна электрических печей. М.С. Максименко одним из первых провел изучение электроплавки сульфидных медно-никелевых руд России на штейн и его работы явились ценным вкладом в теорию смешанного электронагрева. В последующем закономерности работы рудно-термических печей цветной металлургии были исследованы автором на моделях и заводских печах, что позволило сформулировать основные положения теории этих печей, освещенные в главе «Электроплавка руд и концентратов».

Индукционный электронагрев

Индукционный электронагрев осуществляется по принципу трансформатора, у которого вторичная обмотка замкнута на. себя, в результате чего индуктируемый электрический ток преобразуется в тепловую энергию. Роль вторичной обмотки играет обычно сам нагреваемый материал. Электрическая энергия, подводимая в первичную обмотку (индуктор), совершает сложный переход в энергию быстропеременного магнитного поля, которая, в свою очередь, вновь переходит во вторичной цепи в электрическую энергию, преобразуемую здесь за счет сопротивления цепи в тепловую энергию. Если нагреваемый материал ферромагнитен, те часть энергии переменного магнитного поля преобразуется в тепловую энергию непосредственно, без перехода в электрическую энергию.

Наибольшее распространение в технике имеют два типа индукционных печей: 1) печи с железным сердечником; 2) печи без сердечника — высокочастотные.

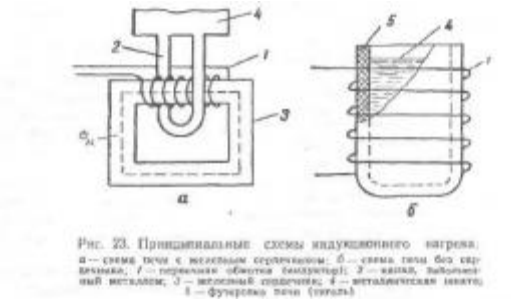


Рис. 23. Принципиальные схемы индукционного нагрева:
а — схема печи с железным сердечником; б — схема печи без сердечника; 1 — первичная обмотка (индуктор); 2 — канал, заполненный металлом; 3 — железный сердечник; 4 — металлическая накладка; 5 — футеровка печи (тигель)

Печи с железным сердечником имеют принципиальную схему (рис. 23, а), похожую на схему обычного трансформатора, у которого первичная обмотка насажена на железный сердечник, а вторичная представлена замкнутым кольцом расплавленного металла, т. е. совмещена с нагрузкой. В результате энергичной циркуляции металл, нагреваемый в кольцевом канале, поднимается вверх в рабочее пространство печи и, соприкасаясь с находящейся там шихтой, нагревает и расплавляет ее.
Печи без сердечника по своей схеме представляют воздушный трансформатор (рис. 23, б), первичной обмоткой которого является медная катушка — индуктор, а вторичная—сама металлическая шихта, загруженная в тигель.
Действующее значение индуктируемой электродвижущей силы Е. в, зависит от амплитудной величины полезного магнитного потока Фм, вб, частоты переменного тока f, пер/сек, числа витков обмотки w, и выражается формулой

$$E = 4{,}44\Phi_м f w \text{ в}. \qquad (47)$$

В печах с железным сердечником величина достаточно большая благодаря концентрации полезного магнитного потока в сердечнике, а в печах без сердечника величина мала из-за большого магнитного рассеивания. Вследствие этого в индукционных печах с железным сердечником необходимая величина электродвижущей силы Е легко достигается на переменном токе с нормальной и пониженной частотой (f<50 гц), в то время как для печей без железного сердечника малое значение Фм приходится компенсировать повышением частоты питающего переменного тока, которая для большинства бессердечниковых печей находится в пределах 500—10000 гц. Именно по этой причине индукционные печи без железного сердечника обычно называются высокочастотными печами.
Основные преимущества индукционного нагрева следующие: выделение тепла прямо в массе нагреваемого материала, что уменьшает роль теплообменных процессов, обеспечивает более равномерный прогрев материала и значительно повышает термический к. п. д. индукционных печей; исключительная чистота рабочего пространства печей (обусловленная отсутствием загрязняющих его продуктов горения топлива, материалов

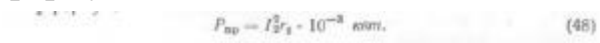
нагревательных элементов и электродов), позволяющая получать особо чистые металлы и сплавы; возможность полной изоляции рабочего пространства печей от окружающего воздуха и ведения плавки в вакууме или в газовой защитной атмосфере; возможность получения весьма высокой температуры, лимитируемой только свойствами нагреваемого материала и огнеупорной кладки; энергичное перемешивание расплавов электромагнитными и тепловыми потоками, позволяющее получать сплавы равномерного химического состава; высокая удельная производительность индукционных печей; большая скорость нагрева и плавления; малые потери металлов от угара; высокая техническая культура печных агрегатов, отсутствие пыли и газов.

К недостаткам индукционного нагрева относятся: пониженный коэффициент мощности, поскольку для печей с железным сердечником cos φ = 0,3/0,8 и для бессердечниковых печей cos φ = 0,03/0,1; ограниченные размеры, мощность и емкость индукционных печей по сравнению с другими агрегатами; сложность электрического оборудования бессердечниковых печей, требующих специальных источников переменного тока высокой частоты и конденсаторных батарей значительной емкости; ограниченная стойкость футеровки каналов печей с железным сердечником и тиглей бессердечниковых печей: низкая температура нагрева шлаков.

Преимущества индукционного нагрева обусловили его широкое распространение. Индукционные печи с железным сердечником являются в настоящее время основным агрегатом для плавки и литья цветных металлов и производства цветных сплавов. Индукционные печи без сердечника применяются для плавки цветных и благородных металлов и для получения качественных стальных отливок. В металлургии меди, никеля и цинка также применяются индукционные печи, работающие на конечных переделах. Индукционный нагрев широко применяется на машиностроительных заводах при термической обработке различных металлических заготовок и изделий.

Теория индукционных печей с железным сердечником базируется на теории однофазного двухобмоточного трансформатора с железным сердечником. Отличие обычного трансформатора от индукционной печи с железным сердечником заключается в том, что у трансформатора вторичная обмотка и сеть потребления (нагрузка) находятся на значительном расстоянии одна от другой, а в индукционной печи вторичная обмотка совмещена с нагрузкой и представлена кольцом расплавленного металла.

Преобразуемая мощность Рпр может быть выражена через вторичный ток I2 и фактическое активное сопротивление металла в канале r2 формулой



Мощность, теряемая в индукторе (электрические потери) Рэл, выражается через первичный ток I1 и фактическое активное сопротивление обмотки индуктора

$$P_{эл} = I_1^2 r_1 \cdot 10^{-3} \text{ квт.} \quad (49)$$

Полная активная (ваттная) мощность индукционной печи с железным сердечником Р будет

$$P = P_{ир} + P_{эл} = (I_2^2 r_2 + I_1^2 r_1) \cdot 10^{-3} \text{ квт.} \quad (50)$$

В теории индукционных печей без железного сердечника эти печи рассматриваются как воздушные трансформаторы, у которых в результате отсутствия замкнутого железного магнитопровода магнитные потоки проходят по перерабатываемой шихте и по воздуху.

Частота питающего индуктор переменного тока f зависит от емкости (мощности) индукционной печи и удельного сопротивления перерабатываемой шихты р2. Исследования показывают, что чем больше емкость печи и ее размеры, в частности диаметр шихты d, см, и чем меньше удельное сопротивление расплавленного металла р2. ом/см3, тем меньше может быть минимальная частота fмин, гц; указанная зависимость выражается формулой

$$f_{мин} > \frac{55 \cdot 10^9 \rho_2}{d^2}. \quad (51)$$

Каждой емкости печи и сопротивлению соответствует определенная оптимальная частота питающего тока, при которой к. п. д. печи достигает возможного максимального значения. Для бессердечниковых печей большой емкости (мощности) оказалось возможным применять пониженную частоту переменного тока, вплоть до нормальной 50 гц.

Активная мощность бессердечниковой печи Ра состоит из мощности, преобразуемой в шихте, и мощности, теряемой в индукторе, и выражается формулой

$$P_a = (I_2^2 R_2 + I_1^2 R_1) \cdot 10^{-3} \text{ квт.} \quad (52)$$

где R_2 и R_1 — активное сопротивление шихты и индуктора, ом;
I_1 и I_2 — сила тока в шихте и индукторе, а.

На основании закономерностей процессов горения топлива и преобразования электрической энергии в тепловую могут решаться следующие наиболее важные задачи по теории, эксплуатации и проектированию металлургических печей:

а) выбор системы нагрева печей (углеродистое топливо или электроэнергия);

б) выбор типа и сорта топлива и системы его сжигания;

в) выбор параметров электроэнергии и системы ее преобразования в тепловую энергию;

г) расчеты процессов горения топлива;
д) выбор и расчет топочных устройств;
е) расчет и конструирование электрических печей.

Лабораторное занятие 2

Тема: «Выбор электрооборудования для взрыво- и пожароопасных помещений»

Цель: научиться делать правильный выбор для взрыво и пожароопасных помещений.

Современные предприятия характеризуются использованием, переработкой и получением большого количества пожаровзрывоопасных продуктов. Производственные процессы этих предприятий связаны с реальной опасностью образования взрывоопасной среды, которая может воспламениться от искр замыкания и размыкания электрических цепей и нагретых частей электрооборудования.

Взрывоопасной средой являются смеси веществ (газов, паров, пылей) с воздухом и другими окислителями (кислородом, озоном, хлором, окислами азота и др.), способные к взрывчатому превращению, а также индивидуальные вещества, склонные к взрывному разложению (ацетилен, озон, гидразин, аммиачная селитра и др.).

Основными параметрами, характеризующими взрывоопасность среды, являются: температура вспышки; концентрационные и температурные пределы воспламенения; температура самовоспламенения; нормальная скорость распространения пламени; минимальное взрывоопасное содержание кислорода (окислителя); минимальная энергия зажигания; чувствительность к механическому воздействию (удару и трению).

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

В зависимости от численного значения температуры вспышки жидкости подразделяются на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ).

К ***легковоспламеняющимся жидкостям*** относятся жидкости с температурой вспышки не более 61°С в закрытом или 66°С в открытом тигле. Для ЛВЖ температура воспламенения обычно на 1–5°С выше температуры вспышки, а для горючих жидкостей эта разница может достигать 30–35°С. К ЛВЖ относятся, например, бензин, керосин, ацетон и др., к ГЖ – минеральные и растительные масла и др.

Температура самовоспламенения – это наименьшая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения с пламенем. Значение температуры самовоспламенения используется при определении группы взрывоопасной

смеси для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

По температуре самовоспламенения взрывоопасные смеси газов и паров подразделяют на шесть групп (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Классификация взрывоопасных смесей по температуре самовоспламенения

Группы взрывоопасных смесей	Температура самовоспламенения, °С
Т1	Свыше 450
Т2	Свыше 300 до 450 включ.
Т3	Свыше 200 до 300 включ.
Т4	Свыше 135 до 200 включ.
Т5	Свыше 100 до 135 включ.
Т6	Свыше 85 до 100 включ.

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени (НКПРП и ВКПРП) – минимальное (максимальное) содержание горючего в смеси горючее вещество – окислительная среда, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания. Внутри этих пределов смесь горюча, а вне их – смесь гореть неспособна.

Значения концентрационных пределов применяются при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, при расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей внутри технологического оборудования и трубопроводов, при проектировании вентиляционных систем, а также при расчете предельно допустимых взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей в воздухе рабочей зоны с потенциальными источниками зажигания, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

На рис. 13.1 представлена зависимость скорости процесса горения взрывоопасных смесей от концентрации газов и паров.



Рис. 13.1. Зависимость скорости процесса горения взрывоопасных смесей от концентрации газов и паров

Максимальная скорость процесса горения достигается при **стехиометрической концентрации**, т. е. при концентрации, состав которой точно соответствует количественному содержанию веществ, соединяемых друг с другом при реакции горения.

Интервал между нижним и верхним пределами называется **областью воспламенения**. Величины пределов воспламенения используют при расчете допустимых концентраций внутри технологических аппаратов, систем рекуперации, вентиляции, а также при определении предельно допустимой взрывоопасной концентрации (ПДВК) паров и газов при работе с использованием искрящего инструмента.

Для газов и паров жидкости НКПРП и ВКПРП определяются в объемных процентах, для пыли и волокон – в граммах на кубический метр.

Аэровзвеси в зависимости от НКПРП делятся на ***особо взрывоопасные*** с НКПРП ≤ 15 г/м^3, ***взрывоопасные*** с НКПРП ≤ 65 г/м^3 и ***пожароопасные*** с НКПРП > 65 г/м^3.

Кроме объемных пределов воспламенения для паров ЛВЖ и ГЖ имеются температурные пределы распространения пламени.

Температурные пределы распространения пламени (НТПРП и ВТПРП) – такие температуры вещества, при которых его насыщенный пар образует в окислительной среде концентрации, равные соответственно НКПРП и ВКПРП.

Температурные пределы воспламенения учитывают при расчете безопасных температурных режимов закрытых технологических аппаратов с жидкостями и летучими твердыми веществами, работающих при атмосферном давлении. Безопасной для образования взрывоопасных паровоздушных смесей следует считать температуру вещества на 10°С ниже НТПРП или на 15°С выше ВТПРП.

Нормальная скорость распространения пламени – скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего газа в направлении, перпендикулярном к его поверхности. Такое неосложненное горение называется ***нормальным***, а скорость перемещения пламени по неподвижной смеси вдоль нормали к его поверхности – нормальной скоростью пламени $V_н$, см/с.

Значение нормальной скорости распространения пламени применяется в расчетах скорости нарастания давления взрыва газо- и паровоздушных смесей в закрытом, негерметичном оборудовании и помещениях; критического (гасящего) диаметра при разработке и создании огнепреградителей; площади легко сбрасываемых конструкций, предохранительных мембран и других разгерметизирующих устройств; при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Минимальная энергия зажигания – наименьшая энергия электрического разряда, способная воспламенить наиболее легко воспламеняющуюся смесь горючего вещества с воздухом.

Значение минимальной энергии зажигания применяется при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасных условий переработки горючих веществ и электростатической искробезопасности технологических процессов.

Для ориентировочного расчета минимальной энергии зажигания паров и газов в воздухе E_{min}, мДж, применяется формула

$$E_{min} = 0{,}049 \cdot d_{кр}^{2,2}, \qquad (13.1)$$

где $d_{кр}$ – критический зазор, величину которого можно получить расчетным путем или на основе справочных данных, мм.

Критическим зазором (диаметром) называется максимальный диаметр трубки, через который невозможно распространение пламени горючей смеси.

С критическим диаметром (зазором) связано также определение **категории взрывоопасной смеси**, которая характеризует способность газопаровоздушной смеси передавать взрыв через узкие щели и фланцевые зазоры.

В соответствии с ГОСТ 30852.11-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам» взрывоопасные смеси газов и паров подразделяются на категории взрывоопасности в зависимости от величины **безопасного экспериментального максимального зазора** (БЭМЗ) и значения соотношения между минимальным током воспламенения испытуемого газа или пара к **минимальному току воспламенения метана** (МТВ).

БЭМЗ – это экспериментальный максимальный зазор, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего в воздухе.

Если шарообразную оболочку (рис. 13.2), части которой соединены между собой плоскими поверхностями, заполнить газопаровоздушной смесью и поместить в пространство с этой же смесью, то при поджигании ее в оболочке пламя, проникая через зазор (щель) между прилегающими поверхностями длиной *а*, может воспламенить окружающую среду, т. е. передать взрыв наружу. При определенных значениях длины и ширины зазора *б* в нем происходит затухание пламени. Это обусловлено тем, что тепловыделение при горении взрывоопасной смеси, заключенной в объеме зазора, меньше теплоотдачи к стенкам зазора. В узких каналах вследствие потерь тепла на стенки происходит понижение температуры в зоне реакции, уменьшение скорости распространения пламени, и пламя гаснет. Зазор между плоскими поверхностями длиной 25 мм, при котором частота передачи взрывов из стандартной оболочки составляет 50%, принят за критический пламегасящий.

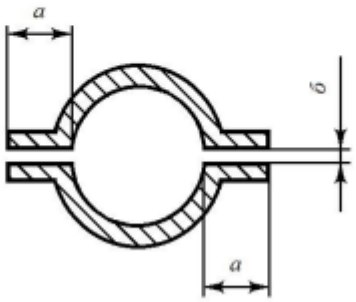


Рис. 13.2. Шарообразная оболочка для определения величины тушащего зазора:
а и *б* – длина и ширина зазора

Взрывоопасные смеси подразделяются на категории:

I – метан на подземных горных работах;

II – газы и пары, за исключением метана на подземных горных работах.

В зависимости от значения БЭМЗ и МТВ газы и пары категории II подразделяются согласно табл. 13.2.

Таблица 13.2

Категории взрывоопасности смесей в зависимости от величины БЭМЗ и МТВ

Категория взрывоопасности смесей	Величина БЭМЗ, мм	Величина МТВ
IIA	0,9 и более	более 0,8
IIB	более 0,5, но менее 0,9	от 0,4 до 0,8 включ.
IIC	0,5 и менее	менее 0,45

Для классификации большинства газов и паров достаточно использовать или БЭМЗ, или соотношение МТВ.

Одного критерия достаточно в следующих случаях:

- для категории IIA – БЭМЗ превышает 0,9 мм или соотношение МТВ превышает 0,9;
- для категории IIB – БЭМЗ от 0,55 до 0,9 мм или соотношение МТВ от 0,5 до 0,8;
- для категории IIC – БЭМЗ меньше 0,5 мм или соотношение МТВ меньше 0,45.

Необходимо определять как БЭМЗ, так и соотношение МТВ, когда известны только:

- соотношения МТВ, и они находятся в диапазоне 0,8–0,9 или 0,45–0,5 (тогда требуется определение БЭМЗ);
- БЭМЗ, и его значение находится в диапазоне 0,5–0,55 мм (тогда требуется определение соотношения МТВ).

Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам приведено в табл. 13.3.

Таблица 13.3

Распределение некоторых взрывоопасных смесей по категориям и группам

Категория взрывоопасных смесей	Группы взрывоопасных смесей в зависимости от температуры самовоспламенения					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	2	3	4	5	6	7
I	Метан в подземных выработках	–	–	–	–	–

Окончание табл. 13.3

1	2	3	4	5	6	7
IIA	Аммиак, ацетон, бензол, винил хлористый, кислота уксусная, ксилол, оксид углерода, пропан, растворители Р-4, Р-5, РС-1, толуол, этан и др.	Амилацетат, ангидрид уксусной кислоты, бензин Б 95/130, бутан, винилацетат, изооктан, изопентан, метиламин, растворители Р-40: № 646–649, РС-2, БЭФ, этиловый спирт и др.	Амиловый спирт, бензины: А-72, А-76, Б-70, гексан, гептан, камфен, керосин, нефть сырая, скипидар, триметиламин, уайт-спирит, циклогексан и др.	Альдегид изомасляный, альдегид масляный, альдегид уксусный, декан и др.	–	–
IIB	Коксовый газ, синильная кислота	Камфорное масло, кислота акриловая, формальдегид, фурфурол, этилен и др.	Акролеин, изопропенилацетилен, сероводород, формальгликоль и др.	Альдегид пропионовый, дибутиловый эфир, диэтиловый эфир и др.	–	–
IIC	Водород, водяной газ, светильный газ	Ацетилен	Метилдихлорсилан, трихлорсилан	–	Сероуглерод	–

Движение пламени по газовой смеси называется распространением пламени. В зависимости *от скорости распространения пламени* горение может быть диффузионным (несколько метров в секунду), дефлаграционным или взрывным (несколько десятков и сотен метров в секунду) и детонационным (тысячи метров в секунду).

При горении химически неоднородных горючих систем, в которых горючее вещество и воздух не перемешаны и имеют поверхности раздела (например, твердые материалы и жидкости), время диффузии кислорода к горючему веществу намного больше времени, необходимого для протекания химической реакции. В этом случае процесс протекает в диффузионной области, т. е. горение

будет ***диффузионным***. Такой вид горения представляют собой все пожары.

Если время физической стадии перемешивания горючих веществ с окислителем намного меньше времени протекания самой химической реакции, то такой процесс горения называют ***кинетическим***, и он может протекать в виде взрыва.

Для ***дефлаграционного горения*** характерна передача тепла от слоя к слою, а пламя, возникающее в нагретой и разбавленной активными радикалами и продуктами реакции смеси, перемещается в направлении исходной горючей смеси. Это объясняется тем, что пламя становится источником, который выделяет непрерывный поток тепла и химически активных частиц. В результате этого фронт пламени перемещается в сторону горючей смеси.

Когда скорость распространения пламени составляет десятки и сотни метров в секунду, но не превышает скорости распространения звука в данной среде (344 м/с в атмосфере при нормальных условиях), происходит взрывное горение или взрыв.

Согласно ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ «Взрывобезопасность. Общие требования», **взрыв** – быстрое экзотермическое химическое превращение взрывоопасной среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных проводить работу.

Взрыв, как правило, приводит к возникновению интенсивного роста давления. В окружающей среде образуется и распространяется ударная волна.

Ударная волна имеет разрушительную способность, если избыточное давление в ней выше 15 кПа. Она распространяется в газе перед фронтом пламени со звуковой скоростью – 330 м/с. При взрыве исходная энергия превращается в энергию нагретых сжатых газов, которая переходит в энергию движения, сжатия и разогрева среды. Возможны различные виды исходной энергии взрыва – электрическая, тепловая, энергия упругого сжатия, атомная, химическая.

Основными факторами, характеризующими опасность взрыва, являются: максимальное давление и температура взрыва; скорость нарастания давления при взрыве; давление во фронте ударной волны; дробящие и фугасные свойства взрывоопасной среды.

Общее действие взрыва проявляется в разрушении оборудования или помещения, вызываемом ударной волной, а также в выделении вредных веществ (продуктов взрыва или содержащихся в оборудовании).

Максимальное давление взрыва (P_{max}) – наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном взрыве газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Скорость нарастания давления при взрыве (dP/dt) – производная давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва газо-, паро-, пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде от времени. При этом различают максимальную и среднюю скорости нарастания давления при взрыве. При установлении максимальной скорости используют приращение давления на прямолинейном участке зависимости давления взрыва от времени, а при определении средней скорости – участок между максимальным давлением взрыва и начальным давлением в сосуде до взрыва.

Обе эти характеристики являются важными факторами для обеспечения взрывозащиты. Их используют при установлении категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, при расчетах предохранительных устройств, при разработке мероприятий по пожаро- и взрывобезопасности технологических процессов.

При взрывном горении продукты горения могут нагреваться до 1500–3000°С, а давление в закрытых системах достигать 0,6–0,9 МПа.

В определенных условиях взрывное горение может перейти в детонацию, когда скорость распространения пламени превышает скорость звука и может достигать 5000 м/с.

Детонация есть процесс химического превращения системы окислитель – восстановитель, представляющий собой совокупность ударной волны, распространяющейся с постоянной скоростью и превышающей скорость звука, и следующей за фронтом зоны химических превращений исходных веществ. Химическая энергия, выделяющаяся в детонационной волне, подпитывает ударную волну, не давая ей затухать.

На взрывоопасных и пожароопасных производствах электроустановки могут служить источниками воспламенения. Например, неправильная эксплуатация или неисправность электрооборудования может привести к его перегреву или появлению искр, которые могут вызвать пожар или взрыв.

В связи с этим Правила устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривают *классификацию производственных помещений и наружных установок по взрывоопасным и пожароопасным зонам*.

При этом класс взрывоопасных и пожароопасных зон, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяют технологи совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации, исходя из характеристики взрывоопасности и пожароопасности окружающей среды.

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

Взрывоопасная смесь – смесь с воздухом горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом распространения пламени не более 65 г/м^3 при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва.

ПУЭ устанавливают: если объем взрывоопасной смеси составляет более 5% свободного объема помещения, то все помещение относится к соответствующему классу взрывоопасности.

Если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5% свободного объема помещения, то взрывоопасной считается зона в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, у которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ. Помещения за пределами взрывоопасной зоны считают невзрывоопасными, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Согласно ПУЭ, *по содержанию горючих газов и паров легковоспламеняю-*

щихся жидкостей предусмотрено три класса взрывоопасных зон помещений (В-I, В-Iа, В-Iб); для наружных установок – один класс (В-Iг); по содержанию взрывоопасных пылей – два класса (В-II и В-IIа). Наиболее опасными являются зоны классов В-I и В-II.

Зоны класса В-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

Зоны класса В-Iа – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-Iб – те же зоны, что и в классе В-Iа, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

1) горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);

2) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в своей верхней части. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и статерных аккумуляторных батарей).

Пункт 2 не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения электромашинного помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением; эти электромашинные помещения имеют нормальную среду.

К классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны класса В-Iг – пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

К зонам класса В-Iг также относятся: пространства у проемов за наружны-

ми ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-I, В-Iа и В-II (исключение – проемы окон, заполненные стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Зоны класса В-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-IIа – зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, свойственные зонам класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

ПУЭ подразделяют пожароопасные зоны на следующие классы:

- **зоны класса П-I** – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°С;
- **зоны класса П-II** – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха;
- **зоны класса П-IIа** – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;
- **зоны класса П-III** – расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°С или твердые горючие вещества.

Во взрывоопасных зонах помещений разрешается устанавливать только взрывозащищенное электрооборудование. В пожароопасных зонах используется электрооборудование закрытого типа, внутренняя полость которого отделена от внешней среды оболочкой.

Взрывозащищенное электрооборудование – электротехническое изделие (электротехническое устройство, электрооборудование) специального назначения, которое выполнено таким образом, что устранена или затруднена возможность воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого изделия.

Согласно ГОСТ 30852.0-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования», взрывозащищенное электрооборудование подразделяется *по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам*.

Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

электрооборудование повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное электрооборудование и особовзрывобезопасное электрооборудование.

Уровень «Электрооборудование повышенной надежности против взрыва» – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы. Знак уровня – 2.

Уровень «Взрывобезопасное электрооборудование» – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня – 1.

Уровень «Особовзрывобезопасное электрооборудование» – взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня – 0.

Для обеспечения необходимого уровня взрывозащиты в оборудовании используют специальные **виды взрывозащиты,** под которыми понимают конструктивные средства и меры, обеспечивающие невоспламенение окружающей взрывоопасной среды от электрических искр, дуг, пламени, нагретых частей.

Виды взрывозащиты обозначаются латинскими буквами и обозначают следующее:

o – масляное заполнение оболочки; все нормально искрящиеся части погружены в минеральное масло либо любой жидкий негорючий диэлектрик, что исключает возможность соприкосновения между ними и взрывоопасными смесями;

p – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением чистым воздухом или инертным газом;

q – кварцевое заполнение оболочки;

d – взрывонепроницаемая оболочка, которая выдерживает давление взрыва внутри ее и предотвращает распространение взрыва в окружающую взрывоопасную среду через зазоры или отверстия;

e – защита вида «е», заключается в том, что в электрооборудовании (или его части), не имеющем нормально искрящих частей, принят ряд мер, дополнительно используемых в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, искр, дуг;

i – искробезопасная электрическая цепь, в которой электрический разряд или нагрев цепи не могут воспламенить окружающую среду. Имеет следующие уровни:

ia – опасная ситуация не может возникнуть при нормальной эксплуатации при помехах на линии и при любых комбинациях двух возможных неисправностей;

ib – опасная ситуация не может возникнуть при нормальной эксплуатации при помехах на линии и одной неисправности. После главного вида защиты может указываться дополнительной;

ic – искробезопасные цепи этого уровня не должны вызывать воспламенение взрывоопасной смеси в стандартных условиях испытаний от теплового воз-

действия и от искрений с вероятностью большей 10^{-3} при нормальной работе и введении всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия;

m – герметизация компаундом. Компаунды – термоактивная, термопластическая полимерная смола (отверждаемая в естественных условиях) и эластомерные материалы с наполнителями и (или) добавками или без них после затвердевания;

n – защита вида «n», заключается в том, что при конструировании электрооборудования общего назначения приняты дополнительные меры защиты для того, чтобы в нормальном и некоторых ненормальных режимах работы оно не могло стать источником дуговых и искровых разрядов, а также нагретых поверхностей, способных вызвать воспламенение окружающей взрывоопасной смеси;

s – специальный вид взрывозащиты, который отличается от вышеприведенных. Например, токоведущие части залиты эпоксидными смолами и заключены в оболочку под давлением воздуха.

Виды взрывозащиты, обеспечивающие различные уровни взрывозащиты, различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности, оговоренными в стандартах на соответствующие виды взрывозащиты.

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется *на две группы* (табл. 13.4).

Таблица 13.4

Группы взрывозащищенного электрооборудования по области его применения

Электрооборудование	Знак группы
Рудничное, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников	I
Для внутренней и наружной установки (кроме рудничного)	II

Электрооборудование группы II, имеющее виды взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «Искробезопасная электрическая цепь», подразделяется на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей согласно табл. 13.5.

Таблица 13.5

Подгруппы электрооборудования группы II с видами взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «Искробезопасная электрическая цепь»

Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
IIA	IIA
IIB	IIA и IIB
IIC	IIA, IIB и IIC

Электрооборудование группы II в зависимости от значения максимальной температуры поверхности подразделяется на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей (табл. 13.6).

Температурные классы электрооборудования группы II

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °С	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1–T3
T4	135	T1–T4
T5	100	T1–T5
T6	85	T1–T6

В **маркировку по взрывозащите электрооборудования** группы II в указанной ниже последовательности входят:

- знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1 или 0);
- знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- знак вида взрывозащиты (o, p, q, d, e, ia, ib, ic, m, n или s);
- знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB или IIC);
- знак максимальной температуры поверхности, или температурного класса электрооборудования (T1–T6), или же то и другое вместе (например, 350°C(T1)).

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования должна выполняться в виде цельного рельефного знака в удобном месте оболочки электрооборудования или на табличке, прикрепляемой к оборудованию. Например, 2ExeIIT3.

В маркировке по взрывозащите могут иметь место дополнительные знаки и надписи в соответствии со стандартами на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты.

Оборудование сохраняет взрывозащиту, если находится в среде со взрывоопасной смесью тех категорий и групп, для которых выполнена его взрывозащита, или в среде со взрывоопасной смесью менее опасной категории и группы. Если в среде присутствует несколько веществ, то выбор электрооборудования производится по наиболее опасному из них.

Согласно требованиям ГОСТ 30852.0-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования», соответствующие уровни взрывозащиты могут обеспечиваться:

- для электрооборудования повышенной надежности против взрыва (уровень 2):

– взрывозащитой вида «i» с уровнем искробезопасной электрической цепи «ic» и выше;

– взрывозащитой вида «p», имеющей устройство сигнализации о недопустимом снижении давления;

– взрывозащитой вида «q»;

– защитой вида «e»;

– взрывозащитой вида «d»;

– масляным заполнением для электрооборудования групп II и заполнением негорючей жидкостью для электрооборудования групп I оболочек, удовлетворяющих требованиям взрывозащиты вида «o»;

• для взрывобезопасного электрооборудования (уровень 1):

– взрывозащитой вида «i»;

– взрывозащитой вида «p», с устройством сигнализации и автоматического отключения напряжения питания;

– взрывозащитой вида «d» для взрывобезопасного электрооборудования;

– специальным видом взрывозащиты «s»;

– защитой вида «e», заключенной во взрывонепроницаемую оболочку;

– заключением в оболочку, предусмотренную для защиты вида «p» с устройством сигнализации о снижении давления ниже допустимого значения электрооборудования группы II с защитой вида «e»;

• для особовзрывобезопасного электрооборудования (уровень 0):

– взрывозащитой вида «i»;

– специальным видом взрывозащиты «s»;

– взрывобезопасным электрооборудованием с дополнительными средствами взрывозащиты (например, заключением искроопасных частей, залитых компаундом или погруженных в жидкий или сыпучий диэлектрик, во взрывонепроницаемую оболочку, или продуванием взрывонепроницаемой оболочки чистым воздухом под избыточным давлением при наличии устройств контроля давления, сигнализации и автоматического отключения напряжения при недопустимом снижении давления или при повреждении взрывонепроницаемой оболочки).

В соответствии с ГОСТ 30852.13-2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)» при выборе электрооборудования для взрывоопасных зон необходимо:

• установить класс взрывоопасной зоны на основе анализа применяемых веществ и материалов, свойств окружающей среды;

• определить категорию и группу взрывоопасной смеси;

• подобрать требуемое исполнение электрооборудования;

• по справочнику найти конкретную марку электрооборудования.

Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять требованиям по взрывозащите.

Применение во взрывоопасных зонах переносных электроприемников (машин, аппаратов, светильников и т. п.) следует ограничивать случаями, когда их применение необходимо для нормальной эксплуатации.

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено соответственно от воздействия химически активной среды, сырости и пыли.

Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодно также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т. п.).

Во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIа рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах класса В-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса В-IIа – электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли.

Применение взрывозащищенного электрооборудования, предназначенного для работы в средах взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, и электрооборудования общего назначения с соответствующей степенью защиты оболочки допускается при условии, если температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна (при работе электрооборудования с номинальной нагрузкой и без наслоения пыли), будет не менее чем на 50°С ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.

Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах производиться по табл. 13.7, 13.8.

Таблица 13.7

Допустимый уровень взрывозащиты электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты
В-I	Взрывобезопасный
В-Iа, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку
В-II	Взрывобезопасный
В-IIа	Без средств взрывозащиты. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку

При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки. Например, вместо электрооборудования уровня «Повышенная надежность против взрыва» может быть установлено электрооборудование уровня «Взрывобезопасное» или «Особовзрывобезопасное».

Таблица 13.8

Допустимый уровень взрывозащиты стационарных электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты светильника
В-I	Взрывобезопасный с учетом категории и группы взрывоопасной смеси
В-Iа, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты (степень защиты оболочки IP53)
В-II	Повышенной надежности против взрыва. Любой взрывозащищенный
В-IIа	Стационарный (степень защиты оболочки IP53); переносной (повышенной надежности против взрыва)

В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61°С, может применяться любое взрывозащитное электрооборудование для любых категорий и групп с температурой нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

Для предупреждения взрыва необходимо исключать образование взрывоопасной среды и возникновение источника инициирования взрыва.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва обеспечивается: регламентацией огневых работ, ограничением нагрева оборудования ниже температуры самовоспламенения взрывоопасной смеси; применением неискрящихся материалов, средств защиты от атмосферного и статического электричества, блуждающих токов и т. д.; применением быстродействующих средств защитного отключения возможных источников инициирования взрыва; ограничением мощности электромагнитных и других излучений; устранением опасных тепловых проявлений химических реакций и механических воздействий, применением взрывозащищенного электрооборудования.

2. Экспериментальная часть

2.1. Устройство стенда ОТ 17 для определения величины тушащего зазора

Стенд состоит из корпуса *6*, толстостенного сосуда *2*, рассчитанного на давление 10 МПа, системы зажигания горючей смеси, системы для продувания полостей сосудов, предохранительного щитка *5* (рис. 13.3).

Сосуд имеет две полости *2* и *7*, каждая объемом 1 л. В перегородке *8*, которая разделяет сосуд, установлена втулка *10* с коническим отверстием, имеющим длину 25 мм. В отверстии расположена коническая пробка *9* с резьбой на хвостовике *13*. Хвостовик резьбой входит в гайку *14*, которая снабжена диском *15* с нанесенными на его поверхность делениями *11*. Выхлопной штуцер *1* имеет пластину *12* для закрепления разрывной мембраны *19*. Под пластину *12* закладывают листок плотного, но непрочного материала, например кальку, – разрывную мембрану.

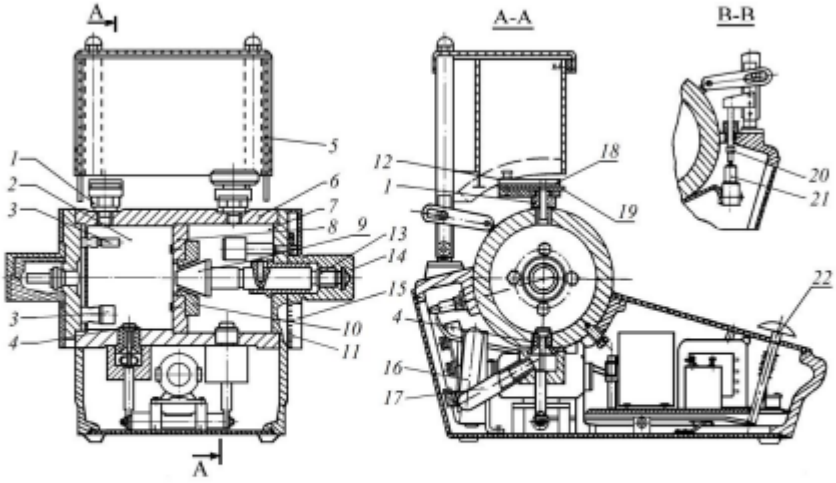


Рис. 13.3. Устройство стенда ОТ 17 для определения величины тушащего зазора:
1 – выхлопной штуцер; 2 – левая полость; 3 – выступ; 4 – клапан; 5 – щиток;
6 – корпус; 7 – правая полость; 8 – перегородка; 9 – коническая пробка;
10 – втулка; 11 – деления диска; 12 – пластина; 13 – хвостовик; 14 – гайка;
15 – диск; 16 – вентилятор; 17 – трубопровод; 18 – зажим; 19 – разрывная
мембрана; 20 – стержень; 21 – конечный выключатель; 22 – кнопка

Обе полости *2* и *7* посредством клапана *4* соединены трубопроводом *17* с вентилятором *16*. Полость *2* имеет два выступа, полость *7* – один *3*, назначение их – увеличить поверхность испарения залитой взрывоопасной жидкости.

При заливке очередной порции взрывоопасной жидкости в камеры *2* и *7* необходимо приподнять щиток *5*, при этом посредством стержня *20* и конечного выключателя *21* с целью безопасности обслуживания обесточивается система зажигания. Фрикционное торможение щитка в приподнятом положении обеспечивается фрикционными шайбами.

Открывание клапанов *4*, продувание камер *2* и *7* производится вручную, нажатием на кнопку *22*. При этом открываются клапаны в обе камеры и одновременно включается вентилятор *16* посредством микропереключателя.

2.2. Принцип работы стенда

Определенное количество легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) для создания стехиометрической концентрации, например, ацетона, закапывают через отверстие штуцеров *1* в полость сосуда.

При этом жидкость попадает на верхний и нижний выступы *3*, растекается по ним, в результате чего происходит интенсивное испарение. По истечении определенного периода времени, достаточного для испарения (2–5 мин), пары ацетона, смешиваясь с воздухом в полостях, заполняют весь объем стенда. Поворотом гайки *14* пробка *9* выводится на определенный размер, образуя концентрический зазор. Величину зазора определяют на диске *15* по делениям *11*.

Установление зазора производится поворотом диска *15* только в одну сторону, при этом выбирается люфт в резьбе.

На панели *1* (рис. 13.4) расположены элементы управления.

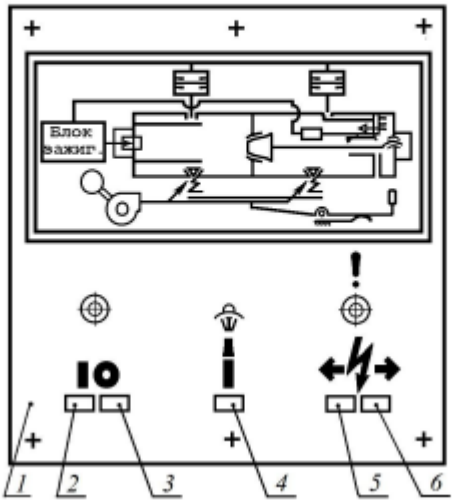


Рис. 13.4. Расположение элементов управления на панели стенда

Включение питания осуществляется кнопкой *2*, а отключение – кнопкой *3*; включение зажигания в первой камере – кнопкой *5*, а во второй – кнопкой *6*. Продувка камер осуществляется нажатием кнопки *4*. Продолжительность продувки равна длительности нажатия. При нажатии одной из кнопок (*5* или *6*) происходит воспламенение взрывоопасной смеси (взрыв) в соответствующей камере. Если кольцевой зазор превышает БЭМЗ, то происходит передача пламени в другую камеру и воспламенение в ней взрывоопасной смеси. При зазоре меньшем или равном БЭМЗ взрыв не передается. Контроль процесса воспламенения взрывоопасной смеси осуществляется по разрывной мембране.

2.3. Порядок проведения исследований

Для проведения исследования процесса тушения пламени в зазоре необходимо: подготовить к работе стенд, изучив его устройство, принцип действия и управления; составить по заданию преподавателя испытуемую смесь; рассчитать стехиометрическую концентрацию выбранной взрывоопасной смеси и величину тушащего зазора; изучить порядок выполнения исследования и строго его придерживаться при проведении опытов; после завершения опытов отключить установку и убрать рабочее место.

1. Рассчитать стехиометрическую концентрацию взрывоопасной смеси и величину тушащего зазора.

Стехиометрическая концентрация C_m, %, исследуемой взрывоопасной смеси определяется по формуле

$$C_m = \frac{100}{m_г + m_{O_2} + m_{N_2}}, \quad (13.2)$$

где $m_г$, m_{O_2}, m_{N_2} – стехиометрические коэффициенты соответственно горючего, кислорода, азота, находят из уравнения окисления (горения). Уравнение окисления, например для ацетона, имеет вид

$$C_3H_6O + 4O_2 + 14{,}8N_2 = 3CO_2 + 3H_2O + 14{,}8N_2. \quad (13.3)$$

Сумма по стехиометрическим коэффициентам равна

$$1 + 4 + 14{,}8 = 19{,}8.$$

Тогда стехиометрическая концентрация составит

$$\frac{100}{1+4+14{,}8} = \frac{100}{19{,}8} \approx 5\%.$$

Объем V, мл, горючей смеси, необходимой для получения стехиометрической смеси в сосуде-стенде, определяется из выражения

$$V = \frac{C_m \cdot M \cdot 10 \cdot V_п}{V_{г\text{-}м} \cdot \gamma_ж}, \quad (13.4)$$

где M – молекулярная масса (для ацетона M = 58,08); $V_п$ – объем полости, л (для ОТ 17 – 1 л); $V_{г\text{-}м}$ – объем грамм-молекулы, л (принять $V_{г\text{-}м}$ = 24,05 л); $\gamma_ж$ – удельная плотность, г/л (для ацетона $\gamma_ж$ = 790,8).

Расчетную величину тушащего зазора δ, мм, определяют по формуле

$$\delta = \frac{10^3 \cdot P_e \cdot \lambda_0}{v_и \cdot C_{уд} \cdot \rho_0}, \quad (13.5)$$

где P_e = 65 – безразмерный критерий Пекле; λ_0 – теплоемкость исходной смеси, Дж/(м · ч · град) (для смеси ацетона с воздухом 20,7); $v_и$ – нормальная скорость распространения пламени, м/ч (4200); $C_{уд}$ – удельная теплоемкость исходной смеси, Дж/(кг · град) (для смеси ацетона с воздухом – 0,25); ρ_0 – плотность исходной смеси, кг/м^3 (для смеси ацетона с воздухом – 1360).

2. Откинуть прозрачный предохранительный щиток *5* стенда (рис. 13.3). Залить в камеры сгорания (*2* и *7*) через штуцеры *1* рассчитанное количество ЛВЖ. Установить над выходными отверстиями штуцеров *1* под пружинящими пластинами *12* листки плотной бумаги (разрывную мембрану). Поворотом гайки *14* в правую сторону установить лимбом против индекса расчетное значение зазора в коническом отверстии между двумя камерами сгорания (*2* и *7*). Возвратить в исходное положение предохранительный щиток *5* и выждать время (2–5 мин) для равномерного диффузного заполнения камер испарения ЛВЖ. Включить кнопкой *2* (рис. 13.4) общее питание электрической цепи стенда и произвести взрыв в камере сгорания стенда. Нажатием кнопки *5* (рис. 13.4) за-

мыкается цепь зажигания в камере *2* (рис. 13.3). Взрыв в камерах определяется по звуковому эффекту (контрольная мембрана из бумаги разрывается).

3. При передаче взрыва в камеру *7* необходимо уменьшить величину установленного по расчету зазора и повторить опыт. После каждого взрыва произвести вентиляцию камер в течение 15–20 с нажатием кнопки *4*. При отсутствии передачи взрыва во вторую камеру произвести в ней воспламенение испытуемой смеси (контрольный взрыв) нажатием кнопки *6*. При наличии взрыва в камере *7* расчетный зазор (БЭМЗ) подтверждается экспериментально. Если при подаче напряжения на свечу зажигания смесь во второй полости не воспламенится, опыт считается неудачным, и его результат не учитывается. Экспериментальные исследования проводятся до определения величины БЭМЗ.

Результаты расчетов и замеров заносят в табл. 13.9.

4. Отключить общее питание цепи зажигания стенда нажатием кнопки *3*. Убрать рабочее место.

Таблица 13.9

Результаты расчетного и экспериментального исследования взрывоопасной смеси

№ опыта	Расчетный объем стехиометрической смеси, мл	Расчетная величина тушащего зазора, мм	Число взрывов в полости камеры I	Число проскоков пламени из полости I в полость камеры II	Экспериментальная величина тушащего зазора, мм	Категория взрывоопасной смеси

Примечание. При разрыве мембраны в обеих камерах (полостях) в 4-й и 5-й графах таблицы ставится знак «+». Если же во второй полости мембрана не разрушилась, то в графе 5 ставится знак «–».

5. По величине безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ), через который не происходит передача взрыва во вторую камеру, устанавливают категорию и группу взрывоопасной смеси (табл. 13.2 и 13.3) и подбирают взрывозащищенное оборудование (записать пример маркировки).

Лабораторное занятие 3.

Тема: «Составление технологической карты для производства работ по ремонту кабельной линии».

Цель: научиться составлять технологической карты для производства работ по ремонту кабельной линии

иповые технологические карты предназначены для использования при разработке проектов производства работ (ППР), проектов организации строительства (ПОС), другой организационно-технологической документации, а также с целью ознакомления рабочих и инженерно-технических работников с правилами производства работ.

На базе типовых технологических карт (ТТК) в составе ППР (как обязательные составляющие проекта производства работ) разрабатываются технологические карты на выполнение отдельных видов работ.

Все технологические карты разрабатываются по рабочим чертежам проекта и регламентируют средства технологического обеспечения, правила выполнения технологических процессов при возведении, реконструкции зданий и сооружений.

Нормативной базой для разработки технологических карт являются: СНиП, СН, СП, ЕНиР, производственные нормы расхода материалов, местные прогрессивные нормы и расценки, нормы затрат труда, нормы

расхода материально-технических ресурсов.

Типовая технологическая карта, как правило, составляется по рабочим чертежам типовых проектов зданий, сооружений, отдельных видов работ на строительные процессы, части зданий и сооружений. При отсутствии таковых возможно составление ТТК на какой-то определенный вид специальных работ.

Цель создания представленной типовой технологической карты - дать рекомендуемую схему технологического процесса, устройства, состав и содержание ТТК, примеры заполнения необходимых таблиц.

При привязке типовой технологической карты к конкретному объекту и условиям строительства уточняются схемы производства, объемы работ, затраты труда, средства механизации, материалы, оборудование и т.п.

ТТК на производство работ по прокладке бронированной кабельной линии (КЛ) 10 кВ в траншее, в кабельных ж./б. лотках содержит:
- нормативные документы.
- общие данные.
- технология производства работ.
- охрана труда и безопасность производства работ.
- меры по снижению отрицательного воздействия на окружающую среду при строительстве КЛ.

Задание.

1. Перечислите нормативные документы в соответствии, с которыми необходимо выполнять все работы.
2. Назовите основные этапы производства работ по прокладке бронированной кабельной линии (КЛ) 10 кВ в траншее, в кабельных ж./б. лотках.
3. Заполните таблицу 1.1.

Состав бригады по устройству КЛ 10 кВ Таблица 1.1

Должность и профессия	Группа по ЭБ	Кол-во человек	Разряд

Лабораторное занятие 4.

Тема: «Составление технологической карты для производства работ по ремонту воздушной линии».

Цель: научиться составлять технологическую документацию при ремонте воздушной линии

Оборудование и/или программное обеспечение: компьютер с DVD-приводом и (или) устройство, подключенное к интернету, бланки документов, типовые перечни работ

Теоретическая часть
Разработка технологических карт.

1. Технологические карты (ТК) являются составной частью организационно-технологической документации, регламентирующей правила выполнения технологических процессов, выбор средств технологического обеспечения, строительных машин и оборудования, необходимых материально-технических ресурсов, требования к качеству и приемке работ, а также мероприятия по охране труда, технике безопасности, охране окружающей среды и пожарной безопасности.
2. Технологические карты разрабатываются для обеспечения строительства рациональными решениями по технологии, организации и механизации отдельных видов работ в целях реализации конкретных строительных технологий при соблюдении требований качества, безопасности производства работ и эксплуатации, охраны окружающей среды и пожарной безопасности.
3. Технологические карты используются в составе проектов производства работ: на возведение здания, сооружения или его части (узла); на выполнение отдельных видов работ (монтажных, санитарно-технических, отделочных, геодезических и т.п.); на подготовительный период строительства.
4. Нормативной базой для разработки технологических карт являются: ГОСТы, СНиП, ЕНиР, СН, производственные нормы расхода материалов, ведомственные и местные прогрессивные нормы и расценки.
5. В технологических картах определяют:
-- требования к качеству предшествующих работ;
-- методы производства работ с перечнем необходимых машин, оборудования, технологической оснастки и схемами их расстановки;
-- последовательность выполнения технологических процессов;
-- требования к качеству и приемке работ;
-- мероприятия по обеспечению безопасности производства работ, пожарной безопасности;
-- условия сохранения окружающей среды;
-- расход материально-технических ресурсов;
-- технико-экономические показатели.
6. Технологические карты разрабатываются по видам строительно-монтажных и специализированных работ на технологические процессы, в результате выполнения которых создаются законченные конструктивные элементы зданий и сооружений, а также технологическое оборудование, трубопроводы, системы отопления, вентиляции, водоснабжения и др. (Например, монтаж колонн, подкрановых балок, стеновых панелей; устройство полов, штукатурки, кровельных покрытий и др.).
7. При необходимости допускается разрабатывать технологические карты на устройство отдельных узлов наиболее ответственных конструктивных элементов зданий, от качества которых зависят прочностные, деформативные, водо-, воздухо- и теплоизоляционные показатели всей конструкции.

8. Для возведения законченных, многократно повторяющихся конструктивных элементов типовых зданий и сооружений (типовых строительных конструкций) массового применения разрабатываются типовые технологические карты (ТТК).
9. При разработке проектов производства работ (ППР), связанных с использованием строительных технологий массового применения, допускается включать в состав ППР типовые технологические карты.
10. Типовые технологические карты разрабатываются на один основной (базовый) вариант производства работ, предусматривающий прогрессивные организационно-технологические решения. Кроме этого, в типовых технологических картах допускается предусматривать другие возможные варианты применения строительных материалов и использования строительных машин, механизмов, оборудования и технологической оснастки.
11. Технологическая карта (в т.ч. типовая технологическая карта) должна состоять из следующих разделов.
I. Область применения.
II. Технология и организация выполнения работ:
-- требования к качеству предшествующих работ;
-- требования к технологии производства работ;
-- технологические схемы производства работ;
-- транспортирование и складирование изделий и материалов;
-- схемы комплексной механизации (при необходимости).
III. Требования к качеству и приемке работ:
-- требования к качеству поставляемых материалов и изделий;
-- схемы операционного контроля качества;
-- перечень технологических процессов, подлежащих контролю.
IV. Техника безопасности и охрана труда, экологическая и пожарная безопасность
V. Потребность в ресурсах:
-- перечень машин и оборудования;
-- перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений:
ведомость потребности в материалах, изделиях и конструкциях.
VI. Технико-экономические показатели:
-- продолжительность выполнения работ;
-- график производства работ (при необходимости);
-- трудоемкость и машиноемкость выполнения работ;
-- калькуляция затрат труда и машинного времени (при необходимости).

Практическая часть
Пользуясь теоретической частью, специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, собственным производственным и жизненным опытом, оформить технологическую карту одной из операций при ремонте ВЛ.
Сделать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы.

№ п/п	Наименование операции	Технические требования. Нормы допусков и износов	Инструменты и приспособления	Норма времени, н-час
1	2	3	4	5

7. Промежуточная аттестация студентов.

Промежуточная аттестация по междисциплинарному курсу в форме экзамена проводится в 5 семестре.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, не имеющие задолженности по изучаемым темам, имеющие допуск учебной части. При явке на дифференцированный зачет студентам необходимо иметь зачетную книжку.

По результатам всех видов оценочной ведомости студенту выставляется итоговая отметка по междисциплинарному курсу. Шкала оценок: «отлично», «хорошо»,«удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Студенты, не сдавшие экзамен в установленное время по уважительной причине, подтвержденной документально соответствующим документом, сдают его индивидуально, в установленные сроки .

Объектами оценивания выступают:

- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Задание для промежуточной аттестации
Вопросы для экзамена (5 семестр)

1. Виды электрических станций.
2. Трансформаторные подстанции.
3. Принцип действия и конструкция машин постоянного тока.
4. Устройство якорных обмоток.
5. Магнитная система.
6. Коммутация в машинах постоянного тока.
7. Генераторы постоянного тока.
8. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.
9. Коэффициент трансформации напряжений
10. Работа однофазного трансформатора под нагрузкой.
11. Трансформация токов.
12. Опыты холостого хода и короткого замыкания однофазного трансформатора.
13. Уравнения однофазного трансформатора.
14. Векторная диаграмма нагруженного трансформатора.
15. Внешняя характеристика однофазного трансформатора.
16. Расчет потерь напряжения.
17. Автотрансформатор, устройство, принцип действия, основные характеристики
18. Сварочные трансформаторы, устройство, принцип действия, основные характеристики
19. Измерительные трансформаторы напряжения и тока
20. Принципы действия машин переменного тока.
21. Статорные обмотки.
22. ЭДС и МДС обмоток статора
23. Конструкция асинхронных двигателей.
24. Режимы работы и основные характеристики асинхронных двигателей.
25. Однофазные асинхронные двигатели.
26. Асинхронные машины специального назначения.
27. Конструкция синхронных генераторов.

28. Работа синхронного генератора в режиме нагрузки.
29. Параллельная работа синхронных генераторов.
30. Синхронные двигатели и компенсаторы
31. Специальные синхронные машины.
32. Технические характеристики трансформаторов и автотрансформаторов различных типов, особенности их конструкций.
33. Системы охлаждения трансформаторов и автотрансформаторов.
34. Режимы работы автотрансформаторов, обслуживание.
35. Типы, принцип действия и конструкции устройств для регулирования напряжения трансформаторов и автотрансформаторов.
36. Область применения ПУЭ
37. Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения
38. Назначение и схемы электрических соединений подстанций
39. Конструктивное выполнение распредустройств заводских и цеховых подстанций
40. Выбор числа и мощности трансформаторов и типа подстанции
41. Выбор сечения проводников
42. Назначение и типы проходных и опорных изоляторов для внутренней и наружной установки.
43. Выбор изоляторов.
44. Проверка проводников по условиям короны.
45. Выбор жестких шин и изоляторов.
46. Выбор проводов воздушных электрических линий.
47. Выбор силовых кабелей.
48. Типы, конструктивные особенности, технические данные рубильников
49. Типы, конструктивные особенности, технические данные Переключателей
50. Типы, конструктивные особенности, технические данные Предохранителей
51. Типы, конструктивные особенности, технические данные Контакторов
52. Типы, конструктивные особенности, технические данные автоматических выключателей
53. Типы, конструктивные особенности, технические данные магнитных пускателей
54. Типы, конструктивные особенности, технические данные реле
55. Типы, конструктивные особенности, технические данные программируемых реле.
56. Нормы освещения рабочего места
57. Рабочее освещение.
58. Аварийное освещение.
59. Эвакуационное освещение
60. Организация рабочего места для создания комфортных зрительных условий

61. Назначение, типы и конструкции разъединителей для наружной и внутренней установки.
62. Назначение, типы и конструкции отделителей и короткозамыкателей.
63. Выключатели нагрузки, их назначение, типы и конструкции.
64. Типы, конструктивные особенности, принцип действия и применение предохранителей напряжением выше 1000 В.
65. Выбор разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, выключателей нагрузки
66. Конструкции закрытых распределительных устройств (ЗРУ).
67. Конструкции комплектных распределительных устройств наружной и внутренней установки (КРУ, КРУН).
68. Конструкции открытых распределительных устройств (ОРУ).
69. Источники постоянного и переменного оперативного тока.
70. Устройство АКБ.
71. Режимы работы АКБ.
72. Требование к выбору АКБ на подстанциях.
73. Назначение и конструкции заземляющих устройств.
74. Система электроснабжения железных дорог
75. Принципиальная схема электроснабжения.
76. Общие сведения о тяговом электроснабжении.
77. Схемы тягового электроснабжения.
78. Система постоянного тока.
79. Система переменного тока.
80. Общие сведения о конструкции контактной сети.
81. Виды контактных подвесок.
82. Секционирование контактной сети.
83. Опоры контактной сети.
84. Провода контактной сети.
85. Изоляторы. Рельсовая цепь.

Вопросы для проверки уровня обученности «ЗНАТЬ»

Критерии оценки

«отлично» - ставится при правильном ответе на три вопроса из разных разделов;

«хорошо» - ставится при правильном ответе на три вопроса, два из которых из одного раздела;

«удовлетворительно» - ставится при правильном ответе на два вопроса;

«неудовлетворительно»- при отсутствии ответа на вопросы.

1. Классификация электротехнологических процессов.
2. Особенности электротехнологических установок как потребителей электроэнергии
3. Как классифицируются ЭТУ? Цель теплового расчета ЭТУ.
4. Назначение огнеупорных, теплоизоляционных и жароупорных материалов. Приведите примеры и опешите свойства.

5.Сущность двухпозиционного регулирования мощности. Типы приборов измерения температуры ЭТУ. Объясните классификацию электропечей сопротивления
6. Охарактеризуйте электрическую печь сопротивления как потребителя электроэнергии.
7. Устройство и принцип работы индукционной печи со стальным сердечником.
8. Особенности электрооборудования индукционных печей и установок.
9. Физико-технические основы диэлектрического нагрева. Область применения.
10. Классификация печей электродугового нагрева.
11. Физико-технические основы кагрева электрической дугой. Особенности дуги переменного тока.
12. Мероприятия, обеспечивающие надежное горение дуги переменного, постоянного тока.
13. Каковы особенности электропотребления ДСП?
14. Какое электрооборудование применяется в цепи главного тока ДСП?
15. Чем характерно электропотребление руднотермическими печами?
16. Для чего строится круговая диаграмма дуговой печи?
17. В чем заключается принцип работы печей ЭШП?
18. Устройство вакуумной дуговой печи.
19. Классификация разновидностей электросварки.
20. Источники питания сварочных установок.
21. В чем преимущества автоматической дуговой сварки по сравнению с ручной?
22. Физическая и химическая сущность электролиза. Электроснабжение электролизных установок.
23. В чем заключается преимущество применения электроэрозионной обработки по сравнению с механической.
24. Устройство лазерных установок. Применение в электротехнологиях.
25. Устройство электронной пушки. Применение в электротехнологиях.
26. Устройство плазмотронов. Применение в электротехнологиях.
27. Принцип действия электрогидравлической обработки. Применение в ЭПТУ.
28. Принцип действия ультразвуковых установок. Применение в ЭПТУ.
29. Принцип действия магнитоимпульсной обработки. Применение в ЭПТУ.
30.Принцип действия электрофильтра. Применение в ЭПТУ. Устройство установок электроокраски. Применение в ЭПТУ.

Вопросы для проверки уровня обученности «УМЕТЬ»

1. разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;
2. заполнять дефектные ведомости, ведомости объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов, маршрутную карту, другую

техническую документацию; схема распределительных сетей 35 кВ, находящихся в зоне эксплуатационной ответственности;
3. читать простые эскизы и схемы на несложные детали и узлы;
4. пользоваться навыками чтения схем первичных соединений электрооборудования электрических станций и подстанций;
5. читать схемы первичных соединений электрооборудования электрических станций и подстанций;
6. осваивать новые устройства (по мере их внедрения);
7. организация разработки и пересмотра должностных инструкций подчиненных работников более высокой квалификации;
8. читать схемы питания и секционирования контактной сети и воздушных линий электропередачи в объеме, необходимом для выполнения простых работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту контактной сети, воздушных линий электропередачи под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением;
9. читать схемы питания и секционирования контактной сети в объеме, необходимом для выполнения работы в опасных местах на участках с высокоскоростным движением;
10. читать принципиальные схемы устройств и оборудования электроснабжения в объеме, необходимом для контроля выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств системы тягового электроснабжения.