

Оглавление

	ПРЕДИСЛОВИЕ	6
1.	ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В СФЕРЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	7
1.1.	Простые схемы типовой электронной аппаратуры	8
1.1.1.	Типы электронных приборов в зависимости от особенностей их применения. Простые схемы типовой электронной аппаратуры	8
1.1.2.	Особенности построения и принцип работы типовых схем преобразовательных устройств и источников питания	11
1.1.3.	Расчет выпрямителей	12
1.1.4.	Таблицы истинности для логических элементов	23
1.1.5.	Устройство, принципы действия, основные технические параметры, маркировку, условные обозначения и область применения различных полупроводниковых приборов	27
1.1.6.	Классификация и принцип действия усилителей	31
1.2.	Типы и эксплуатация электронных приборов	34
1.2.1.	Типовые схемы генераторов и импульсных устройств, источников питания, преобразовательных устройств	34
1.2.2.	Принцип работы основных цифровых устройств	43
1.2.3.	Перспективы развития электронной техники	45
2.	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	47
2.1.	Электрооборудование технологических механизмов и установок предприятий металлургии	48
2.1.1.	Схемы управления технологических механизмов и установок.	48
2.1.2.	Расчет мощности и выбор электродвигателя для различного рода рабочих машин	58
2.1.3.	Расчет и выбор силового электрооборудования, пусковой и защитной аппаратуры	66
2.1.4.	Расчет электрических и электромеханических параметров электроприводов для различного рода рабочих машин	76
2.2.	Расчет освещения и выбор кабельной продукции для подключения силового и осветительного электрооборудования	84
2.2.1.	Классификация и выбор системы электроосвещения по техническим параметрам	84
2.2.2.	Расчета и выбора системы электроосвещения точечным методом	93
2.2.3.	Расчета и выбора системы электроосвещения методом коэффициента использования светового потока	98
2.2.4.	Выбор марки провода и способы прокладки для подключения силового и осветительного электрооборудования к групповым щиткам цеха	104
2.2.5.	Прокладка провода к групповым щиткам цеха	120
2.2.6.	Организация рабочего места	134

2.3.	Электрическое и электромеханическое оборудования цехов металлургических заводов	136
2.3.1.	Устройство и принцип работы электротермических установок	136
2.3.2.	Устройство и принцип работы электрооборудования подъемно – транспортных механизмов	144
2.3.3.	Устройство и принцип работы электрооборудования механизмов непрерывного транспорта	149
2.3.4.	Устройство и принцип работы электрооборудования компрессоров, вентиляторов, насосов	166
2.3.5.	Условия и режимы работы электрооборудования металлургических заводов	178
2.3.6.	Схемы управления и автоматизации оборудования цехов предприятий металлургии	185
2.3.7.	Правила безопасной эксплуатации электрооборудования в взрыво- и пожароопасных помещениях	192
2.3.8.	Схемы управления для электрического и электромеханического оборудования	202
2.3.9.	Организация рабочего места	211
3.	ПРОВЕРКА И НАЛАДКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	216
3.1.	Специальные измерения	218
3.1.1.	Назначение измерительных приборов	218
3.1.2.	Меры безопасности при выполнении электрических измерений	221
3.1.3.	Методика работы с комбинированными электроизмерительными приборами	222
3.1.4.	Принципы телеизмерений. Измерение неэлектрических величин электрическими методами	226
3.1.5.	Измерения в кабельных и воздушных линиях	231
3.1.6.	Определение места повреждения воздушных и кабельных линий	237
3.2.	Оценка состояния действующего электрооборудования	242
3.2.1.	Назначение и виды наладочных работ: пусковые наладочные работы, планово-предупредительные эксплуатационные наладочные работы	242
3.2.2.	Методы выявления дефектов электрооборудования	243
3.2.3.	Оценка состояния электрооборудования по результатам проверок измерений и испытаний	244
3.2.4.	Оформление протоколов проверки и испытаний, отчетов оценки состояния электрооборудования	246
3.2.5.	Организация рабочее место	247
3.3.	Измерения при производстве наладочных работ	248
3.3.1.	Измерения характеристик изоляции масляного трансформатора определением коэффициента абсорбции и тангенса угла диэлектрических потерь	248
3.3.2.	Измерения при производстве наладочных работ	250

3.4.	Проверка и испытание электрооборудования	253
3.4.1.	Методы испытания изоляции повышенным напряжением переменного и выпрямленного тока	253
3.4.2.	Методы проверки изоляции цепей и аппаратов вторичной коммутации	255
3.4.3.	Правила и инструкции по заполнению документации результатов испытаний	257
3.4.4.	Испытание изоляции обмоток трансформатора повышенным напряжением	258
4.	УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ И НЕПОЛАДОК ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	261
4.1.	Выбор защит и электроавтоматики для сетей электроснабжения промышленных предприятий	262
4.1.1.	Виды релейных защит. Устройство и принцип действия различных видов реле	262
4.1.2.	Сборка схем включения вторичных обмоток трансформаторов тока, трансформаторов напряжения	266
4.2.	Плановые и внеочередные осмотры электрооборудования	269
4.2.1.	Основные неисправности трансформаторов и электродвигателей	269
5.	ВЫПОЛНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПО КВАЛИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМОНТЁРА ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	273
5.1.	Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования	275
5.1.1.	Расчет электроприводов для различного рода рабочих машин производственного оборудования	275
5.2.	Проверка и наладка электрооборудования	283
5.2.1.	Оценка состояния действующего электрооборудования	286
5.2.2.	Измерения при производстве наладочных работ	288
5.2.3.	Общие проверки и испытания электрооборудования	288
5.2.4.	Проверка и испытание аппаратуры распределительных устройств	292
5.3.	Работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования	299
5.3.1.	Плановые и внеочередные осмотры электрооборудования	299
5.3.2.	Работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования	305
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	309
	СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	310
	ГЛОССАРИЙ	312

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие по квалификации 091103 2 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» разработано в соответствии с актуализированным типовым учебным планом по специальности 0911000 «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования».

Целью создания данного учебного пособия является разработка актуальной литературы, которая удовлетворяла базовые потребности студентов и преподавателей, так как обновляется содержание образования в соответствии с развитием новых технологий и т.д.

Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования – профессия рабочего в областях электротехники и энергетики, занимающегося эксплуатацией или ремонтом электрооборудования и электрических цепей. Эта профессия относится к категории особо опасных. Деятельность электромонтёров связана с постоянным риском во время работы, требует внимательности и знания способов защиты от поражения электрическим током, а также способов оказания пострадавшим от электротравм первой помощи.

Электромонтер должен знать:

- назначение, устройство и принцип действия промышленного электрооборудования и правила технической эксплуатации;
- основные причины неполадок и аварий электрооборудования;
- технологический процесс ремонта, сборки и монтажа деталей электрооборудования, назначение и применение технологической документации;
- методы и приемы выполнения слесарных, электромонтажных и обмоточных операций и работ;
- устройство, конструкцию, назначение, правила подбора и применения рабочих, измерительных, слесарных и электромонтажных инструментов, обращение с ними и приемы их хранения;
- организацию труда и рабочего места электромонтера, правила и инструкции по технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

Успешная подготовка квалифицированных рабочих для выполнения разнообразных работ по монтажу и ремонту электрооборудования в значительной степени зависит от освоения курса.

Для оценки результатов обучения в учебном пособии предусмотрены практические работы и вопросы для самоконтроля.

Учебное пособие предназначено для учащихся и преподавателей колледжей технологического профиля.

1. ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В СФЕРЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Цели обучения

После прохождения данного модуля Вы сможете:

1. Знать типы электронных приборов в зависимости от особенностей их применения, простые схемы типовой электронной аппаратуры.
2. Знать устройство, принципы действия, основные технические параметры, маркировку, условные обозначения и область применения различных полупроводниковых приборов.
3. Знать принципы работы основных цифровых устройств, перспективы развития электронной техники.

Схема курса

ПМ 08 Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности

ПМ 09 Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования

ПМ 10 Проверка и наладка электрооборудования

ПМ 11 Устранение и предупреждение аварий и неполадок электрооборудования

ПМ 12 Выполнение основных видов работ по квалификации электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

ЭЛЕКТРОМОНТЕР ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля Вам рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям по квалификации «Электрослесарь (слесарь) дежурный и по ремонту оборудования» согласно Типового учебного плана по специальности «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования (по видам)».

Введение

Данный модуль описывает знания, умения и навыки, необходимые для применения схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности.

В результате изучения модуля, обучающиеся осваивают: устройство, принцип действия, основные технические параметры, маркировку, условные обозначения и область применения различных полупроводниковых приборов; принцип построения схем усилительных каскадов низкой частоты, усилителей мощности, многокаскадных усилителей, усилителей постоянного тока, операционных усилителей, типовых схем генераторов и импульсных устройств, источников питания, преобразовательных устройств; принцип работы основных цифровых устройств; перспективы развития электронной техники.

При изучении модуля обучающиеся учатся: понимать и читать простые схемы типовой электронной аппаратуры; выбирать типы электронных приборов в зависимости от особенностей их применения; эксплуатировать электронные устройства.

1.1. Простые схемы типовой электронной аппаратуры

1.1.1. Типы электронных приборов в зависимости от особенностей их применения. Простые схемы типовой электронной аппаратуры

Промышленная электроника – наука о применении электронных приборов и устройств в промышленности.

В промышленной электронике можно выделить три области:

- информационную электронику (ИЭ);
- энергетическую электронику (ЭЭ);
- электронную технологию (ЭТ).

Информационная электроника является основой электронно-вычислительной, информационно-измерительной техники и автоматизации производства.

Энергетическая электроника является основой устройств и систем преобразования электрической энергии средней и большой мощностей. Сюда относятся выпрямители, инверторы, мощные преобразователи частоты и др.

Электронная технология включает в себя методы и устройства, используемые в технологических процессах, основанные на действии электрического тока и электромагнитных волн различной длины (высокочастотный нагрев и плавка, ультразвуковая резка и сварка и т.д.), электронных и ионных пучков (электронная плавка, сварка и т.д.).

Главные свойства электронных устройств (ЭУ):

- высокая чувствительность;
- быстроедействие;

- универсальность.

Чувствительность электронных устройств – это абсолютное значение входной величины, при котором электронное устройство начинает работать.

Быстродействие электронных устройств обуславливает их широкое применение в автоматическом регулировании, контроле и управлении быстропротекающими процессами, достигающими долей микросекунды.

Универсальность заключается в том, что в электронных устройствах используется электрическая энергия, которая сравнительно легко получается из различных видов энергии и легко преобразуется в другие виды энергии, что очень важно, т.к. в промышленности используются все виды энергии.

В настоящее время широкое применение в промышленной электронике находят полупроводниковые приборы, т.к. они имеют важные достоинства:

- высокий коэффициент полезного действия (КПД);
- долговечность;
- надежность;
- малые масса и габариты.

Одним из главных направлений развития полупроводниковой электроники в последние десятилетия являлись интегральная микроэлектроника.

В последние годы широкое применение получили полупроводниковые интегральные схемы (ИС).

Микросхема – микроминиатюрный функциональный узел электронной аппаратуры, в котором элементы и соединительные провода изготавливаются в едином технологическом цикле на поверхности или в объеме полупроводника и имеют общую герметическую оболочку.

В больших интегральных схемах (БИС) количество элементов (резисторов, диодов, конденсаторов, транзисторов и т.д.) достигает нескольких сотен тысяч, а их минимальные размеры составляют 2...3 мкм. Быстродействие БИС привело к созданию микропроцессоров и микрокомпьютеров.

Классификация полупроводниковых электронных приборов.

Полупроводниковые приборы разделяют по их функциональному назначению, а также по количеству электронно-дырочных переходов. Напоминаю, что электронно-дырочный переход - это промежуточный переходный слой между двумя областями полупроводника, одна из которых имеет электронную проводимость (n-типа), а другая – дырочную (p-типа). Вся совокупность полупроводниковых приборов разделяется на беспереходные, с одним, двумя и более переходами рисунок 1.1.1.1

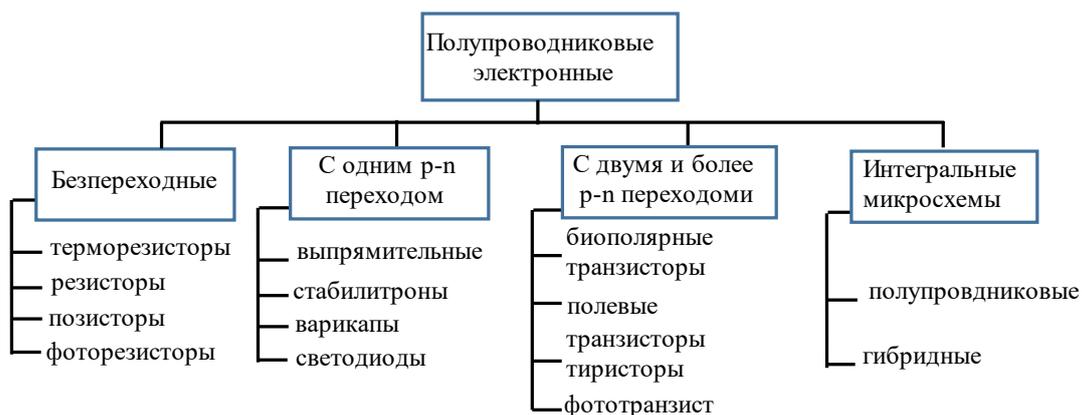


Рисунок 1.1.1.1 Классификация полупроводниковых приборов

Применение беспереходных приборов основано на использовании физических процессов, происходящих в объеме полупроводникового материала. Приборы, в которых используется зависимость электрического сопротивления полупроводника от температуры, называются термисторами.

В эту группу приборов входят терморезисторы (их сопротивление на несколько порядков падает при увеличении температуры), а также позисторы (их сопротивление увеличивается с увеличением температуры). Терморезисторы и позисторы применяются для измерения и регулирования температуры, в цепях автоматики и т.д.

В качестве нелинейных сопротивлений применяются полупроводниковые приборы, в которых используется зависимость сопротивления от величины приложенного напряжения. Такие приборы называются варисторами. Их применяют для защиты электрических цепей от перенапряжения, в цепях стабилизации и преобразования физических величин.

Фоторезистор, это прибор, в фоточувствительном слое которого при облучении светом возникает избыточная концентрация электронов, а значит их сопротивление уменьшается.

Большую группу представляют полупроводниковые приборы с одним р-п переходом и двумя выводами для включения в схему. Их общее название – диоды. Различают диоды выпрямительные, импульсные и универсальные. К этой группе относятся стабилитроны (они применяются для стабилизации токов и напряжений за счет значительного изменения дифференциального сопротивления пробитого р -п перехода). Варикапы (емкость их р-п перехода зависит от величины приложенного напряжения), фото и светодиоды и т.п.

Полупроводниковые приборы с двумя и более р-п переходами, тремя и более выводами называются транзисторами. Очень большое количество транзисторов, различающихся по функциональным и другим свойствам, разделяют на две группы – биполярные и полевые. К этой же группе приборов (с тремя и более р-п переходами) можно отнести приборы переключения – тиристоры.

Самостоятельную группу приборов представляют интегральные микросхемы (ИМС). ИМС – это изделие, выполняющее определенную

функцию преобразования или обработки сигнала (усиление, генерация, и т.д.) Они могут содержать десятки и сотни р-п переходов и других электрически соединенных элементов. Все интегральные микросхемы делятся на два сильно отличающихся друг от друга класса:

- полупроводниковые ИМС;
- гибридные ИМС.

Полупроводниковые ИМС представляют полупроводниковый кристалл, в толще которого выполняются диоды, транзисторы, резисторы и другие элементы. Они имеют высокую степень интеграции, малую массу и габариты.

Основу гибридной ИМС представляет пластина диэлектрика, на поверхности которой в виде пленок нанесены компоненты схемы и соединения (в основном пассивные элементы).

1.1.2. Особенности построения и принцип работы типовых схем преобразовательных устройств и источников питания

Огромное количество бытовых приборов и промышленных установок в своей работе питается от электрической энергии различных видов. Ее создают многочисленные источники электродвижущей силы (ЭДС) и тока.

Генераторные установки вырабатывают однофазный или трехфазный ток промышленной частоты, а химические источники - постоянный. При этом на практике довольно часто возникают ситуации, когда одного вида электроэнергии недостаточно для работы определенных устройств и требуется выполнять ее преобразование.

С этой целью промышленностью выпускается большое количество электротехнических устройств, которые оперируют с разными параметрами электрической энергии, превращая их из одного вида в другой с различными напряжениями, частотой, количеством фаз и формами сигналов.

По выполняемым функциям они подразделяются на устройства преобразования:

- простые;
- с возможностью регулирования выходного сигнала;
- наделенные способностью стабилизации.

Способы классификации

По характеру выполняемых операций преобразователи делят на устройства:

- выпрямления;
- инвертирования в один или несколько этапов;
- изменения частоты сигнала;
- преобразования числа фаз электрической системы;
- модификации вида напряжения.

Представлена на рисунке 1.1.1.2

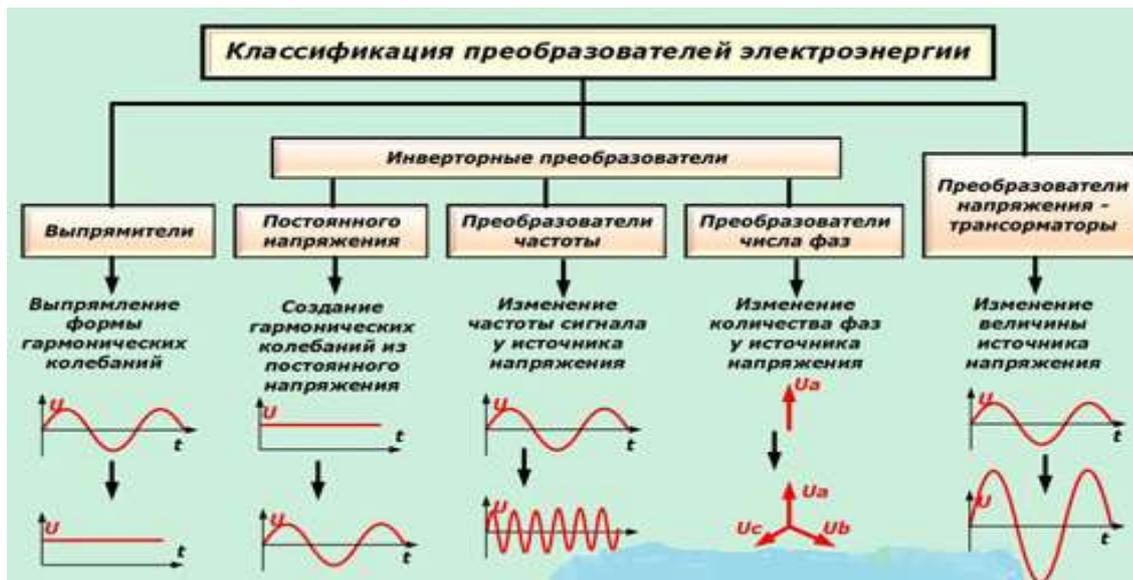


Рисунок 1.1.1.2 Классификация преобразователей энергии

По способам управления происходящих алгоритмов регулируемые преобразователи работают на:

- импульсном принципе, используемом в схемах постоянного тока;
- фазовом методе, применяемом в цепях гармоничных колебаний.

Самые простые конструкции преобразователей могут не наделяться функцией управления.

Все устройства преобразования могут использовать один из следующих видов электрической схемы:

- мостовую;
- нулевую;
- на основе трансформатора или без него;
- с одной, двумя, тремя или несколькими фазами.

Выпрямительные устройства

Это наиболее распространенный и старый класс преобразователей, позволяющих получать выпрямленный или стабилизированный постоянный ток из переменного синусоидального обычно промышленной частоты.

1.1.3. Расчет выпрямителей

Выпрямитель – устройство, преобразующее переменный ток (напряжение) в постоянный пульсирующий ток (напряжение).

Классификация:

- а) Однофазная однополупериодная схема;
- б) Однофазная двухполупериодная схема;
- с) Однофазная мостовая схема;
- д) Трехфазная схема выпрямления;
- е) Трехфазная мостовая схема выпрямления.

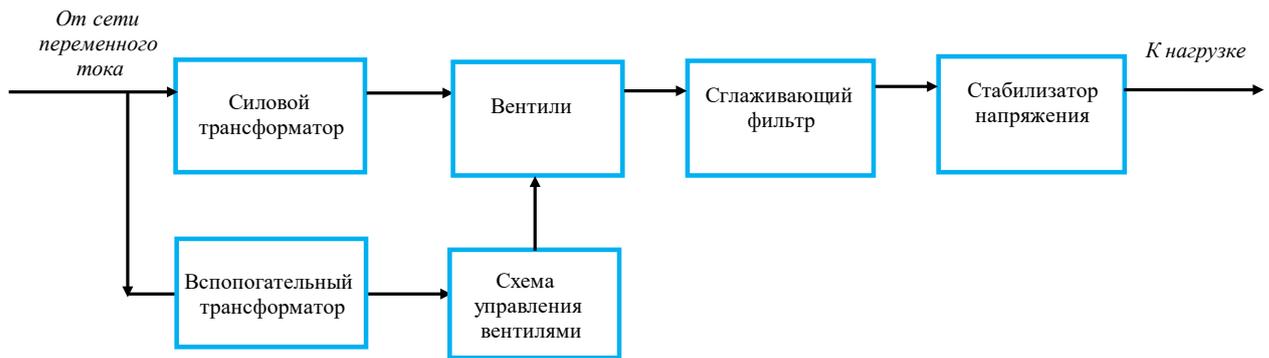


Рисунок 1.1.3.1 Структурная схема

Выбрать и рассчитать выпрямитель, выполненный на полупроводниковых диодах согласно таблице 1.1.3.1. Выбрать и рассчитать фильтр к этому выпрямителю.

Чтобы рассчитать выпрямитель надо:

1. Выбрать схему выпрямителя.
2. Выбрать схему фильтра по заданной величине.
3. Рассчитать режим диодов, т.е. определить значения (см. Пример расчета для выбранной схем и выпрямления).
4. Выбрать тип диодов по найденным значениям.
5. Рассчитать действующие значения напряжения и токов трансформатора (см. Пример расчета для выбранной схем выпрямления).
6. Рассчитать параметры фильтра.

1. Выбор схемы выпрямления

Однополупериодный выпрямитель применяется в устройствах малой мощности $P_n = I_0 * U_n \leq 5$ Вт при выпрямленных токах меньше 10 мА в тех случаях, когда не требуется высокая степень сглаживания выпрямленного напряжения.

Двухполупериодный выпрямитель с выводом средней точки трансформатора применяется в устройствах малой мощности $P_n = I_0 * U_n \leq 20$ Вт при выпрямленных напряжениях U_n до 400 В.

Мостовая схема применяется в устройствах малой и средней мощности $P_n = I_0 * U > 20$ Вт при выпрямленных напряжениях до 600 В.

Схема удвоения напряжения применяется в устройствах малой мощности $P_n = I_0 * U_n = 10 \div 300$ Вт при выпрямленных напряжениях выше 600 В.

2. Выбор схемы фильтра.

Схемы фильтра выбирается в зависимости от величины выпрямленного тока, необходимого коэффициента сглаживания при $I_0 \geq 20$ мА выбирается фильтр LC-типа 6 затем в результате расчета схема уточняется и в случае необходимости добавляется второе звено, при $I_0 \leq 20$ мА выбирается фильтр RC-типа затем в результате расчета схема фильтра уточняется и в случае необходимости добавляется второе звено смотрите рисунок 1.1.3.1.

Пример №1

Рассчитать выпрямитель с фильтром, работающий на активную нагрузку если напряжение сети $U_1=380\text{В}$, выпрямленное напряжение на нагрузке $U_H=600$ выпрямленный ток на нагрузке $I_0=8$, допустимый коэффициент пульсации на нагрузке $K_n=2,5\%$.

РЕШЕНИЕ:

Выбираем схему выпрямителя, исходя из заданных значений $U_H=600\text{В}$;
 $P_H=I_0U_H=0,008 \cdot 600=4,8 \text{ Вт}$

Этим условиям отвечает однополупериодный выпрямитель, так как $I_0=8\text{мА} < 20 \text{ мА}$, то выбираем фильтр RC-типа. Рассчитываем режим диодов, т.е. определяем значение $I_{\text{ов}} U_{\text{обр}}$

$$I_{\text{ов}}=1,6 \cdot I_0=1,6 \cdot 8=12,8 \text{ мА} \quad (1.1)$$

При нахождении обратного напряжения на диодах выпрямителя надо учесть потери напряжения на элементах фильтра:

$$U_0=(1,03+1,1) U_H\text{-для LC-типа} \quad (1.2)$$

$$U_0=(1,1+1,25) U_H\text{-для RC-типа} \quad (1.3)$$

где U_0 -выпрямленное напряжение на входе выпрямителя до фильтра.
В нашем случае $U_0=(1,1+1,25) U_H$ - выбираем

$$U_0=1,2 \cdot U_H=1,2 \cdot 600=720\text{В}.$$

Для однополупериодного выпрямителя:

$$U_{\text{обр}}=3,4 \cdot U_0=3,4 \cdot 720=2448 \text{ В}.$$

И выбираем диод 1056 который имеет:

$$I_{\text{ов}}=12,8 \text{ мА}, \text{ и } U_{\text{обр}}=4000 \text{ В}, \Delta U=3,5 \text{ В}.$$

Внутреннее сопротивление диода:

$$R_i = \frac{\Delta U}{I_o} = \frac{3,5}{0,008} = 437,5 \text{ Ом}, \quad (1.4)$$

Приведенное сопротивление трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{500 \cdot \Delta U}{I_o \cdot \sqrt[4]{U_o \cdot I_o}} = \frac{500 \cdot 720}{8 \cdot \sqrt[4]{720 \cdot 8}} = 5165 \text{ Ом}, \quad (1.5)$$

Переменное напряжение во вторичной обмотке трансформатора:

$$U_2 = 0,75U_0 + \frac{I_0 \cdot (R_i + R_{mp})}{265} = 0,75 \cdot 720 + \frac{8 \cdot (437,5 + 5165)}{265} = 709\text{В}, \quad (1.6)$$

Ток во вторичной обмотке трансформатора:

$$I_2 = 2I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_{mp}} = 2 \cdot 8 + \frac{12 \cdot 720}{437,5 + 5165} = 17,65 \text{ A}, \quad (1.7)$$

Ток первичной обмотки трансформатора:

$$I_1 = \frac{1,2U_2 \sqrt{I_2^2 - I_0^2}}{U_1} = \frac{1,2 \cdot 7,9 \cdot \sqrt{17,54^2 - 8^2}}{380} = 35 \text{ mA}, \quad (1.8)$$

Коэффициент пульсации на выходе выпрямителя:

$$K_{n2} = \frac{300 \cdot I_0}{U_0 C_0}, \quad (1.9)$$

Коэффициент сглаживания фильтра:

$$K_c = \frac{K_{n1}}{K_{n2}} = \frac{10}{0,4} = 25, \quad (1.10)$$

Для однополупериодного выпрямителя:

$$L_{\text{фсф}} = 10K_c \Gamma_H, \quad (1.11)$$

Емкость конденсатора:

$$C_0 = \frac{60 \cdot I_0}{720} = 0,67 \text{ мкФ}, \quad (1.12)$$

Выбираем стандартный электролитический конденсатор 0,68 мкФ.

Коэффициент пульсации на выходе выпрямителя:

$$K_{n1} = \frac{600 \cdot I_0}{720 \cdot 0,68} = 10\%, \quad (1.13)$$

Коэффициент сглаживания фильтра

$$K_c = \frac{K_{n1}}{K_{n2}} = \frac{10}{2,5} = 4, \quad (1.14)$$

Для однополупериодного выпрямителя $R_{\text{фсф}} = 3000 \cdot K_c$ Ом·мкФ

Для двухполупериодного выпрямителя $R_{\text{фсф}} = 1500 \cdot K_c$ Ом·мкФ

Выбираем $R_{\phi} \cdot C_{\phi} = 3000 \cdot 4 = 12000 \text{ Ом} \cdot \text{мкФ}$

Так как $R_{\phi} \cdot C_{\phi} = 12000 < 100000$, то второго звена фильтра не требуется выбираем из соотношения:

$$\begin{aligned} C_{\phi} &= (0,5 + 2,0)C_0 & (1.15) \\ C_{\phi} &= 2C_0 = 2 \cdot 0,68 = 1,34 \text{ мкФ}, \end{aligned}$$

Выбираем стандартный электролитический конденсатор 1,5 мкФ
Тогда

$$R_{\phi} = \frac{300K_c}{C_{\phi}} = \frac{3000 \cdot 4}{1,5} = 8000 \text{ Ом}, \quad (1.16)$$

Берем стандартное значение 8,2 кОм

Примечание: если произведение $R_{\phi} C_{\phi}$ получается больше 100000 Ом.мкФ, то в этом случае добавляется второе звено фильтра и R_{ϕ} находится из выражения:

для однополупериодного выпрямителя

$$R_{\phi} = \frac{3000\sqrt{K_c}}{C_{\phi}} \quad (1.17)$$

для двухполупериодного выпрямителя

$$R_{\phi} = \frac{1500\sqrt{K_c}}{C_{\phi}} \quad (1.18)$$

Пример №2

Рассчитать выпрямитель с фильтром, работающий на активную нагрузку, если напряжение сети $U_1 = 127\text{В}$, выпрямленное напряжение на нагрузке $U_H = 250\text{В}$, выпрямительный ток в нагрузке $I_0 = 60 \text{ мА}$ допустимый коэффициент пульсации на нагрузке $K_{n2} = 0,4\%$

РЕШЕНИЕ:

Выбираем схему выпрямителя, исходя из данных значений:

$$U_H = 250 \text{ В} \quad P_H = I_0 U_H = 15 \text{ Вт}$$

Этим условиям отвечает двухполупериодный выпрямитель с выводным средней точки трансформатора

Так как $I_0 = 60 \text{ мА} > 20 \text{ мА}$, то выбираем фильтр LC типа.

Рассчитываем режим диодов, т.е определяем значение $I_{\text{обв}}$ и $U_{\text{обр}}$

$$I_{\text{обв}} = 0,8 \cdot I_a = 0,8 \cdot 60 = 48 \text{ мА} \quad (1.19)$$

При нахождении обратного напряжения диодах выпрямителя надо учесть потери напряжения на элементах фильтра.
В данном случае по формуле (1.2):

$$U_0 = 1.06 \cdot 250 = 365 \text{ В}$$

Для двухпериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора:

$$U_{\text{обр}} = 3.4 \cdot U_0 = 3.4 \cdot 265 = 901 \text{ В} \quad (1.20)$$

По полученным значениям:

$I_{\text{ов}} = 48 \text{ мА}$ и $U_{\text{обр}} = 901 \text{ В}$ выбираем диод Д-218, который имеет $I_{\text{ов}} = 0.1 \text{ А}$ $U_{\text{обмах}} = 100 \text{ В}$, $\Delta U = 0.7 \text{ В}$.
Внутреннее сопротивление диода по формуле (1.4)

$$R_i = \frac{0,7}{0,06} = 11,6 \text{ Ом},$$

Приведенное сопротивление трансформатора по формуле (1.5):

$$R_{mp} = \frac{500 \cdot 265}{60 \cdot \sqrt[4]{365 \cdot 60}} = 393,2 \text{ Ом},$$

Переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора по формуле (1.6):

$$U_2 = 0,75 \cdot 365 + \frac{60 \cdot (11,6 + 393,2)}{265} = 244,6 \text{ В},$$

Ток первичной обмотки трансформатора для данной схем:

$$I_1 = \frac{1,7U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{1,7 \cdot 244,6 \cdot 67,8}{127} = 222 \text{ мА}, \quad (1.21)$$

Емкость конденсатора:

$$C_0 = \frac{30 \cdot I_0}{265} = 6,8 \text{ мкФ}, \quad (1.22)$$

Выбираем стандартное значение 6,8 мкФ

Для двухполупериодного выпрямителя

$$L_\phi \cdot C_\phi = 2.5 \cdot K_c = 2,5 \cdot 25 = 62,5 \text{ Гн} \cdot \text{мкФ} \quad (1.23)$$

Так как произведение $L_{\phi} \cdot C_{\phi} = 62,5 < 200$, то второго звена фильтра не требуется.

C_{ϕ} выбираем из соотношения по формуле (1.15):

$$C_{\phi} = 2 \cdot 6,8 = 13,6 \text{ мкФ},$$

Выбираем стандартный электрический конденсатор 15 мкФ, тогда:

$$L_{\phi} = \frac{0,5 \cdot K_c}{C_{\phi}} = \frac{0,5 \cdot 62,5}{15} = 4,16 \text{ Гн}, \quad (1.23)$$

ПРИМЕЧАНИЕ: если произведение $L_{\phi} \cdot C_{\phi}$ получается больше 200 Гн. мкФ, то в том случае добавляется второе звено фильтра и L_{ϕ} находится из выражений:

для однополупериодного выпрямителя

$$L_{\phi} = \frac{10\sqrt{K_c}}{C_{\phi}} \quad (1.24)$$

для двухполупериодного выпрямителя

$$L_{\phi} = \frac{2,5\sqrt{K_c}}{C_{\phi}} \quad (1.25)$$

Пример №3

Рассчитать пример с фильтром, работающий на активную нагрузку, если напряжение сети $U_1 = 220\text{В}$, выпрямленное напряжение на нагрузке $U_H = 500\text{В}$, выпрямленный ток в нагрузке $K_2 = 0,1\%$

РЕШЕНИЕ:

Выбираем схему выпрямителя, исходя из заданных значений:

$$U_H = 500\text{В}, P_H = I_0 U_H = 0,2 \cdot 500 = 150\text{Вт}$$

Этим условиям отвечает мостовая схема выпрямителя.

Так как $I_0 = 300\text{мА} > 20\text{мА}$, то выбираем фильтр LC типа.

Рассчитывает режим диодов т.е. определяем значения $I_{0в}$ и $U_{обр}$.

Для мостовой схемы по формуле (1.19)

$$I_{0в} = 0,8 \cdot 300 = 240\text{мА}$$

При нахождении обратного напряжения на диодах выпрямителя надо учесть потери напряжения на элементах фильтра, так как выбран LC-фильтр, то по формуле (1.2)

$$U_0 = 1,1 \cdot 500 = 550\text{В},$$

Для мостовой схемы выпрямителя

$$U_{\text{обр}} = 1,7U_0 = 1,7 \cdot 550 = 935\text{В} \quad (1.26)$$

По полученным значениям $I_{0\text{В}} = 240\text{мА}$ и $U_{\text{обр}} = 935\text{В}$ выбираем диод, который имеет $\Delta U = 310\text{В}$, $U_{\text{обр}} = 2000\text{В}$, $I_{0\text{В}} = 0,5\text{А}$

Внутреннее сопротивление трансформатора для мостовой схемы:

$$R_{\text{mp}} = \frac{1000 \cdot \Delta U}{I_0 \cdot \sqrt[4]{U_0 \cdot I_0}} = \frac{1000 \cdot 550}{300 \cdot \sqrt[4]{550 \cdot 300}} = 76,9\text{Ом}, \quad (1.27)$$

Переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора для мостовой схемы по формуле (1.6):

$$U_2 = 0,75 \cdot 550 + \frac{60 \cdot (11,6 + 76,9)}{265} = 467,4\text{В},$$

Ток вторичной обмотки трансформатора

$$I_2 = 1,41I_0 + \frac{16,6U_0}{R_i + R_{\text{mp}}} = 1,41 \cdot 300 + \frac{16,6 \cdot 550}{11,6 + 76,9} = 517,2\text{А}, \quad (1.28)$$

Ток первичной обмотки трансформатора

$$I_1 = \frac{1,2U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{1,2 \cdot 467,4 \cdot 517,2}{220} = 13186\text{мА}, \quad (1.29)$$

Емкость конденсаторов

$$C_0 = \frac{30 \cdot I_0}{265} = \frac{30 \cdot 300}{550} = 16,4\text{мкФ}, \quad (1.30)$$

Выбираем стандартные значения $C_0 = 18\text{мкФ}$

Коэффициент пульсации:

$$K_{\text{nl}} = \frac{300 \cdot I_0}{U_0 C_0} = \frac{300 \cdot 300}{550 \cdot 18} = 9,1\%, \quad (1.31)$$

Коэффициент сглаживания:

$$K_c = \frac{K_{n1}}{K_{n2}} = \frac{9,1}{0,1} = 91, \quad (1.32)$$

Для двухполупериодного выпрямителя:

$$L_\phi C_\phi = 2,5 \cdot K_c = 2,5 \cdot 91 = 227 \text{Гн} \cdot \text{мкФ} \quad (1.33)$$

Так как произведение $L_\phi C_\phi = 227 > 200$, то добавляется второе звено фильтра и L_ϕ находим из соотношения

$$L_\phi = \frac{2,5\sqrt{K_c}}{C_\phi} \quad (1.34)$$

C_ϕ фильтра выбираем из соотношения

$$C_\phi = 2C_0 = 2 \cdot 18 = 36 \text{мкФ}, \quad (1.35)$$

$$L_\phi = \frac{2,5\sqrt{K_c}}{C_\phi} = \frac{2,5 \cdot \sqrt{91}}{36} = 0,66 \text{Гн}, \quad (1.36)$$

Пример №4

Рассчитать выпрямитель с фильтром, работающий на активную нагрузку, если:

напряжение сети $U_1=127$ В;

выпрямленное напряжение на нагрузке $U_H=4000$ В;

допустимый коэффициент, пульсаций на нагрузке $K_{n2}=0,1$ %;

выпрямленный ток в нагрузке $I_0=30$ мА.

РЕШЕНИЕ:

Выбираем схему выпрямителя, исходя из заданных значений:

$U_H=4000$ В, $P_H=U_H \cdot I_0=4000 \cdot 0,03=120$ Вт.

Этим условиям отвечает схема с удвоением напряжения, так как $I_0=30$ мА > 20 мА, то выбираем фильтр LC-типа.

Рассчитываем режим диодов, т.е. определяем значение $I_{обв}$ и $U_{обр}$.

Для схемы с удвоением напряжения по формуле (1.1)

$$I_{обв}=1,6 \cdot 30=48 \text{ мА}.$$

При нахождении обратного напряжения на диодах выпрямителя надо учесть потери напряжения на элементах фильтра. Так как выбран фильтр LC-типа, то по формуле (1.2):

$$U_0 = 1,1 \cdot 4000 = 4400 \text{ В}$$

Для схемы удвоения напряжения:

$$U_{\text{обр}} = 1,7 \cdot U_0 \cdot 4400 = 7480 \text{ В} \quad (1.37)$$

По полученным значениям $I_{\text{обв}} = 48 \text{ мА}$ и $U_{\text{обр}} = 7480 \text{ В}$, выбираем диод КЦ 105, который имеет:

$$I_{\text{обв}} = 0,05 \text{ А} \quad U_{\text{обр}} = 8500 \text{ В}, \quad \Delta U = 7,0 \text{ В.}$$

Внутреннее сопротивление диода по формуле (1.4):

$$R_i = \frac{\Delta U}{I_o} = \frac{7,0}{0,03} = 233 \text{ Ом},$$

Приведенное сопротивление трансформатора для схемы удвоения напряжения:

$$R_{mp} = \frac{220 \cdot \Delta U}{I_o \cdot \sqrt[4]{U_0 \cdot I_o}} = \frac{220 \cdot 4400}{30 \cdot \sqrt[4]{4400 \cdot 30}} = 169,3 \text{ Ом}, \quad (1.38)$$

Ток вторичный обмоток трансформатора:

$$I_2 = 2,8I_o + \frac{8U_0}{R_i + R_{mp}} = 2,8 \cdot 30 + \frac{8 \cdot 4400}{233 + 169,3} = 102,3 \text{ А}, \quad (1.39)$$

Ток первичный обмотки трансформатора :

$$I_1 = \frac{1,2U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{1,2 \cdot 1890 \cdot 102,3}{127} = 1827 \text{ мА}, \quad (1.40)$$

Емкость конденсатора:

$$C_1 = C_2 = \frac{125 \cdot I_o}{U_0} = \frac{125 \cdot 30}{4400} = 0,85 \text{ мкФ}, \quad (1.41)$$

Выбираем стандартного значение емкостей: $C_1 = C_2 = 1 \text{ мкФ}$

Коэффициент пульсаций:

$$K_{nl} = \frac{1250 \cdot I_o}{U_0 C} = \frac{1250 \cdot 30}{4400 \cdot 1} = 8,52\%, \quad (1.42)$$

Коэффициент сглаживания фильтра по формуле (1.13):

$$K_c = \frac{K_{n1}}{K_{n2}} = \frac{8,52}{0,1} = 85,2,$$

Для двухполупериодного выпрямителя по формуле (1.27):

$$L_\phi C_\phi = 2,5 \cdot 85,2 = 213 \text{ Гн} \cdot \text{мкф}$$

Так как произведение $L_\phi C_\phi = 213 > 200$, то добавляется второе звено фильтра и L_ϕ находим из соотношения по формуле (1.25):

C_ϕ выбираем из соотношения по формуле (1.22):

$$C_\phi = 2 \cdot 1 = 2 \text{ мкФ},$$

$$L_\phi = \frac{2,5 \cdot \sqrt{65,2}}{2} = 11,5 \text{ Гн},$$

Конденсатор выбираем стандартный электролитический 2,2 мкф.

Таблица №1.1.3.1 Данные для решения задач

№	Номер варианта	Напряжение сети, равное напряжению первичной обмотки трансформатора, В	Выпрямленное напряжение на нагрузке, В.	Выпрямленный ток в нагрузке, В.	Коэффициент пульсации на нагрузке
1	00,20,40,60,80	220	400	5	0,5
2	01,21,41,61,81	380	200	50	0,5
3	02,22,42,62,82	127	300	500	0,1
4	03,23,43,63,83	127	5000	10	0,05
5	04,24,44,64,84	380	500	10	0,2
6	05,25,45,65,85	220	150	100	0,01
7	06,26,46,66,86	220	50	1000	0,2
8	07,27,47,67,87	127	800	15	0,5
9	08,28,48,68,88	380	600	3	0,8
10	09,29,49,69,89	220	400	25	1
11	10,30,50,70,90	220	100	1000	0,25
12	11,31,51,71,91,	220	3000	20	0,1
13	12,32,52,72,92	127	600	2	0,1
14	13,33,53,73,93	220	300	40	0,05
15	14,34,54,74,94,	220	300	800	0,05
16	15,35,55,75,95	220	4000	20	0,4
17	16,36,56,76,96	220	400	10	2
18	17,37,57,77,97	127	200	100	0,05
19	18,38,58,78,98,	127	200	500	0,2
20	19,39,59,79,99	380	800	30	0,5

Контрольные вопросы:

1. Перечислите типы электронных приборов.
2. Опишите основные параметры выпрямителей.

1.1.4. Таблицы истинности для логических элементов

Логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ и их таблицы истинности. Электрическая схема, предназначенная для выполнения какой-либо логической операции с входными данными, называется логическим элементом. Входные данные представляются здесь в виде напряжений различных уровней, и результат логической операции на выходе - также получается в виде напряжения определенного уровня.

Операнды в данном случае подаются в двоичной системе счисления - на вход логического элемента поступают сигналы в форме напряжения высокого или низкого уровня, которые и служат, по сути, входными данными. Так, напряжение высокого уровня - это логическая единица 1 - обозначает истинное значение операнда, а напряжение низкого уровня 0 - значение ложное. 1 - ИСТИНА, 0 - ЛОЖЬ

Логический элемент - элемент, осуществляющий определенные логические зависимость между входными и выходными сигналами. Логические элементы обычно используются для построения логических схем вычислительных машин, дискретных схем автоматического контроля и управления. Для всех видов логических элементов, независимо от их физической природы, характерны дискретные значения входных и выходных сигналов.

Логические элементы имеют один или несколько входов и один или два (обычно инверсных друг другу) выхода. Значения «нулей» и «единиц» выходных сигналов логических элементов определяются логической функцией, которую выполняет элемент, и значениями «нулей» и «единиц» входных сигналов, играющих роль независимых переменных. Существуют элементарные логические функции, из которых можно составить любую сложную логическую функцию.

Логический элемент «И» - конъюнкция, логическое умножение, AND

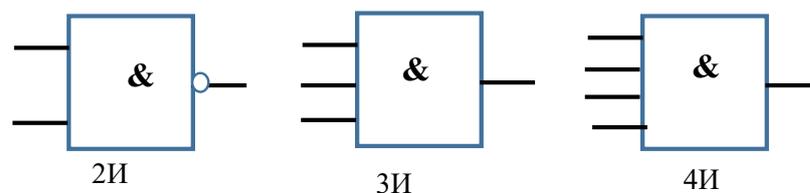
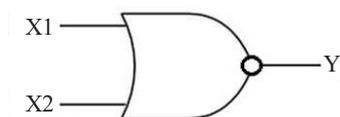


Рисунок 1.1.4.1 Логический элемент «И»

«И» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию конъюнкции или логического умножения. Данный элемент может

иметь от 2 до 8 (наиболее распространены в производстве элементы «И» с 2, 3, 4 и 8 входами) входов и один выход.

Условные обозначения логических элементов «И» с разным количеством входов приведены на рисунке 1.1.4.1. В тексте логический элемент «И» с тем или иным числом входов обозначается как «2И», «4И» и т. д. - элемент «И» с двумя входами, с четырьмя входами и т. д.



Вход X1	Вход X2	Выход Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Рисунок 1.1.4.2 Таблица истинности для логического элемента «И»

Таблица истинности рисунок 1.1.4.2 для элемента 2И показывает, что на выходе элемента будет логическая единица лишь в том случае, если логические единицы будут одновременно на первом входе И на втором входе. В остальных трех возможных случаях на выходе будет ноль.

На западных схемах значок элемента «И» имеет прямую черту на входе и закругление на выходе. На отечественных схемах - прямоугольник с символом «&».

Логический элемент «ИЛИ» - дизъюнкция, логическое сложение, OR

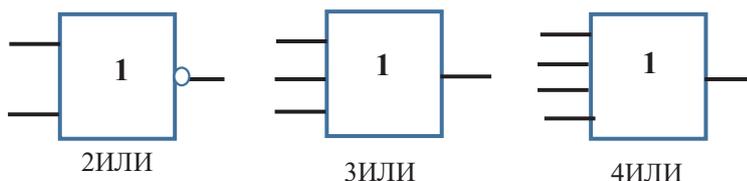
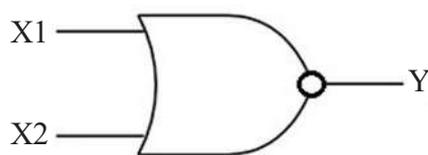


Рисунок 1.1.4.3. Логический элемент «ИЛИ»

«ИЛИ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию дизъюнкции или логического сложения. Он так же, как и элемент «И» выпускается с двумя, тремя, четырьмя и т. д. входами и с одним выходом. Условные обозначения логических элементов «ИЛИ» с различным количеством входов показаны на рисунке 1.1.4.3. Обозначаются данные элементы так: 2ИЛИ, 3ИЛИ, 4ИЛИ и т. д.



Вход X1	Вход X2	Вход Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Рисунок 1.1.4.4 Таблица истинности для логического элемента «ИЛИ»

Таблица истинности рисунок 1.1.4.4 для элемента «ИЛИ» показывает, что для появления на выходе логической единицы, достаточно чтобы логическая единица была на первом входе ИЛИ на втором входе. Если логические единицы будут сразу на двух входах, на выходе также будет единица.

Логический элемент «НЕ» - отрицание, инвертор, NOT

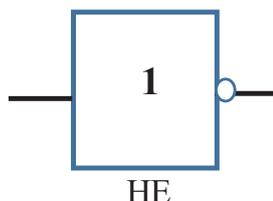


Рисунок 1.1.4.5 Логический элемент «НЕ»

«НЕ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического отрицания. Данный элемент, имеющий один выход и только один вход, называют еще инвертором, поскольку он на самом деле инвертирует (обращает) входной сигнал. На рисунке 1.1.4.5 приведено условное обозначение логического элемента «НЕ».

Таблица истинности для элемента НЕ

Таблица истинности для инвертора показывает, что высокий потенциал на входе даёт низкий потенциал на выходе и наоборот.

На западных схемах значок элемента «НЕ» имеет форму треугольника с кружочком на выходе. На отечественных схемах - прямоугольник с символом «1», с кружком на выходе.

Логический элемент «И-НЕ» - конъюнкция (логическое умножение) с отрицанием, NAND

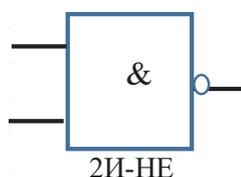
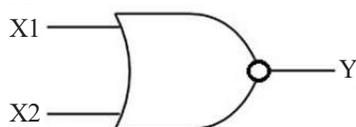


Рисунок 1.1.4.6. Логический элемент «И-НЕ»

«И-НЕ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического сложения, и затем операцию логического отрицания, результат подается на выход. Другими словами, это в принципе элемент «И», дополненный элементом «НЕ». На рисунке приведено условное обозначение логического элемента «2И-НЕ».



Вход X1	Вход X2	Вход Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Рисунок 1.1.4.7. Таблица истинности для логического элемента «И-НЕ».

Таблица истинности для элемента «И-НЕ» противоположна таблице для элемента «И». Вместо трех нулей и единицы - три единицы и ноль. Элемент «И-НЕ» называют еще «элемент Шеффера» в честь математика Генри Мориса Шеффера, впервые отметившего значимость этой логической операции в 1913 году. Обозначается как «И», только с кружочком на выходе.

Логический элемент «ИЛИ-НЕ» - дизъюнкция (логическое сложение) с отрицанием, NOR

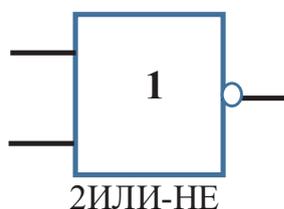
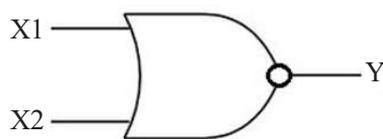


Рисунок 1.1.4.8. Логический элемент «ИЛИ -НЕ»

«ИЛИ-НЕ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического сложения, и затем операцию логического отрицания, результат подается на выход. Иначе говоря, это элемент «ИЛИ», дополненный элементом «НЕ» - инвертором. На рисунке приведено условное обозначение логического элемента «2ИЛИ-НЕ».



Вход X1	Вход X2	Вход Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Рисунок 1.1.4.9. Таблица истинности для логического элемента «ИЛИ-НЕ».

Таблица истинности для элемента «ИЛИ-НЕ» противоположна таблице для элемента «ИЛИ». Высокий потенциал на выходе получается лишь в одном случае - на оба входа подаются одновременно низкие потенциалы. Обозначается как «ИЛИ», только с кружочком на выходе, обозначающим инверсию.

1.1.5. Устройство, принципы действия, основные технические параметры, маркировку, условные обозначения и область применения различных полупроводниковых приборов

Назначение полупроводниковых диодов

Полупроводниковый диод - полупроводниковый прибор, в широком смысле - электронный прибор, изготовленный из полупроводникового материала, имеющий два электрических вывода (электрода). В более узком смысле - полупроводниковый прибор, во внутренней структуре которого сформирован один *p-n*-переход.

В отличие от других типов диодов, например, вакуумных, принцип действия полупроводниковых диодов основывается на различных физических явлениях переноса зарядов в твердотельном полупроводнике и взаимодействии их с электромагнитным полем в полупроводнике.

На рисунке 1.1.5.1 представлена структура диода

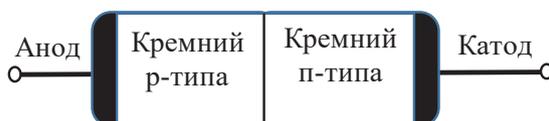


Рисунок 1.1.5.1. Структура полупроводникового диода

Схемы включения диодов

Обратное включение диода. Теперь посмотрим, как у полупроводникового диода получается выполнять свою основную функцию - проводить ток только в одном направлении. Подключим источник питания - плюс к катоду, минус к аноду рисунок 1.1.5.2.

В соответствии с силой притяжения, возникшей между зарядами разной полярности, электроны из N начнут движение к плюсу и отдалятся от PN перехода. Аналогично, дырки из P будут притягиваться к минусу, и также отдалятся от PN перехода. В результате плотность вещества у электродов повышается. В действие приходит диффузия и начинает толкать частицы обратно, стремясь к равномерной плотности вещества.

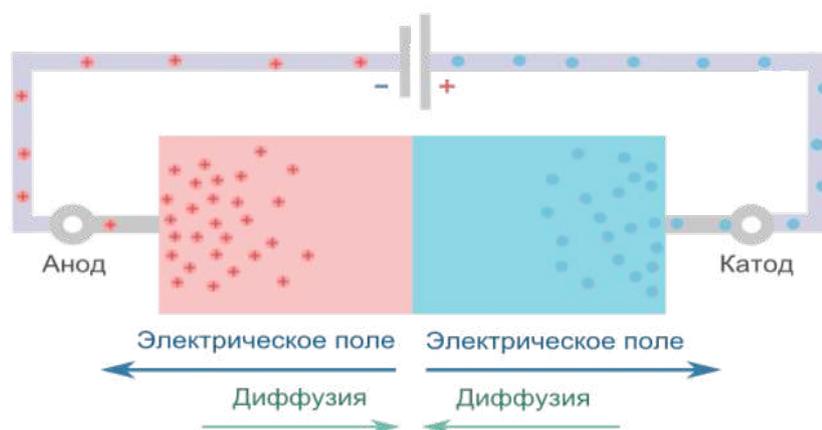


Рисунок 1.1.5.2 Обратное включение диода.

Как мы видим, в этом состоянии диод не проводит ток. При повышении напряжения, в PN переходе будет все меньше и меньше заряженных частиц.

Прямое включение диода

Меняем полярность источника питания - плюс к аноду, минус к катоду. В таком положении, между зарядами одинаковой полярности возникает сила отталкивания рисунок 1.1.5.3. Отрицательно заряженные электроны отдаляются от минуса и двигаются сторону pn перехода. В свою очередь, положительно заряженные дырки отталкиваются от плюса и направляются навстречу электронам. PN переход обогащается заряженными частицами с разной полярностью, между которыми возникает электрическое поле – **внутреннее электрическое поле PN перехода**. Под его действием электроны начинают дрейфовать на сторону P. Часть из них рекомбинируют с дырками (заполняют место в атомах, где не хватает электрона). Остальные электроны устремляются к плюсу батарейки. Через диод пошел ток I_D .

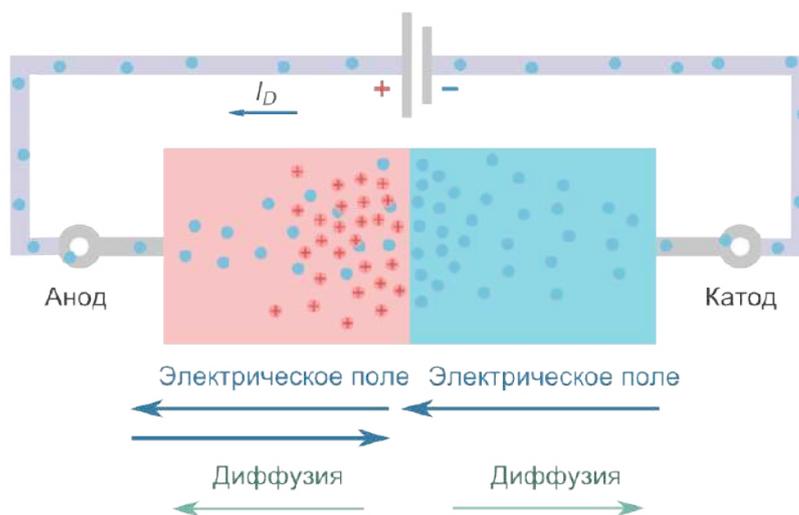


Рисунок 1.1.5.3 Прямое включение диода

Чтобы не возникло путаницы, напомним, что направление тока на электрических схемах обратно направлению потока электронов.

Таблица 1.1.5.1 Виды и обозначение, маркировка диодов

Наименование	Обозначение
Диод, общее обозначение	
Стабилитрон	
Варикап	
Диод тоннельный	
Диод Шоттки	
Светодиод	
Фотодиод	
Выпрямительные блоки	

По назначению полупроводниковые диоды делятся:

1. Основные

- **Выпрямительные** диоды различных классов, отличающиеся напряжением, временем переключения, рабочей полосой частот. ВАХ как у обычного *p-n*-перехода. В качестве выпрямительных используют сплавные эпитаксиальные и диффузионные диоды, выполненные на основе несимметричных *p-n*-переходов. Для выпрямительных диодов характерны малые сопротивления и большие токи в прямом режиме. Барьерная емкость из-за большой площади перехода достигает значений десятков пикофард. Германиевые выпрямительные диоды применяют до температур 70-80°C, кремниевые до 120-150°C, арсенид-галлиевые до 150°C.

- **Импульсные** – имеют очень малую длительность переходных процессов из-за малых емкостей переходов (доли пикофард); уменьшение емкостей достигается за счет уменьшения площади *p-n*-перехода, поэтому допустимые мощности рассеяния у них меньше, чем у низкочастотных выпрямительных диодов. Их используют в импульсных схемах.

- **Высокочастотные диоды** - предназначены для выпрямления различных нелинейных преобразований эл. сигналов до 600 МГц.

2. Специальные

- **Стабилитроны** – диоды, предназначенные для работы в режиме электрического пробоя. В этом режиме при значительном изменении тока стабилитрона напряжение на нем, меняется мало. В низковольтных (до 5,7В) стабилитронах используется туннельный пробой, а в высоковольтных – лавинный пробой. В них более высокоомная база.

- **Диод Шоттки** – разновидность выпрямительных диодов, работающий на основе выпрямляющего контакта металл – полупроводник, образующего контактную разность потенциалов из-за перехода части электронов из полупроводника *n*-типа в металл и уменьшения концентрации электронов в полупроводниковой части контакта. Эта область обладает повышенным сопротивлением. При подключении внешнего источника плюсом к металлу, а минусом к полупроводнику, потенциальный барьер понизится и через переход пойдет прямой ток.

- **Варикап** – полупроводниковый диод, предназначенный для работы в качестве емкости, величина которой зависит от приложенного к нему напряжения.

- **Туннельный диод** – полупроводниковый диод с падающим участком на прямой ветви ВАХ, обусловленный туннельным эффектом

По конструкции:

- **Плоскостные** (имеют большую площадь *p-n* переходы, большую емкость, работают только на низких частотах).

- **Точечные** (малая площадь *p-n* переход, малая емкость, повышенная чувствительность).

Маркировка:

Маркировка полупроводникового диода представляет собой аббревиатуру от основных параметров устройства. Например, КД196В – кремниевый диод с напряжением пробоя до 0,3 В, напряжением 9,6, модель третьей разработки.

Исходя из этого:

1. Первая буква определяет материал, из которого изготовлен прибор;
2. Наименование устройства;
3. Цифра, определяющая назначение;
4. Напряжение прибора;
5. Число, которое определяет прочие параметры (зависит от типа детали).

Контрольные вопросы:

1. В чем основное назначение диодов?
2. Перечислите виды полупроводниковых диодов.
3. Объясните принцип действия диодов.

1.1.6. Классификация и принцип действия усилителей

Характеристики усилителей

Усилителем называется устройство, которое осуществляет усиление мощности входного сигнала за счет энергии источника энергии большой мощности с помощью управляющих элементов (транзисторов, триодов)

Структурная схема усилителя

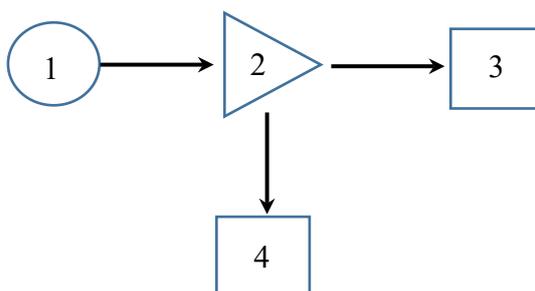


Рисунок 1.1.6.1 Структурная схема усилителя

1- источник входного сигнала; 2- усилитель; 3- нагрузка усилителя;
4- источник питания

Классификация усилителей

1. По роду входного сигнала.
 - а) усилители гармонических колебаний;

- б) усилители импульсов;
 - в) усилители постоянного тока (медленно меняющийся ток).
2. По роду усиливаемой величины.

- а) усилители U ;
- б) усилители I ;
- в) усилители P .

Часть усилителя, составляющая одну ступень усиления, называют каскадом.

Основные параметры и характеристики усилителей

1. K - коэффициент усиления.

$$K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}}; \quad K_I = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}}; \quad K_P = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} \quad (1.43)$$

Коэффициенты усиления выражают в децибелах (Дб), тогда они исчисляются десятичными логарифмами

$$K_P(\text{Дб}) = 10 \lg K_P; \quad K_I(\text{Дб}) \lg = 20 K_I; \quad K_U(\text{Дб}) = 20 \lg K_U$$

2. $R_{\text{ВХ}}$ – сопротивление входа- сопротивление, которое оказывает усилитель входному сигналу;

3. $R_{\text{ВЫХ}}$ – сопротивление выхода;

4. АЧХ – амплитудно – частотная характеристика;

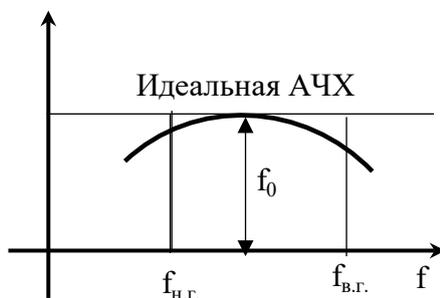


Рисунок 1.1.6.2 Амплитудно – частотная характеристика

Характеристика отображают его способность усилитель с определенной степенью точности, сигналы различной f и формы рисунок 1.1.6.2.

Из-за присутствия в усилителе реактивных элементов сигналы разных f усиливаются не одинаково, а входные сигналы сдвигаются относительно входных на разные углы.

Рабочим диапазоном частота усилителя называют интервал частоты, в пределах которого модуль коэффициента усиления K остается постоянным или уменьшается (увеличивается) в заранее заданных пределах.

5. Мерой частотных искажений служить коэффициент частотных искажений:

$$M = \frac{K_0}{K_f}; \quad (1.44)$$

где K_0 - коэффициент усиления по средней частоте.

K_f – коэффициент усиления по рабочей частоте.

6. ФЧХ- фазо – частотная характеристика.

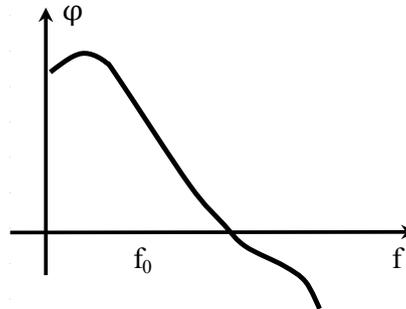


Рисунок 1.1.6.3 Фазо - частотная характеристика
 φ - угол сдвига фазы выходного сигнала
 по отношению к фазе входного сигнала

Положительные значения φ откладываются на вертикальной оси рисунок 1.1.6.3, соответствуют опережению фазы входного напряжения относительно фазы входного сигнала. Диапазон частоты от 0 до f_0 называют диапазоном низких частота. На f_0 $\varphi = 0$, далее с увеличением частоты φ имеет отрицательное значение.

7. АХ- амплитудная характеристика

В рабочем диапазоне характеристика должна быть прямолинейна Рисунок 1.1.6.4, для уменьшения коэффициента искажения.

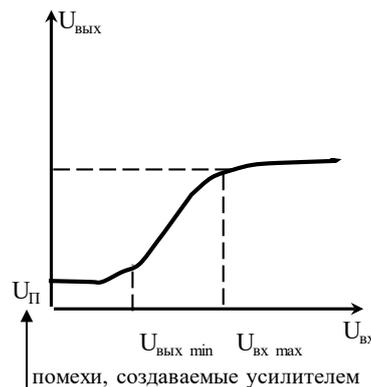


Рисунок 1.1.6.4. Амплитудная характеристика.

8. Чувствительность усилителя– определяет ,какой минимальный сигнал на входе может быть усилен усилителем.

Если $U_{\text{вых}} < U_{\text{вх}}$, то на входе сигнал определяется собственным уровнем шумов данного усилителя:

Шум определяется тремя составляющими:

- тепловая;

- флуактационная (прохождение носителей через переходы);
- внешние помехи (нестабильность источника питания).

Шумы зависят от f выбора рабочей точки, сопротивление источника сигнала растут с растом коллекторных токов.

9. Коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{P_{\text{выхода}}}{P_{\text{потреб}}} \cdot 100\% \quad (1.42)$$

где- $P_{\text{вых}}$ – выходная мощность усилителя на источнике;

$P_{\text{потреб}}$ – потребляемая мощность усилителя от источника питания.

10. Коэффициент усиления многокаскадного усилителя;

$$K = K_1 K_2 K_3 \quad (1.42)$$

$$K_1 (\text{Дб}) = 20 \lg K_{11} + 20 \lg K_{12} \lg K_{13}; \quad K_p (\text{Дб}) = 10 \lg K_p$$

Контрольные вопросы:

1. В чем назначение усилителя?
2. Назовите основные параметры усилителя.
3. Назовите основные характеристики усилителя.

1.2. Типы и эксплуатация электронных приборов

1.2.1. Типовые схемы генераторов и импульсных устройств, источников питания, преобразовательных устройств

Общие сведения

Сигнал - физический процесс, несущий информацию. По природе физического процесса делятся на электромагнитные, в частности электрические (телефония, радио, телевидение, мобильная связь, ЛВС, Интернет), световые (оптоволоконный кабель), звуковые (общение людей), пневматические и гидравлические (определенные отрасли автоматике) и др.

Сигнал имеет **Информативный** (несущий информацию) и **Неинформативный** (не несущий информацию) параметр.

Пример: если информацию несет амплитуда гармонического сигнала, то частота и фаза этого сигнала будут неинформативными.

Импульсные сигналы - сигналы, информацию в которых несут параметры импульсов. **Импульс** - кратковременное отклонение физического процесса от установленного значения. Кратковременное отклонение имеет не абсолютное, а относительное значение, т. е. длительность отклонения меньше или сопоставима с длительностью процесса.

Импульсные сигналы имеют преимущества перед непрерывными сигналами: средняя мощность импульсного сигнала значительно меньше средней мощности непрерывного сигнала при сопоставимой информационной емкости. Кроме того, в паузах между импульсами одного

сигнала можно передавать импульсы другого сигнала и тем самым увеличить информационную вместимость канала. Одним из специальных видов импульсных сигналов есть сигналы цифровой и компьютерной техники.

Существуют два вида импульсов: видеоимпульсы и радиоимпульсы.

Видеоимпульсы - это кратковременное отклонение физического параметра, несущего информацию, от установленного значения рисунок 1.2.1.1.

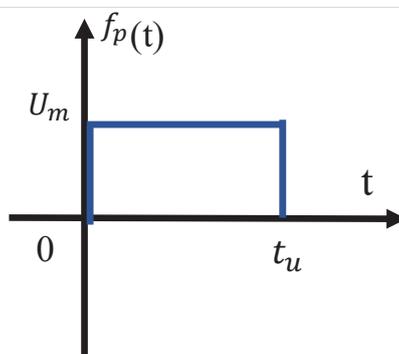


Рисунок 1.2.1.1 Видеоимпульс

Радиоимпульс - это отрезок высокочастотного колебания определенной формы. Радиоимпульсы широко используют для передачи информации каналами радиосвязи, в телевидении и радиолокации.

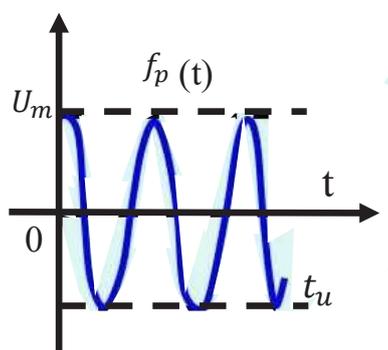


Рисунок 1.2.1.2 Радиоимпульс

На практике используют **Последовательности импульсов**, рисунок 1.2.1.3 повторяющиеся через определенный интервал времени.

Импульсные сигналы бывают **Периодическими** и **Непериодическими**. Периодическими считаются сигналы, значения которых повторяются через определенный промежуток времени.

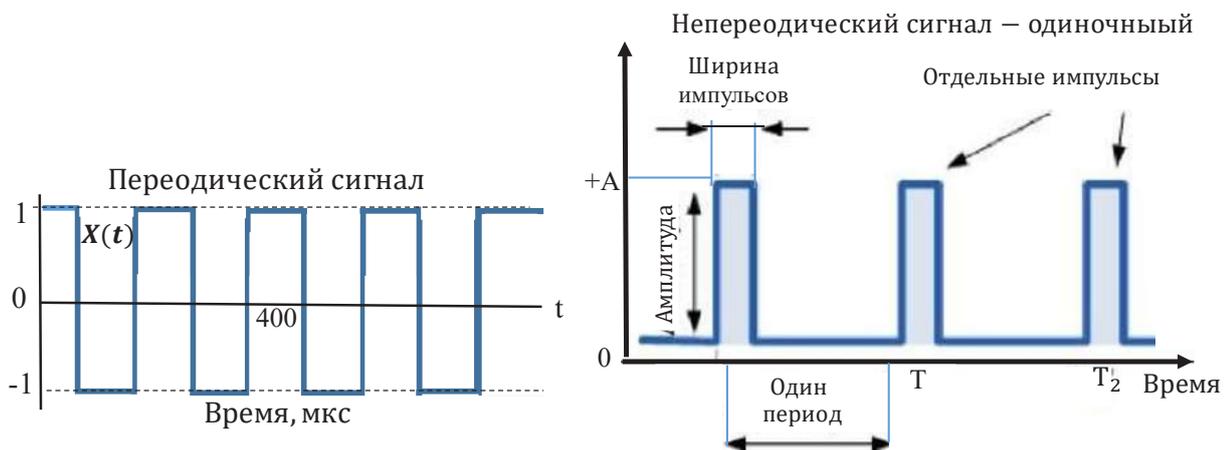


Рисунок 1.2.1.3 Периодический и непериодический сигнал

Параметры импульсов рисунок 1.2.1.4:

Фронт - начальная часть импульса, характеризующая нарастание информативного параметра.

Спад - информативный параметр падает до установленного значения.

Вершина - часть импульса, находящегося между передним и задним фронтами.

Амплитуда - наибольшее отклонение информативного параметра сигнала от установленного значения.

Длительность импульса T_1 - отрезок времени, измеренный на уровне, соответствующему половине амплитуды.

Период повторения импульсов T в импульсной последовательности - интервал времени между двумя соседними импульсами в импульсной последовательности.

Длительность фронта импульса - это время t_F нарастания импульса от 0,1 до 0,9 амплитудного значения, или время спада t_B от 0,9 до 0,1 амплитудного значения.

Среднее квадратичное значение импульса - значение постоянного напряжения, который за одинаковые промежутки времени при одинаковых значениях сопротивления выделяет такую же самую мощность.

Неравномерность вершины δ - разница значений в начале и в конце импульса.

Выброс на вершине b_1 - кратковременное отклонение сигнала на вершине импульса в начальной его части.

Выброс в паузе B_2 - кратковременное отклонение сигнала после завершения действия импульса.

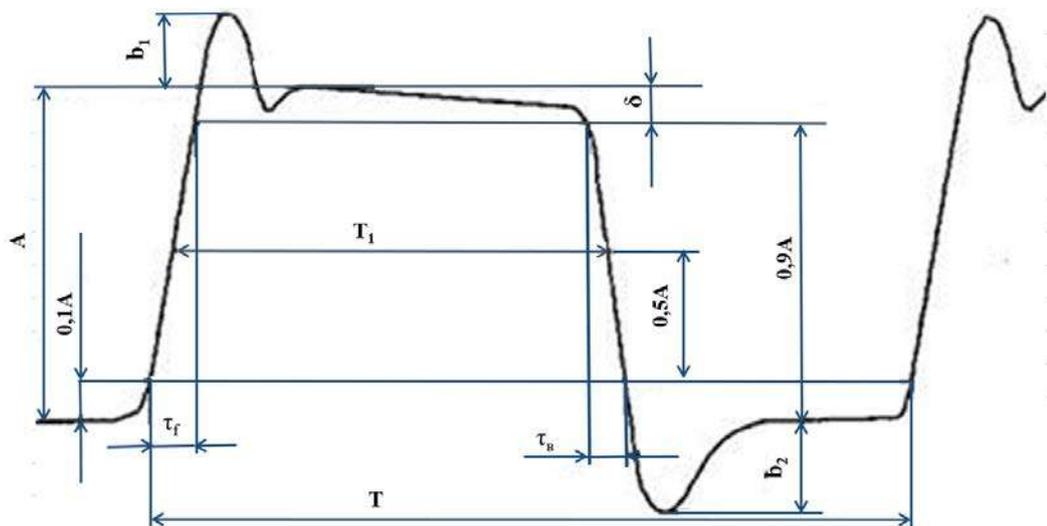


Рисунок 1.2.1.4 Параметры импульсов

Виды импульсных сигналов и способы их отображения.

Импульсные сигналы могут отображаться в **Аналитической** (в виде уравнения) и **Графической** формах.

$$u(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } -\infty < t < 0 \\ U_m & \text{если } 0 \leq t < \tau \\ 0, & \text{если } \tau \leq t < \infty \end{cases}$$

Контрольные вопросы:

1. Назовите определение импульса.
2. Какие виды импульсов существуют?

Общие сведения

Компаратор аналоговых сигналов (в переводе с латинского compare - сравнивать - сравнивающее устройство) - электронная схема, принимающая на свои входы два аналоговых сигнала и выдающая сигнал высокого уровня, если сигнал на неинвертирующем входе («+») больше, чем на инвертирующем (инверсном) входе («-»), и сигнал низкого уровня, если сигнал на неинвертирующем входе меньше, чем на инверсном входе. Значение выходного сигнала компаратора при равенстве входных напряжений, в общем случае не определено. Обычно в логических схемах сигналу высокого уровня приписывается значение логической 1, а низкому - логического 0. Через компараторы осуществляется связь между непрерывными сигналами, например, напряжения и логическими переменными цифровых устройств.

Применяются в различных электронных устройствах, устройствах сигнализации, допускового контроля и других.

Одно из напряжений (сигналов), подаваемое на один из входов компаратора обычно называют опорным или пороговым напряжением.

Пороговое напряжение делит весь диапазон входных напряжений, подаваемых на другой вход компаратора на два поддиапазона. Состояние выхода компаратора, высокое или низкое, указывает, в каком из двух поддиапазонов находится входное напряжение. Компаратор с одним входным пороговым напряжением принято называть однопороговым компаратором, существуют компараторы с двумя или несколькими пороговыми напряжениями, которые, соответственно делят диапазон входного напряжения на число поддиапазонов на 1 большее числа порогов.

Сравниваемый сигнал может подаваться как на инвертирующий, так и на неинвертирующий вход компаратора. Соответственно, в зависимости от этого компаратор называют инвертирующим или неинвертирующим.

Схемотехнически простейший компаратор представляет собой дифференциальный усилитель с высоким коэффициентом усиления (в идеале - бесконечным). Обычно в качестве компараторов напряжения в современной электронике применяют микросхемы операционных усилителей (ОУ). Но существуют и выпускаются специализированные для применения в качестве компараторов микросхемы.

Микросхема компаратора отличается от обычного линейного (ОУ) устройством и входного, и выходного каскадов:

- Входной каскад компаратора должен выдерживать широкий диапазон дифференциальных входных напряжений (между инвертирующим и неинвертирующим входами), вплоть до значений питающих напряжений, а также полный диапазон синфазных напряжений.

- Выходной каскад компаратора обычно конструируют совместимым по логическим уровням и токам с распространённым типом входов логических схем (технологий ТТЛ, ЭСЛ и т. п.). Возможны исполнения выходного каскада компаратора на одиночном транзисторе с открытым коллектором, что обеспечивает одновременную совместимость с ТТЛ и КМОП логическими микросхемами.

- Микросхемы компараторов не рассчитаны для работы с отрицательной обратной связью как ОУ и при их применении отрицательная обратная связь не используется. И наоборот, для формирования гистерезисной передаточной характеристики компараторы часто охватывают положительной обратной связью. Эта мера позволяет избежать быстрых нежелательных переключений состояния выхода, обусловленном шумами во входном сигнале, при медленно изменяющемся входном сигнале.

- При проектировании микросхем компараторов уделяется особое внимание быстрому восстановлению входного каскада после перегрузки и смены знака разности входных напряжений. В быстродействующих компараторах для повышения быстродействия схемотехнически не допускают захода биполярных транзисторов в выходном каскаде в режим насыщения.

Компараторы охваченные положительной обратной связью имеют гистерезис и по сути являются двухпороговыми компараторами, часто такой компаратор называют триггером Шмитта.

При равенстве входных напряжений реальные компараторы и ОУ, включенные по схеме компараторов, дают хаотически изменяющийся выходной сигнал из-за собственных шумов и шумов входных сигналов. Обычная мера подавления такого хаотического переключения - введение положительной обратной связи для получения гистерезисной передаточной характеристики.

При программном моделировании компаратора возникает проблема выходного напряжения компаратора при одинаковых напряжениях на обоих входах компаратора. В этой точке компаратор находится в состоянии неустойчивого равновесия. Проблему можно решить множеством разных способов, описанных в подразделе «программный компаратор».

Компараторы - это один из основных элементов импульсных схем. Выполняются на операционном усилителе (ОУ). Компаратор может служить преобразователем синусоидального напряжения в прямоугольное.

Принцип действия при значительном отрицательном напряжении на инвертирующем входе ОУ $U_{\text{вых}} = U_{\text{вых max}}$. Напряжение на прямом входе ОУ вызвано воздействием выходного напряжения .

$$U_{\text{пр}} = U_1 = (U_0 (R_1 + (R_1 + R_2))) + (U_{\text{вых max}} (R_2 (R_1 + R_2)))$$

Есть два вида компаратора.

1. Компаратор для сравнения напряжения одного знака.
2. Компаратор для сравнения напряжения разных знаков.

Контрольные вопросы:

1. В чем основное назначение компараторов.
2. Какие бывают виды компараторов?

Назначение генератора пилообразного напряжения

Генератор пилообразного напряжения (ГПН) предназначен для получения линейно-изменяющегося напряжения, которое в течении некоторого времени нарастает или спадает по линейному закону.

ГПН применяются:

- в каскадах сравнения, фиксирующих момент достижения напряжения заданного уровня;
- для временной задержки и расширения импульсов.

Параметры:

1. Длительность прямого хода;
2. Длительность обратного хода;
3. Период повторения;
4. Амплитуда импульса.

Принцип получения импульса основан на процессе зарядки и разрядки конденсатора через резистор.

Принцип действия ГПН

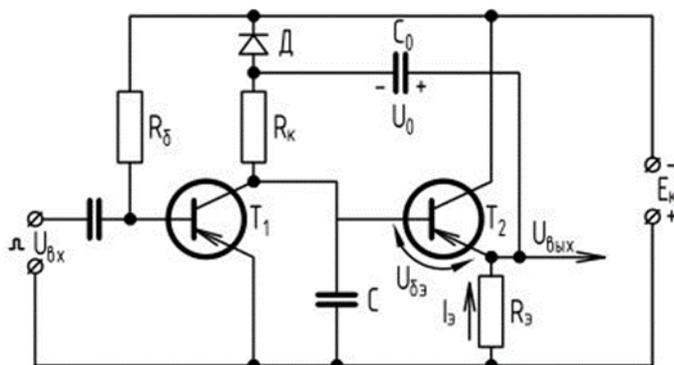


Рисунок 1.2.1.5 Генератор пилообразного напряжения

В исходном состоянии транзистор T1 открыт и находится в режиме насыщения рисунок 1.2.1.5. Диод Д открыт конденсатор обратной связи заряжен через открытый транзистор T1. Напряжение базово-эмиттерное транзистора T2 близко к нулю. При подачи напряжени положительной полярности транзистор T запирается и начинает заряд конденсатора C через резистор рисунок 1.2.1.6.

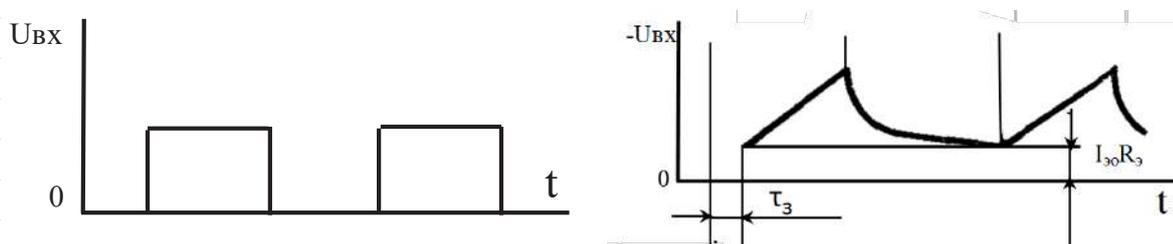


Рисунок 1.2.1.6 Форма импульса

Виды ГПН

Имеется два вида ГПН. Реальные ГПН отличаются от идеального тем, что нарастание напряжения происходит не строго по закону прямой линии, а время спада не равна нулю.

Контрольные вопросы:

1. В чем основное назначение генератора пилообразного напряжения.
2. Какие виды генераторов пилообразного напряжения знаете?

Назначение блокинг генератора

Блокинг генератором называют однокаскадный генератор с сильной индуктивной обратной связью, служащий для генерирования коротких импульсов, близких по форме к прямоугольным.

Принцип действия блокинг генератора

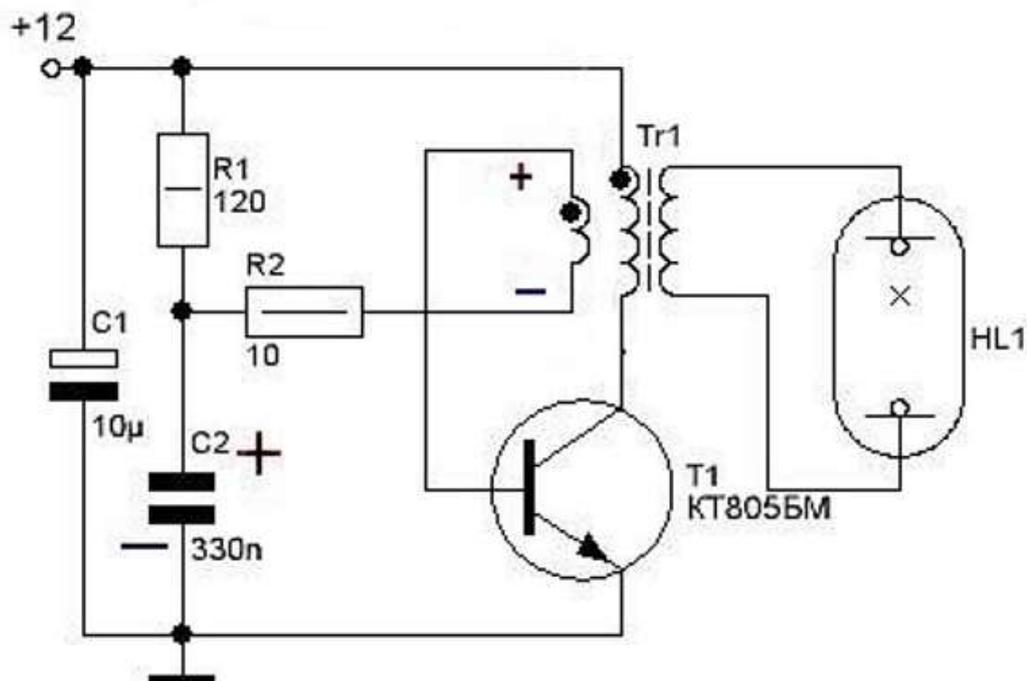


Рисунок 1.2.1.7 Блокинг генератор

Основные этапы работы: после подачи напряжения через резистор R1 происходит зарядка конденсатора C. Время завершения этого процесса определяется параметрами данных элементов. Величину тока ограничивает сопротивление цепи, а напряжение на конденсаторных клеммах не успевает стать максимальным. Как только оно достигло определённой величины, транзистор начнёт открываться. Ток начинает проходить по цепи: обмотка трансформатора – коллектор – эмиттер. На этом этапе напряжение почти мгновенно становится максимальным, а ток увеличивается относительно медленно. Он индуцирует ЭДС в обмотке трансформатора, соединённой с базой, что ещё больше увеличивает напряжение и открывает транзистор. Этот процесс завершается при насыщении сердечника трансформатора (материал не способен проводить магнитное поле определённой интенсивности). Также он прекратится при увеличении тока базы, до порога насыщения полупроводникового прибора. Транзистор закрывается. Начинается зарядка конденсатора C. Индуктивность обмотки трансформатора образует ЭДС с направлением, противоположным первоначальному. Это ускоряет закрытие транзистора. Принцип работы блокинг генератора проще понять с помощью временных диаграмм, которые иллюстрируют изменение электрических параметров в отдельных частях схемы. Диаграммы токов и напряжений представлены на рисунке 1.2.1.8.

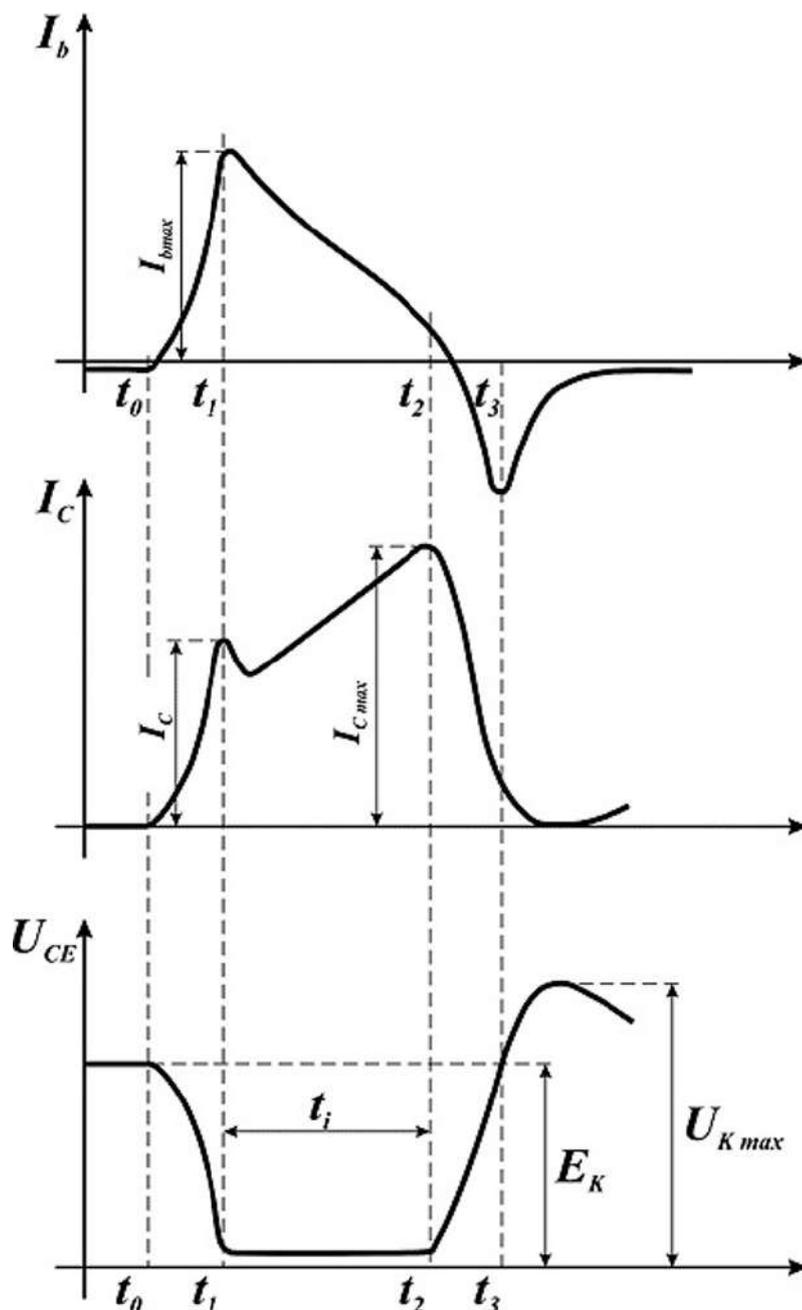


Рисунок 1.2.1.8 Временные диаграммы токов и напряжений

Виды режимов блокинг генератора

1. Автоколебательный режим.

2. Ждущий режим. Блокинг генератора (БГ) в этом режиме генерирует импульсы только при поступлении на ее вход запускающих импульсов произвольной формы. Для получения ждущего режима в блокинг генераторе должно быть включено запирающее напряжение.

Контрольные вопросы:

1. В чем назначение блокинг генератора?
2. Объясните принцип действия блокинг генератора.

1.2.2. Принцип работы основных цифровых устройств

Работу цифрового устройства или системы можно представить следующим образом:

- для выполнения той или иной команды (функции, операции, преобразования) отводится некоторый определенный интервал времени T . При этом используется генератор тактовых импульсов, который в общем случае формирует многофазную систему импульсов в виде управляющих сигналов, предназначенных для активизации начала выполнения отдельных операций команды;

- на первой части интервала T после активизации начала операции происходит преобразование всех входных кодовых слов в требуемые выходные кодовые слова;

- на второй части интервала T выходные кодовые слова отправляются на хранение в память цифровой системы, если потребуются в дальнейшем, или во внешнее устройство для выполнения определенных действий.

Из принципа работы следует: чем меньше интервал T (больше тактовая частота), тем выше быстродействие цифровой системы.

Основные типы цифровых устройств. По принципу действия, выполняемым функциям и схемным особенностям выделяют комбинационные и последовательностные цифровые устройства. Краткое описание особенностей каждого типа устройств и их сравнительная оценка приведены в таблице 1.2.2.1.

Таблица 1.2.2.1 Особенности цифровых устройств

Комбинационное устройство	Последовательностное устройство
Любой выходной сигнал Y_n ($n = 0, \dots, N-1$) однозначно определяется совокупностью значений (комбинацией) входных сигналов $X_0, \dots, X_{n-1}, X_n, \dots, X_N$, действующих в данный момент времени. Для описания устройств используются логические функции, в которые не входит время. Примером является сумматор, выходной сигнал которого зависит только от значений слагаемых.	Любой выходной сигнал Y_n ($n = 0, \dots, N-1$) зависит не только от значений входных сигналов $X_0, \dots, X_{n-1}, X_n, \dots, X_N$ в данный момент времени, но и от предшествующих значений сигналов и последовательности их поступления на вход устройства. Примером может служить счетчик, показания которого изменяются с поступлением каждого импульса. При описании устройств используется время.
В схемах устройств отсутствуют обратные связи. Из-за отсутствия информации о своем внутреннем состоянии устройства не обладают памятью.	В схемах устройств используются обратные связи. Благодаря наличию информации о своем внутреннем состоянии и состоянии выхода устройства обладают памятью.

Продолжение Таблицы 1.2.2.1

Для построения устройства необходимо составить аналитическое описание, или структурную формулу.	Устройство можно построить без аналитического описания.
Основное назначение комбинационных устройств - обработка данных. С помощью таких устройств выполняются все логические и арифметические операции, операции контроля и диагностики функционирования цифровых систем, шифрации и дешифрации, формирования и преобразования логических функций, разделения потока цифровой информации по каналам и объединения потоков информации отдельных каналов в один поток и многие другие.	Главной функцией таких устройств является хранение двоичной информации, или функция памяти. Помимо хранения данных некоторые устройства могут выполнять дополнительные функции: подсчет импульсов, сдвиг отдельных битов кодового слова, преобразование параллельного кода в последовательный и обратно, а также ряд других.

Способы представления и обработки кодовых слов

Для реализации операций над кодовыми словами необходимо представить их в виде электрических сигналов. Наибольшее распространение получил потенциальный способ представления, при котором одному из символов, например логическому 0, соответствует низкий уровень напряжения, а другому – высокий. Под операцией будем понимать любое действие, приводящее к изменению выходного слова по отношению к входному. Для выполнения операции на вход устройства подается цифровой сигнал в течение некоторого фиксированного промежутка времени. На время выполнения операции состояние входов устройства остается неизменным.

Операция над кодовым словом может выполняться двумя основными способами:

- последовательное (поразрядное, побитовое) выполнение операции, при котором символы кодового слова поступают последовательно во времени на единственный вход устройства и по завершении таким же образом выводятся из него. Эту операцию реализует логический элемент, называемый инвертором;

- параллельное выполнение операции, при котором символы кодового слова поступают одновременно на входы устройства и по завершении операции одновременно выводятся из него. Для параллельной обработки входных слов необходимо располагать устройством, имеющим в общем случае M входов и N выходов.

В ряде случаев используется комбинированный способ обработки цифровой информации. Например, при передаче цифровой информации по двухпроводной линии от внешнего устройства микропроцессору выполняется преобразование цифровых данных из последовательного в параллельный код, а в обратную сторону – из параллельного кода в последовательный.

1.2.3. Перспективы развития электронной техники

Одна из основных проблем, стоящих перед электроникой, связана с требованием увеличения количества обрабатываемой информации вычислительными и управляющими электронными системами с одновременным уменьшением их габаритов и потребляемой энергии.

Эта проблема решается путем:

- создания полупроводниковых интегральных схем, обеспечивающих время переключения до 10-11 сек;
- увеличения степени интеграции на одном кристалле до миллиона и более транзисторов размером менее 1-2 мкм на основе использования нанотехнологий и в перспективе – молекулярной электроники;
- использования в интегральных схемах устройств оптической связи и оптоэлектронных преобразователей, сверхпроводников;
- разработки запоминающих устройств емкостью несколько гигабайт на одном кристалле;
- применения лазерной и электронно-лучевой коммутации;
- расширения функциональных возможностей интегральных схем (например, переход от микропроцессора к мини-ЭВМ на одном кристалле);
- перехода от двумерной (планарной) технологии интегральных схем к трехмерной (объемной) и использования сочетания различных свойств твердого тела в одном устройстве;
- разработки и реализации принципов и средств стереоскопического телевидения, обладающего большей информативностью по сравнению с обычным;
- создания электронных приборов, работающих в диапазоне миллиметровых и субмиллиметровых волн, для широкополосных (более эффективных) систем передачи информации, а также приборов для линий оптической связи;
- разработки мощных, с высоким к.п.д., приборов СВЧ и лазеров для энергетического воздействия на вещество и направленной передачи энергии (например, из космоса).

Одна из тенденций развития электроники – проникновение ее методов и средств в биологию (для изучения клеток и структуры живого организма и воздействия на него) и медицину (для диагностики, терапии, хирургии)

Ссылки:

1. <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1685-vidy-preobrazovaniya-jelektricheskoyj.html>
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Полупроводниковые_приборы
3. <http://electric-tolk.ru/preobrazovateli-elektroenergii-klassifikaciya-tipy/>

Выводы

Первый модуль учебного пособия «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» предназначен для изучения основ промышленной электроники, являющихся общими для различных отраслей электроэнергетики. В данном модуле учебного пособия Вы изучили:

- простые схемы типовой электронной аппаратуры;
- типы электронных приборов в зависимости от особенностей их применения;
- особенности построения и принцип работы типовых схем преобразовательных устройств и источников питания;
- расчет выпрямителей;
- таблицы истинности для логических элементов;
- устройство, принципы действия, основные технические параметры, маркировку, условные обозначения и область применения различных полупроводниковых приборов;
- классификация и принцип действия усилителей;
- типы и эксплуатация электронных приборов;
- типовые схемы генераторов и импульсных устройств, источников питания, преобразовательных устройств;
- принцип работы основных цифровых устройств;
- перспективы развития электронной техники.

Список рекомендуемой литературы

1. Миклашевский С.П. «Промышленная электроника» 2-е издание, переработанное и дополненное. - Москва: Недра, 1993. - 352 с.
2. Розанов Ю.К. «Основы силовой электроники» М.: Энергоатомиздат, 1992г. - 296 с.
3. Москатов Е. А. Справочник по полупроводниковым приборам. – М.: Журнал “Радио”, 2005. – 208 с.

2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цели обучения

После прохождения данного модуля Вы сможете:

1. Знать электрооборудование технологических механизмов и установок предприятий металлургии.
2. Выполнять расчет освещения и выбор кабельной продукции для подключения силового и осветительного электрооборудования.
3. Знать электрическое и электромеханическое оборудования цехов металлургических заводов.

Схема курса

ПМ 08 Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности

ПМ 09 Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования

ПМ 10 Проверка и наладка электрооборудования

ПМ 11 Устранение и предупреждение аварий и неполадок электрооборудования

ПМ 12 Выполнение основных видов работ по квалификации электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

ЭЛЕКТРОМОНТЕР ПО РЕМОНТУ И
ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля Вам рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям по квалификации «Электрослесарь (слесарь) дежурный и по ремонту оборудования» и модуль «Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности» согласно Типового учебного плана по специальности «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования (по видам)».

Введение

Данный модуль описывает знания, умения и навыки, необходимые для применения схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности.

В результате изучения модуля, обучающиеся осваивают:

- методы расчетов электрических и электромеханических параметров электроприводов для различного рода рабочих машин;
- условия и параметры выбора проводов для подключения силового и осветительного электрооборудования к групповым щиткам цеха;
- методы и регламент проверки и наладки электрического и электромеханического оборудования цехов предприятий металлургии.

При изучении модуля обучающиеся учатся:

- производить расчет мощности и выбор электродвигателя для различного рода рабочих машин;
- производить выбор системы освещения по техническим параметрам;
- пользоваться технической и справочной литературой;
- производить расчет и выбор системы электроосвещения точечным методом;
- производить расчет и выбор системы электроосвещения методом коэффициента использования светового потока;
- производить выбор марки провода для подключения силового и осветительного электрооборудования к групповым щиткам цеха;
- производить прокладку провода к групповым щиткам цеха;
- выбирать схемы управления для электрического и электромеханического оборудования;
- читать и составлять схемы управления для электрического и электромеханического оборудования;
- производить работы в соответствии с правилами безопасной эксплуатации электрооборудования во взрывоопасных и пожароопасных помещениях;
- организовать рабочее место.

2.1. Электрооборудование технологических механизмов и установок предприятий металлургии

2.1.1. Схемы управления технологических механизмов и установок

Процесс производства невозможно представить без регламентации технических действий и этапов. Для этого разрабатывается специальный документ- технологическая схема.

Технологическая схема - это графический технологический документ, который отдельно или совместно с другими технологическими документами описывает технологический процесс или составную часть процесса.

Технологическая схема производства отображает взаимосвязь между отдельными операциями технологического процесса, оборудованием и прочими устройствами, участвующими в производственных процессах.

На технологической схеме предприятия изображают весь технологический цикл производства - от исходного сырья до готовой продукции.

Схема представляет собой графическую или текстовую интерпретацию необходимого набора операций, соблюдение которых приводит к получению готового продукта. При ее составлении учитывается количество производственных линий, набор используемого оборудования, этапы ручного и механизированного труда. Учет всех факторов и строгая регламентация производственных процессов, позволяет добиться высокой эффективности и качества производства.

Взаимное расположение оборудования и его размеры на технологической схеме должны быть по возможности близки к реальности, то есть отображаться так, как они расположены на предприятии.

На технологической схеме должны быть показаны все технологические связи, отображена система управления технологического процесса (места установки отдельных датчиков, показывающие, записывающие и управляющие приборы, места установки исполнительных механизмов, места отбора проб для лабораторного анализа и т.п.). Если при составлении схем расстановка приборов, датчиков сильно усложняют схему, то их можно не отображать, а отобразить в технологической схеме самое главное понимание именно технологии.

Для технологической схемы должна быть выполнена спецификация, на схеме должны быть необходимые обозначения, оборудование должно быть пронумеровано и описано в спецификации и легко читаема, сделана как можно более простой, понимал любой работник.

Технологическая схема - это один из видов документов в составе проектной документации. Этот документ должен иметь соответствующее обозначение. Обозначение присваивают согласно Единой Системе Конструкторской Документации (ЕСКД), по ГОСТ 2.102-2013 или ГОСТ 2.701-2008.

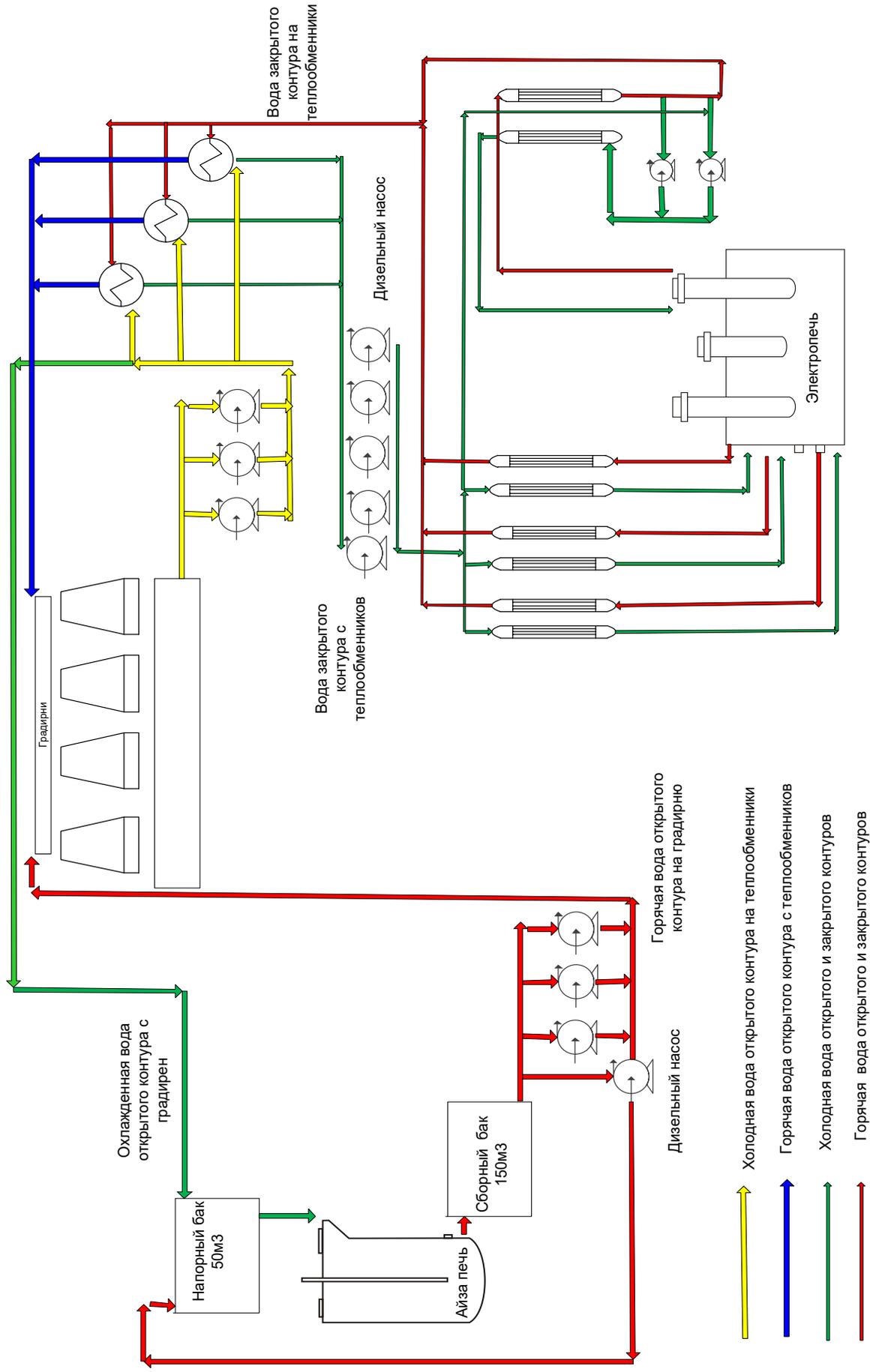


Рисунок 2.1.1.1 Вид технологической схемы

Виды технологических схем

Учитывая огромное разнообразие производственных предприятий, производимой продукции, особенности различных технологий, существуют различные виды технологических схем. Общая классификация выглядит примерно следующим образом:

1. Промышленная технологическая схема - наиболее распространенный тип, который широко распространен при производстве габаритных товаров, больших объемов или крупногабаритной продукции. Они рассчитаны на длительное использование при производстве однотипной продукции долгое время. Главное преимущество в том, что можно значительно снизить уровень первоначальных капиталовложений и производственных расходов в процессе эксплуатации оборудования рисунок 2.1.1.1.

2. Опытно-промышленные - данный тип является предвестником промышленных схем. Они разрабатываются в тех случаях, когда необходимо наладить производство принципиально нового типа продукции. Она может быть немного упрощенной и дополняться в процессе работы производственной линии. На ее основе технологи собирают информацию для составления основных промышленных технологических схем.

3. Стендовые установки или их еще называют модульными, они представляют собой небольшие монтажные фермы, на которых смонтированы различные типы аппаратуры. Подобная конструкция значительно упрощает производственные эксперименты, так как можно легко и быстро сделать переоборудование установки. Они применяются на небольших производствах, с незначительным объемом и габаритами производимой продукции.

4. Лабораторные установки-являются аналогом стендовых и позволяют разработать схему производства абсолютно новой продукции в лабораторных условиях, под надзором инженеров и разработчиков.

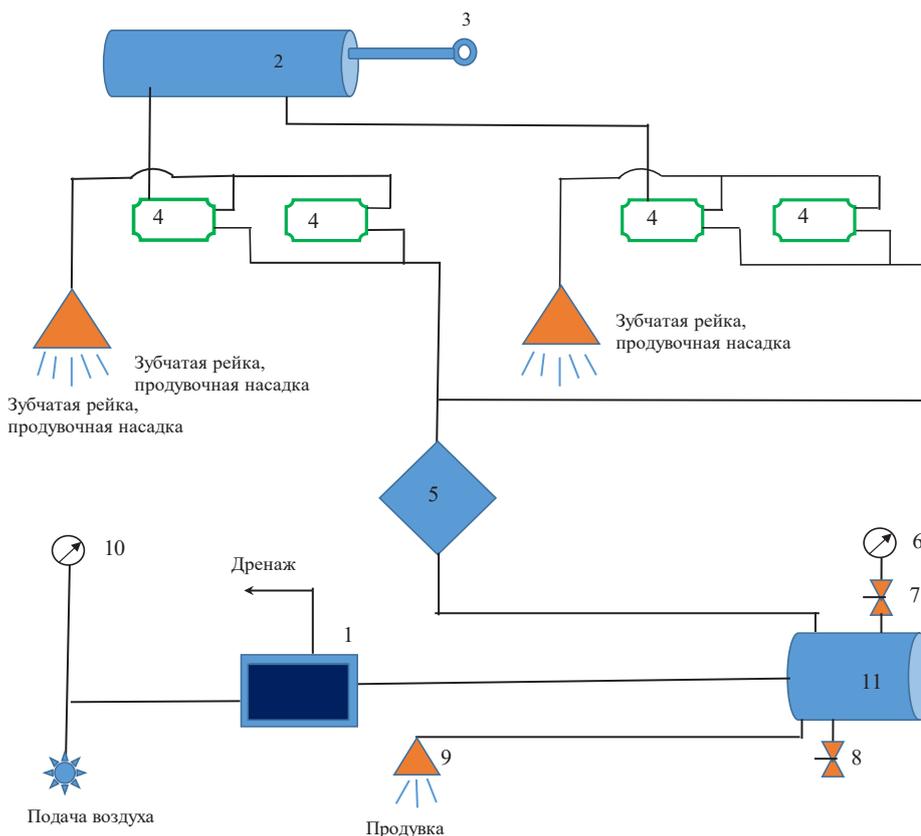


Рисунок 2.1.1.2 Пневматическая технологическая схема

1 - воздушный фильтр, 2 - цилиндр, 3 - цилиндрическая, 4 - направляющий клапан, 5 - смазывающее устройство, 6 - манометр, 7 - отсечной клапан, 8 - отсечной клапан, 9 – сбросной клапан, 10 -манометр, 11 – воздухосборник.

Они применяются в тех случаях, когда процесс перехода от лабораторных испытаний к непосредственному производству без потери эффективности и качества рисунок 2.1.1.2.

Существует классификация технологических схем, исходя из типа производственной организации:

1. Схемы периодического действия - промышленное производство на их основе предусматривает периодические паузы, остановки производственного процесса и нет необходимости соблюдения непрерывного процесса. Процесс производства обычно выполняется в одну или две смены.

2. Схемы непрерывного действия - технологический процесс, регламентируемый, предусматривает определенную очередность операций, которые позволяют производить продукцию без прерывания. Практически все предприятия, производящий продукцию большими объемами, работает в непрерывном режиме.

3. Схемы комбинированного типа - смешанные схемы предусматривают технологический процесс, сочетающий непрерывные и прерывающиеся этапы. Подобные модели достаточно распространены, так

как они более универсальны рисунок 2.1.1.3. На их основе можно производить продукцию различных типов, а также на производствах, которые зависят от уровня заказов и сезонности. Когда в определенное время необходимо непрерывное производство, а в остальное ограничение объемов.

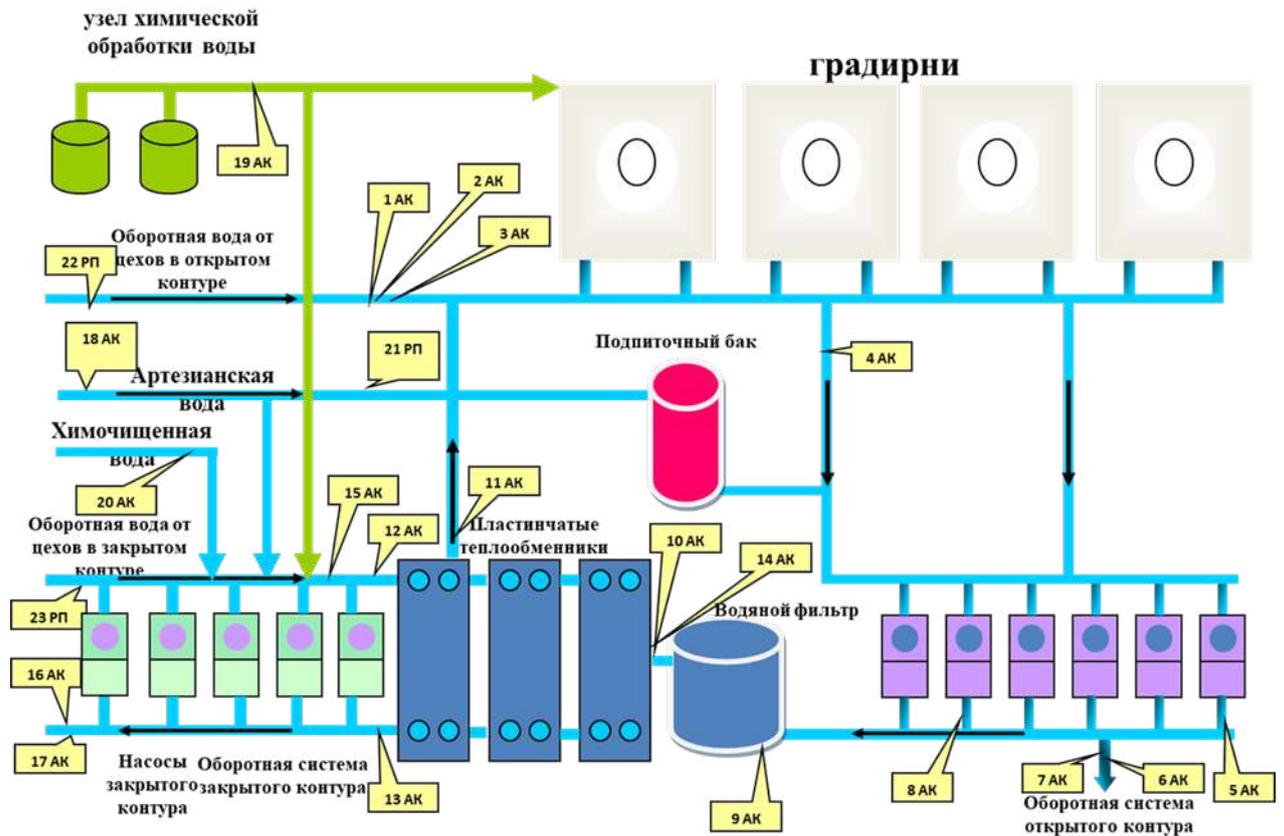


Рисунок 2.1.1.3 Схема цепи аппаратов насосной, оборотного водоснабжения с контрольными точками

Выбор технологической схемы важнейший этап подготовки к запуску производства или выпуску нового товара. От качества подготовки и расчетов при разработке схемы, напрямую зависит эффективность будущего производственного процесса.

В зависимости от объема учетной информации, схемы делятся на два типа:

- полная;
- принципиальная.

Полная включает графическое изображение производственного процесса, описание процессов, оборудования и приборов, автоматических процессов, устройств безопасности и защиты, энергетического питания, поставки и хранения сырья, а также готовой продукции.

РК (ручной контроль)
 РП (ручной пробоотбор)
 АК (автоматический контроль)
 АП (автоматический пробоотбор)

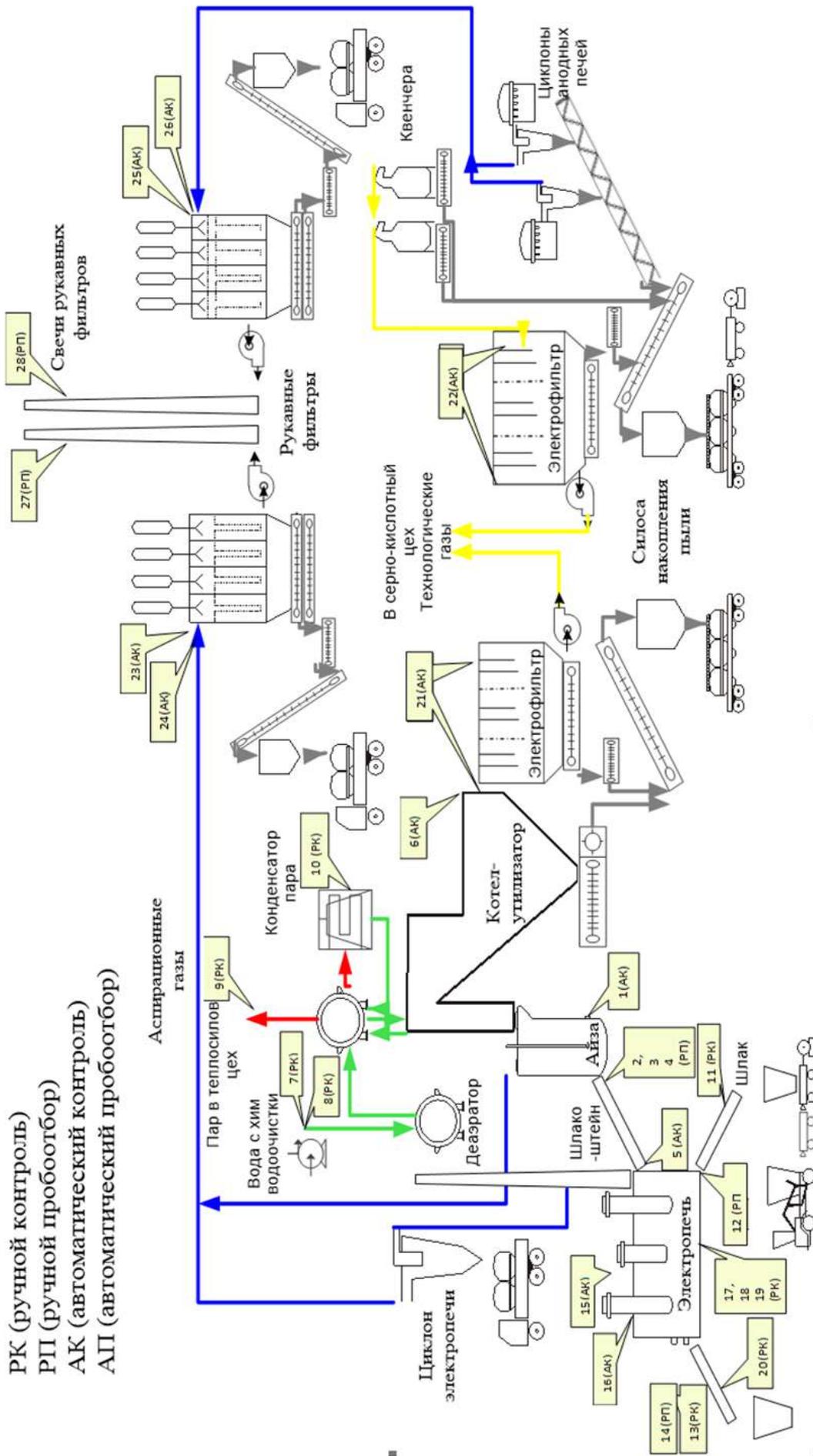


Рисунок 2.1.1.4 Аппаратурная схема завода

Она идеально подходит для изучения полного технологического процесса и наладки производственного процесса рисунок 2.1.1.4. Но она не подходит для первичного ознакомления, так как содержит огромный объем информации, быстро изучить который невозможно.

С принципиальной разновидностью работать намного легче, она отлично подходит для первичного ознакомления и содержит следующую информацию:

1. Очередность производственных операций - четко регламентирует последовательность выполняемых действий рисунок 2.1.1.5 (примером может быть покраска, сушка, нагревание, охлаждение, химические процессы и другие).

2. Необходимое оборудование для производства таблица 2.1.1.1 (бункера, конвейеры, шахтная печь, конвертера, барабан- сепаратор, деаэраторы, вагон-весы, питатели и другие).

Таблица 2.1.1.1 Спецификация цепи аппаратов плавильного цеха

№ п\п	Наименование	№ п\п	Наименование
1	Бункера агломерата, айза-шлака	17	Питатель
2	Бункера агломерата, айза-шлака	18	64-метровый транспортер
3	Вагон – весы	19	103-метровый транспортер
4	Бункера оборотов и кокса	20	Бункер сырового угля
5	Шахтная печь	21	Промежуточный бункер
6	Тара под свинец	22	Среднеходовая мельница
7	Электроотстойники	23	Бункер холодных присадок
8	Монорельсовая тележка	24	Бункер крупнокускового угля
9	Мостовые краны	25	9-метровый транспортер
10	Кантовальные машины	26	Барабан – сепаратор
11	Конвертер	27	Деаэратор (бак накопитель)
12	Шлаковозгоночная печь	28	Газоход вентгазов
13	Котел утилизатор	29	Барабан – сепаратор ШВП
14	Скреперная тележка	30	Барабан – сепаратор КУ
15	Отсеки	31	Приемные бункера
16	Бункера в складе угля		

3. Нормы технологического режима производственных участков (электрическое напряжение, давление, температура и другие).

4. Способы эксплуатации сырья, заготовок и других дополнительных компонентов, получение готовой продукции, вторичное использование отходов и побочной продукции.

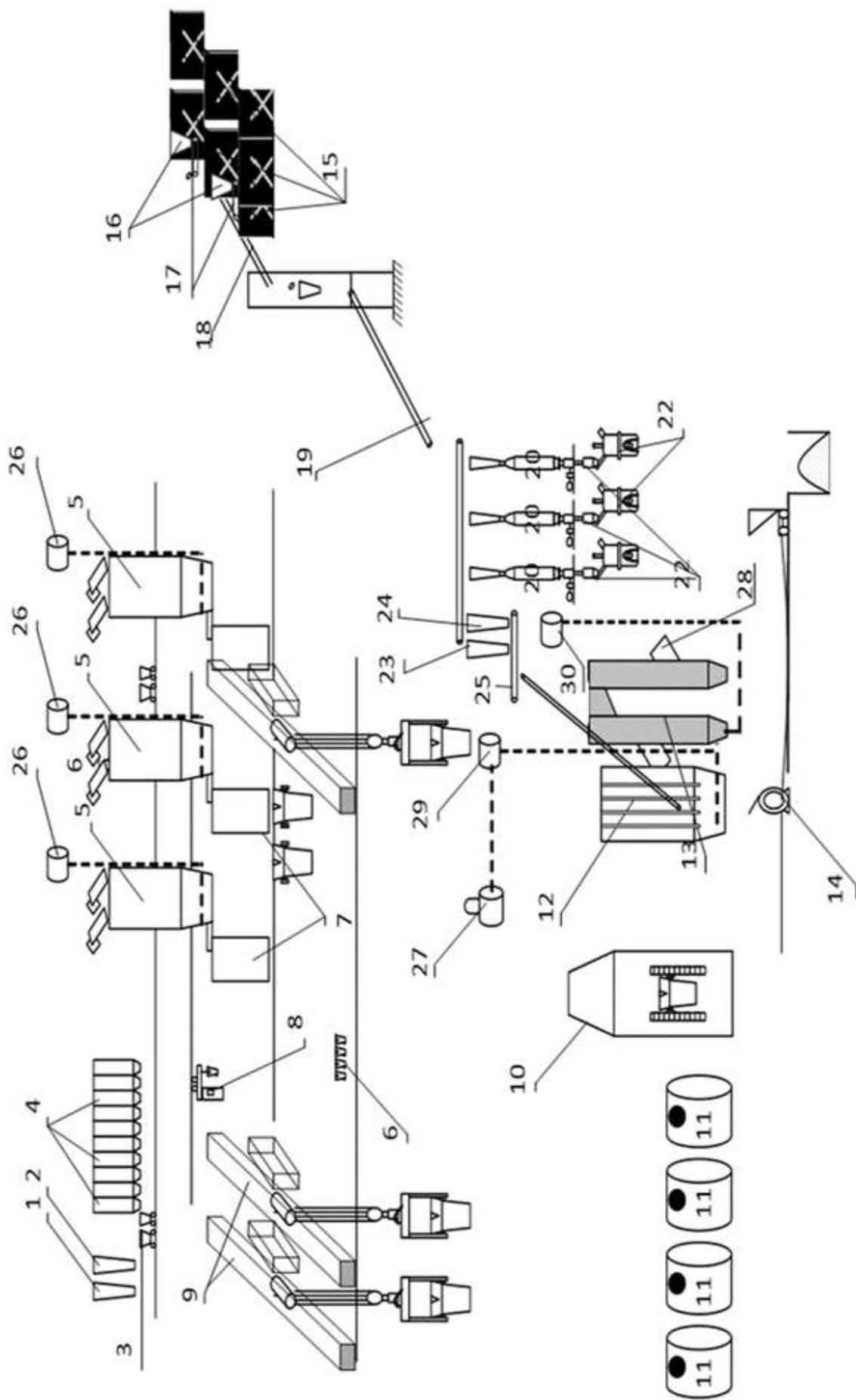


Рисунок 2.1.1.1.5 Технологическая схема цепи аппаратов плавильного цеха

Принципиальная схема технологического процесса должна основываться на следующих принципах:

- несколько однотипных производственных линий можно описать на примере одной;
- также однотипные операции не нужно расписывать отдельно;
- резервное оборудование не нужно добавлять;
- не нужно добавлять описание контрольно-измерительного оборудования;
- устройства защиты объекта не описываются, так как разрабатываются на основе технологической схемы.

Для примера ниже приведены два рисунка 2.1.1.6 и 2.1.1.7 с технологическими схемами маслозавода.

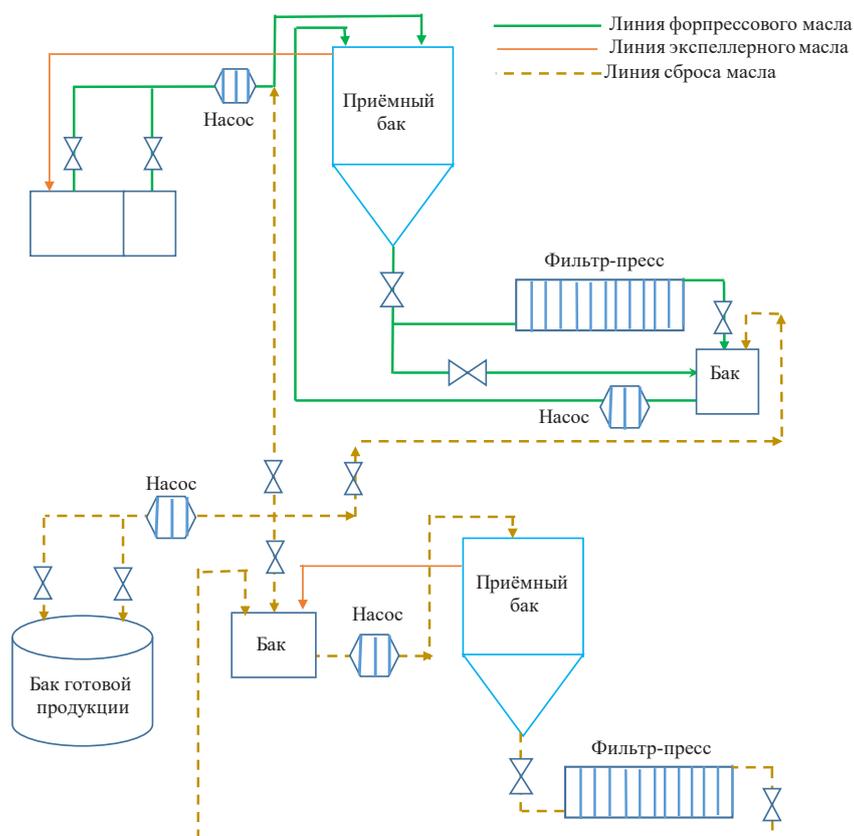


Рисунок 2.1.1.6 Технологическая схема линии масла

Первая схема более-менее соответствует ГОСТам. Однако технологам она понятна и никаких улучшений они не требуют.

Вторая схема уже не по ГОСТу, но уже упрощённая технологическая схема (хотя кто-то скажет, что больше похоже на структурную) завода по производству растительного масла. На этой схеме даже далёкому от темы человеку будет в общих чертах понятно, в какой последовательности выполняются технологические процессы и как между собой связаны отдельные участки производства (линии).

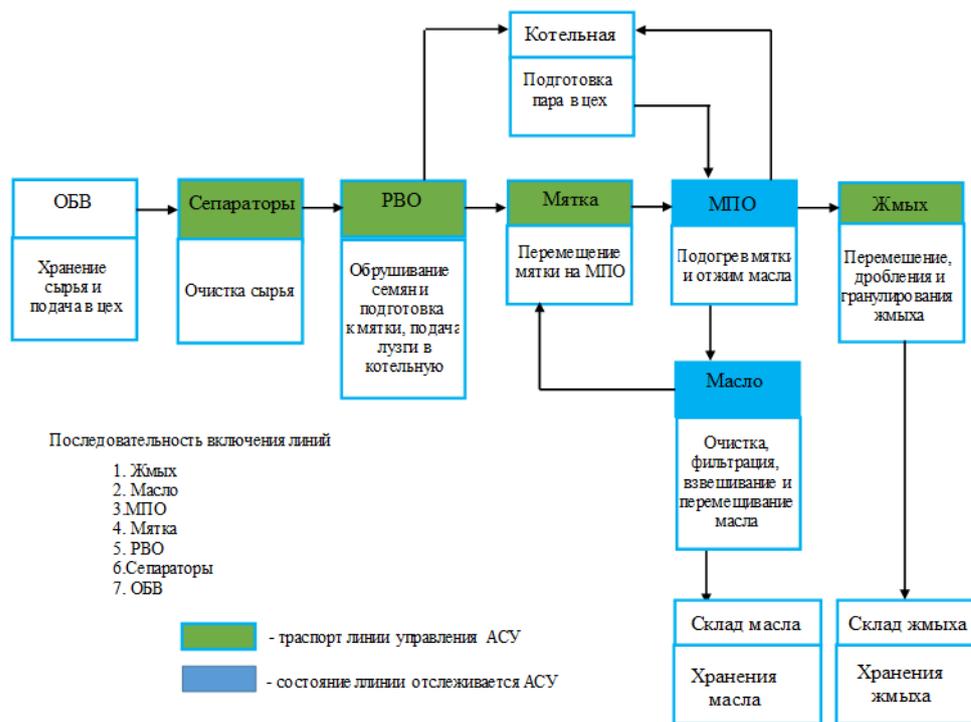


Рисунок 2.1.1.7 Технологическая схема завода по производству масла

Общая технологическая схема производства позволяет иметь представления о будущем предприятии, системе пожарной и трудовой безопасности, определить недостатки и пути оптимизации.

Если технологическая схема разработана с соблюдением необходимых требований, производственное помещение ей отвечает, а сотрудники четко понимают свои обязанности, эффективность изготовления товара будет на высоком уровне.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение и понятие технологической схемы.
2. Какие виды технологических схем вы знаете?
3. Какие существуют классификации технологических схем?

2.1.2. Расчет мощности и выбор электродвигателя для различного рода рабочих машин

Правильный выбор мощности двигателя для привода должен удовлетворять требованиям экономичности, производительности и надежности рабочей машины. Установка двигателя большей мощности, чем это необходимо по условиям привода, вызывает излишние потери энергии при работе машины, обуславливает дополнительные капитальные вложения и увеличение габаритов двигателя. Установка двигателя недостаточной мощности снижает производительность рабочей машины и делает ее работу ненадежной, а сам двигатель в подобных условиях легко может быть

поврежден.

Двигатель должен быть выбран так, чтобы его мощность использовалась возможно полнее. Во время работы двигатель должен нагреваться примерно до предельно допустимой температуры, но не выше ее. Кроме того, двигатель должен нормально работать при возможных временных перегрузках и развивать пусковой момент, требуемый для данной рабочей машины. В соответствии с этим мощность двигателя выбирается в большинстве случаев на основании условий нагрева (выбор мощности по нагреву), а затем производится проверка соответствия перегрузочной способности двигателя условиям пуска машины и временным перегрузкам. Иногда (при большой кратковременной перегрузке) приходится выбирать двигатель по требуемой максимальной мощности. В подобных условиях длительная мощность двигателя часто полностью не используется.

А. Выбор мощности двигателя для привода с продолжительным режимом работы. При постоянной или мало изменяющейся нагрузке на валу мощность двигателя должна быть равна мощности нагрузки. Проверки на нагрев и перегрузку во время работы не нужны. Однако необходимо проверить, достаточен ли пусковой момент двигателя для пусковых условий данной машины.

Мощность продолжительной нагрузки ряда хорошо изученных механизмов определяется на основании проверенных практикой теоретических расчетов.

Например, мощность двигателя (кВт) для вентилятора

$$P = V \Delta p / 1000 \eta_{\text{вен}} \cdot \eta_{\text{пер}} \quad (2.1)$$

где V - количество нагнетаемого или всасываемого воздуха, м³/с;

Δp - перепад, Па;

$\eta_{\text{вен}}$ - коэффициент полезного действия (КПД) вентилятора (у крыльчатых вентиляторов 0,2 - 0,35, у центробежных - до 0,8);

$\eta_{\text{пер}}$ - КПД передачи от двигателя к вентилятору;

произведение $V \Delta p$ представляет собой полезную мощность вентилятора, а 1000 - коэффициент для перевода мощности в киловатты.

Во многих случаях мощность двигателя приводов с продолжительным режимом работы рассчитывается по эмпирическим формулам, проверенным длительной практикой. Для малоизученных приводов продолжительной нагрузки мощность двигателя часто определяется на основании удельного расхода энергии при выпуске продукции или экспериментально путем испытания привода.

Б. Выбор мощности двигателя при кратковременном и повторно-кратковременных режимах работы. При кратковременном, повторно-кратковременном и продолжительном с переменной нагрузкой режимах важно знать закон изменения во времени превышения температуры # двигателя над температурой окружающей среды.

Электрическая машина с точки зрения нагрева представляет собой весьма сложное тело. Тем не менее при расчетах, не требующих большой точности, можно считать электрическую машину однородным телом. Это дает возможность применить к ней упрощенное уравнение нагрева

$$Q_0 dt = Cd\vartheta + H\vartheta dt, \quad (2.2)$$

где C - теплоемкость машины;

H - ее теплоотдача;

Q_0 - теплота, выделяющаяся в машине в единицу времени.

При $t = 0$ начальное превышение температуры $\vartheta = \vartheta_0$, так что постоянная $A =$ превышения температуры машины:

$$\vartheta = \vartheta_{max} - (\vartheta_{max} - \vartheta_0) e^{-t/T} \quad (2.3)$$

Таким образом, в данном случае, как и при $\vartheta = \vartheta_0$, превышение температуры возрастает по экспоненциальному закону, стремясь к значению

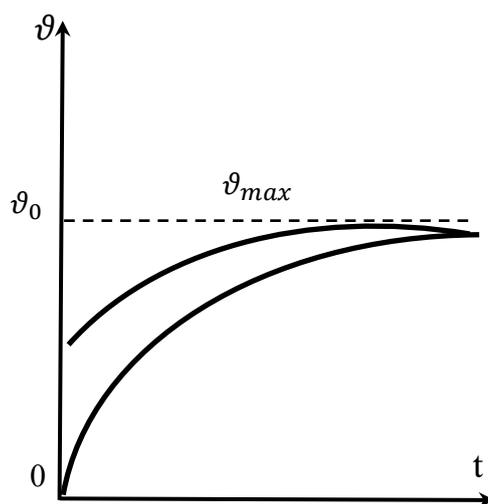


Рис. 2.1.2.1 Начальное превышение температуры

Начальное превышение температуры изменяет лишь скорость изменения температуры, но не характер процесса рисунок 2.1.2.1.

При различных значениях продолжительной нагрузки одной и той же машины зависимости $\vartheta(t)$ различаются лишь ординатами рисунок 2.1.2.2.

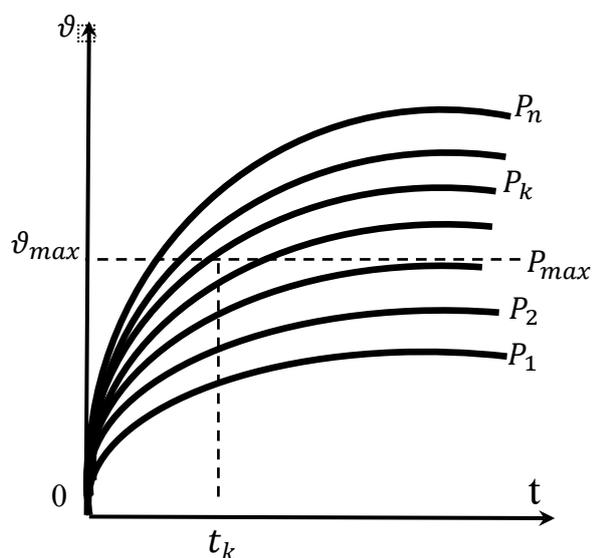


Рисунок 2.1.2.2 Температура при различных продолжительных нагрузках

Наибольшее допустимое для данной машины превышение температуры равно $\vartheta_{\text{ном}}$. Прямая $\vartheta = \vartheta_{\text{мом}}$, параллельная оси абсцисс, пересекает в различных точках кривые $\vartheta(t)$, соответствующие различным значениям мощности нагрузки P_k электродвигателя. Абсцисса точки пересечения определяет тот промежуток времени t_k , в течение которого мощность двигателя может быть временно равна мощности P_k , представляющей собой перегрузку по отношению к его номинальной мощности в продолжительном режиме. График нагрева приближающийся к $\vartheta_{\text{ном}}$, соответствует номинальной мощности двигателя $P_{\text{ном}}$.

При нагрузках, меньших $P_{\text{ном}}$, мощность двигателя полностью не используется. Однако если двигатель загружается на относительно короткое время, то, по существу, он тоже используется не полностью. Целесообразно его кратковременно перегрузить и чем меньше продолжительность работы, тем больше должна быть эта перегрузка. Предел повышения нагрузки двигателя по мере уменьшения продолжительности включения определяется мгновенной перегрузочной мощностью двигателя, зависящей от его электрических свойств (максимального момента у асинхронного двигателя, условий коммутации у машин постоянного тока и т. п.).

При повторно-кратковременном режиме двигатель попеременно то нагревается, то охлаждается. Изменение его температуры в течение времени каждого цикла зависит при этом от предыдущего теплового состояния. Зависимость нагрева и охлаждения машины от времени в подобных условиях показана на рис. 2.1.2.3. Конечное превышение температуры каждой данной части цикла равно начальному превышению температуры для последующей части цикла. Если во время той или иной части цикла наступает значительное изменение условий охлаждения (остановка двигателя или заметное изменение частоты вращения), то изменяется постоянная времени $T=C/H$ нагрева двигателя, что должно быть учтено при построении графиков.

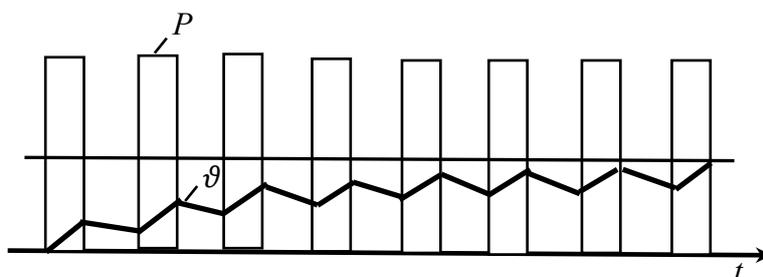


Рисунок 2.1.2.3 Зависимость нагрева и охлаждения машины от времени

Определение мощности двигателя по условиям нагрева посредством построения графиков нагрева требует значительной затраты времени и не дает точных результатов. Здесь эти построения приведены лишь для того, чтобы наглядно показать картину изменения нагрева двигателя при переменной нагрузке.

В большинстве случаев для выбора мощности двигателя применяются более простые методы, в частности метод эквивалентного тока. В основу этого метода положено допущение, что при переменной нагрузке двигателя его средние потери должны быть равны потерям при продолжительной (номинальной) нагрузке.

Нагревание двигателя, обусловленное потерями, в обоих случаях должно быть одинаковым. На этом основании определяем эквивалентный ток:

$$I_{\text{ЭК}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_k^2 t_k + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_k + t_n}}, \quad (2.4)$$

Зная эквивалентный ток, номинальное напряжение и номинальный коэффициент мощности, можно определить номинальную мощность двигателя:

$$P_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{НОМ}} \cdot I_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_{\text{НОМ}} \quad (2.5)$$

Расчёт мощности трёхфазного электродвигателя производится по следующей формуле:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta, \quad (2.6)$$

где: U - номинальное напряжение;

I - номинальный ток электродвигателя (берется из паспортных данных электродвигателя, а при их отсутствии определяется расчетным путем);

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности - отношение активной мощности к полной (принимается от 0,75 до 0,9 в зависимости от мощности электродвигателя);

η - коэффициент полезного действия (КПД) - отношение электрической мощности, потребляемой электродвигателем из сети к механической мощности на валу двигателя (принимается от 0,7 до 0,85 в зависимости от мощности электродвигателя).

Полученный результат можно округлить до ближайшего стандартного значения мощности.

Стандартные значения мощностей электродвигателей: 0,25; 0,37; 0,55; 0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 5,5; 7,5; 11; 15; 18,5; 22; 30; 37; 45; 55; 75 кВт и т.д.

При длительной неизменной нагрузке задача выбора вида двигателя (постоянного тока, асинхронного, синхронного) относительно проста. Для подобного привода, не требующего регулирования скорости, ПУЭ (Правила устройства электроустановок) рекомендуют независимо от мощности применять синхронные двигатели. Эта рекомендация объясняется тем, что современный синхронный двигатель пускается в ход так же, как асинхронный, а его габариты меньше и работа экономичнее, чем асинхронного двигателя той же мощности (выше $\cos\varphi$, больше максимальный момент).

Но если электродвигатель должен работать в условиях регулируемой частоты вращения, частых пусков, выбросов и сбросов нагрузки и т.п., то при выборе вида двигателя необходимо сопоставить условия привода, с особенностями механических характеристик различных видов электродвигателей. Принято различать естественную и искусственную механические характеристики двигателя. Естественная механическая характеристика соответствует номинальным условиям его включения, нормальной схеме соединений и отсутствию каких-либо добавочных элементов в цепях двигателя. Искусственные характеристики получаются при изменении напряжения на двигателе, включении добавочных элементов в цепи двигателя и соединении этих цепей по специальным схемам.

Важным критерием для оценки механических характеристик служит их жесткость.

Жесткость может быть различной для отдельных участков характеристики.

Требования к жесткости механической характеристики в ряде случаев служат основанием для выбора вида двигателя. Например, для подъемно-транспортных механизмов желательна мягкая характеристика, а для станов холодной прокатки стали нужна очень жесткая характеристика.

При частых пусках и непостоянной нагрузке наиболее надежным и простым в эксплуатации и вместе с тем дешевым является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Двигатель с фазным ротором дороже, его обслуживание сложнее, габариты больше, а $\cos\varphi$ меньше (из-за большего воздушного зазора). Преимущества фазного ротора в отношении пускового момента незначительны по сравнению с короткозамкнутым ротором, имеющим двойное беличье колесо. Поэтому двигатели с контактными кольцами устанавливаются лишь при наличии особых требований к пусковому моменту или к пусковому току. Таким образом, для мощностей до 100 кВт при нерегулируемом приводе наиболее распространен асинхронный короткозамкнутый двигатель. При больших мощностях, если невозможно применить короткозамкнутый асинхронный двигатель,

устанавливается асинхронный двигатель с фазным ротором.

В настоящее время положение существенно изменилось благодаря внедрению силовых полупроводниковых преобразователей. Они дают возможность преобразовывать частоту переменного тока, что позволяет плавно и в широких пределах регулировать угловую скорость вращающегося магнитного поля, а следовательно, экономично и плавно регулировать частоту вращения асинхронных и синхронных двигателей. Двигатель постоянного тока стоит значительно дороже, требует большего ухода и изнашивается быстрее, чем двигатель переменного тока. Тем не менее в ряде случаев предпочтение отдается двигателю постоянного тока, позволяющему простыми средствами изменять частоту вращения электропривода в широких пределах (3:1, 4:1 и более).

В качестве примеров приводов, для которых рекомендуется постоянный ток, назовем следующие: в металлургической промышленности - реверсивные прокатные станы, регулируемые нереверсивные станы при многодвигательном приводе, вспомогательные механизмы повторнократковременного режима работы, доменные подъемники; в металлообрабатывающей промышленности - токарные специальные станки.

Конструкцию (тип) двигателя выбирают в зависимости от условий окружающей среды. Приходится учитывать необходимость защиты среды от возможных искрообразований в двигателе (при наличии горючей пыли, взрывоопасных смесей и т. п.), а также самих двигателей от попадания в них влаги, пыли, агрессивных химических веществ из окружающей среды.

Двигатель производственного агрегата должен наиболее полно отвечать технико-экономическим требованиям, т.е. отличаться простотой конструкции, надёжностью в эксплуатации, наименьшей стоимостью, небольшими габаритами и массой, обеспечивать простое управление, удовлетворять особенности технологического процесса и иметь высокие энергетические показатели при различных режимах работы.

В нерегулируемых приводах малой и средней мощности используют в большинстве случаев трёхфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, конструктивное исполнение которого согласуют с необходимыми пусковыми условиями производственного агрегата. Если эти двигатели не могут обеспечить условия пуска, применяют трёхфазные асинхронные двигатели с фазным ротором, благодаря которому можно не только получить увеличенный начальный пусковой момент, но и добиться его снижения до заданного значения. Для привода установок средней и большой мощности целесообразно использовать трёхфазные синхронные двигатели, которые отличаются от аналогичных трёхфазных асинхронных машин только более высоким коэффициентом полезного действия (КПД), но и допускающие регулирование коэффициента мощности с целью компенсации реактивной мощности всего оборудования.

В многоскоростных приводах, обеспечивающих ступенчатое регулирование скорости, применяют многоскоростные трёхфазные

асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, допускающие путём переключений в цепи обмотки статора получать две, три или четыре частоты вращения ротора.

В регулируемых приводах с плавным изменением скорости в небольшом диапазоне используют трёхфазные асинхронные двигатели с фазным ротором, а при широком диапазоне регулирования - двигатели постоянного тока с соответствующей системой возбуждения, определяющей жёсткость механической характеристики в соответствии с требованиями производственного агрегата.

Таким образом, род тока двигателя всецело определяется условиями технологического процесса, а напряжение выбирают в соответствии со стандартными напряжениями питающих сетей и учётом технических данных двигателей.

Например - трёхфазные асинхронные двигатели серии 4А при диапазоне номинальной мощности от 0,06 до 0,7 кВт изготавливают только на напряжение 220 или 380 В, при диапазоне от 0,55 до 11 кВт - на напряжения 220, 380 или 660 В, а при диапазоне от 15 до 110 кВт - на напряжения 220/380 или 380/660В.

Если же номинальная мощность двигателя находится в пределах от 132 до 400кВт, то такие двигатели изготавливают на напряжения 380/660В.

Трёхфазные асинхронные двигатели других серий номинальной мощностью свыше 200кВт изготавливают на напряжения 3, 6 и 10кВ. Для двигателей постоянного тока серии 2Д с диапазоном номинальной мощности от 0,37 до 200кВт при номинальной частоте вращения 1500 об/мин приняты напряжения 110, 220, 380 и 440В, а напряжение независимого возбуждения - 110 и 220В. Более мощные машины постоянного тока других серий изготавливают на повышенные напряжения, которые обычно не превышают 1500В.

Предприятия-изготовители выпускают открытые, защищённые и закрытые электродвигатели.

Двигатели открытого типа с большими вентиляционными отверстиями в подшипниковых щитах и станине для лучших условий охлаждения целесообразно применять в немногих случаях: приходится считаться с легкостью засорения такого двигателя в производственных условиях от посторонних предметов, пыли, влаги и грязи и опасностью поражения током обслуживающего персонала при прикосновении к открытым токоведущим частям.

Двигатели защищенного типа имеют вентиляционные отверстия, которые закрыты решетками, защищающими двигатель от попадания внутрь капель дождя, посторонних частиц, опилок и т. п., но не пыли. Такие двигатели могут устанавливаться на открытом воздухе.

Двигатели закрытого типа устанавливаются в запыленных помещениях при наличии в воздухе паров едких испарений и т. и. Для улучшения охлаждения таких двигателей применяется продувание охлаждающего

воздуха. Последний подводится и отводится по специальным воздухопроводам. В сырых помещениях применяются защищенные двигатели со специальной влагостойкой изоляцией. Во взрывоопасных помещениях, содержащих горючие газы или пары, устанавливаются взрывозащищенные двигатели.

Контрольные вопросы:

1. Как производится выбор мощности двигателя для привода с продолжительным режимом работы?
2. Как производится выбор мощности двигателя при кратковременном и повторно-кратковременных режимах работы?
3. Какие преимущества имеет асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором по сравнению двигателем с фазным ротором?
4. В каких механизмах применяются двигатели постоянного тока?

2.1.3. Расчет и выбор силового электрооборудования, пусковой и защитной аппаратуры

Для управления электродвигателями применимы различные модификации и разновидности пускорегулирующей аппаратуры зависящая от рода применений, среды и величин мощностей. Применяемые пускатели при легком пуске и малой мощности электродвигателя, для большой мощности и особого, тяжелого режима работы предназначены контактора. Обеспечивающие щадящий режим для подключенных двигателей и уменьшения пускового момента устанавливаем устройства плавного пуска. Для регулирования параметров электродвигателей применяем частотные преобразователи рисунок 2.1.3.1.

Устройства плавного пуска предназначены для плавного пуска и остановки 3-фазных двигателей переменного тока, снижения величины пускового тока и устранения возможных негативных последствий высокого пускового момента. Практика эксплуатации электроприводов показывает, что трехфазные асинхронные двигатели испытывают наибольшие механические и электрические перегрузки во время пуска (разгона) и остановки (торможения). Эти перегрузки резко сокращают ресурс двигателя, что увеличивает затраты на ремонт и восстановление оборудования.

Для повышения долговечности двигателей целесообразно использовать устройства плавного пуска и торможения, которые позволяют плавно увеличивать и снижать напряжение питания двигателей, что устраняет пусковые и стоповые броски тока, механические удары.



Рисунок 2.1.3.1 Устройство плавного пуска марки ОВЕН, Siemens, Moeller

Цифровое управление устройства плавного пуска позволяет произвести точную настройку и легкую установку. Благодаря регулировке пускового момента и уникальной функции «импульсный старт» устройство плавного пуска может быть использовано для широкого круга задач и предназначены для управления трехфазными асинхронными двигателями мощностью от 0,25 до 1200кВт, при номинальном напряжении 400В и токах от 21 до 1600А. Диапазон выбора устройств плавного пуска по мощности, по току, по напряжению очень велик.

Для примера возьмём устройство плавного пуска ОВЕН УПП1 рекомендуются для применения с оборудованием мощностью до 11 кВт
таблица 2.1.3.1: конвейеры, вентиляторы, насосы, компрессоры.

Преимущества ОВЕН УПП1:

- Плавный пуск двигателя (0,4...10 сек).
- Плавный останов двигателя (0,4...10 сек).
- Регулировка пускового момента.
- Импульсный старт для запуска нагруженных двигателей.
- Надежный компактный корпус.
- DIN-реечное крепление.
- Широкий диапазон рабочих температур: -5...+40 °С.

Таблица 2.1.3.1 Номинальные токи двигателя различных модификаций УПП1

Тип	Максимальная мощность	Максимальный ток двигателя	Напряжение с
УПП1-1К5-В	1,5 кВт	3 А	400 – 415 В
УПП1-7К5-В	7,5 кВт	15 А	400 – 480 В
УПП1-11К-В	11 кВт	25 А	400 – 480 В

Электромагнитные пускатели и контакторы получили широкое применение в промышленности. При помощи пускателей и контакторов можно управлять силовой нагрузкой, т.е. включать и отключать, а также

организовать схему дистанционного включения (отключения) не только двигателя, но и технологического оборудования рисунок 2.1.3.2.

Блокировка вентилятора с оборудованием выполняется также при помощи электромагнитных пускателей и контакторов.



Рисунок 2.1.3.2 Пускатели, контакторы, ПКУ

На что стоит обратить внимание при выборе пускателя и контактора?

- Номинальный ток.
- Напряжение катушки.
- Наличие теплового реле.
- Степень защиты. Пускатели (контакторы) внутри шкафа могут иметь защиту IP00 или IP20. В производственных помещениях -IP54.
- Наличие дополнительных контактов.

В обычных условиях достаточно одного замыкающего контакта. В том случае, если есть необходимость управлять другим технологическим процессом, можно предусмотреть дополнительно приставку контактную. Есть приставки контактные до 4-х контактов.

Разницы между пускателями и контакторами нету, возможно только в конструкции, те и другие выпускают на малые и большие токи, с тепловым реле и без, с различной степенью защиты.

Для управления электродвигателем большой мощности, хотя на такие ставят уже устройство плавного пуска или у которого особый режим работы (частые включения и отключения) применяются контакторы. Контактёр предназначен для более тяжелого режима работы.

Магнитный пускатель представляет собой низковольтный коммутационный аппарат, предназначенный для дистанционного управления различными силовыми нагрузками в сеть напряжением до 1000 Вольт.

Магнитный пускатель - это модифицированный контактор. В отличие от контактора, пускатель комплектуется дополнительным оборудованием: тепловым реле, дополнительной контактной группой или автоматом для пуска электродвигателя. Магнитные пускатели классифицируются: по назначению (неревверсивные, реверсивные), наличию или отсутствию тепловых реле и кнопок управления, степени защиты от воздействия окружающей среды, уровням коммутируемых токов рабочему напряжению катушки.

Замыкание контактов силовой цепи осуществляется контактором - аппаратом, в котором сцеплённая с якорем электромагнитного реле группа

контактных пластин замыкается на неподвижные контакты, соединённые с входными и выходными клеммами подключения питающего напряжения сети и линий нагрузки рисунок 2.1.3.3.

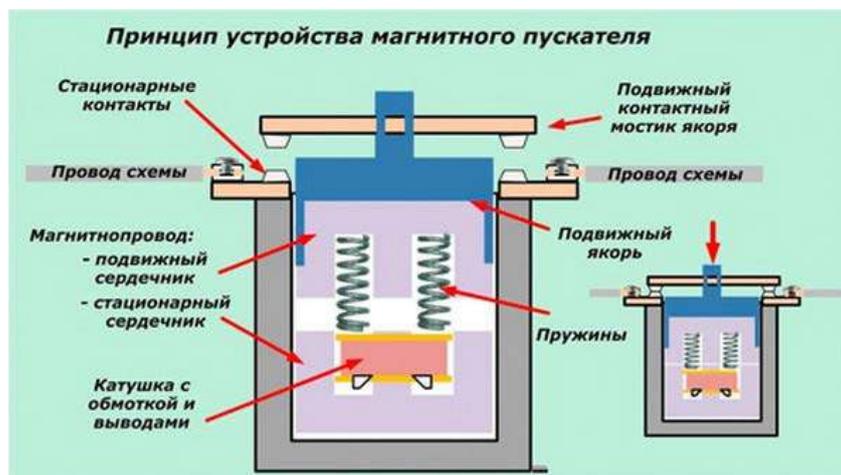


Рисунок 2.1.3.3 Принцип устройства магнитного пускателя

Таким образом, с помощью малых токов в катушке электромагнитного реле и слабых сигналов управления удаётся коммутировать силовые цепи больших нагрузок.

Управление нагрузкой производится непосредственным подключением нагрузки через главные контакты пускателя. Наиболее часто магнитные пускатели применяются для запуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором на промышленное номинальное напряжение коммутируемой цепи 220/380 Вольт. При использовании аппаратов для электродвигателей на 380/660 Вольт, встречающихся значительно реже, необходимо выбрать пускатель соответствующего напряжения.

Сигнал управления подается на катушку пускателя и это приводит к замыканию главных контактов. Чаще всего пускатели располагают максимальной защитой от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов повышенной величины при обрыве одной из фаз. Магнитные пускатели также обеспечивают минимальную защиту при падении напряжения в питающей сети на 30-35% номинального значения. Защита от токов короткого замыкания не предусматривается. Пускатели разделяются также по величине, под которой понимают ток нагрузки, который способен включать и выключать пускатель своими главными контактами:

Таблица 2.1.3.2. Нумерация величин пускателей по току

Величина	0	I	II	III	IV	V	VI
$I_{ном}$	6,3 А	10 А	25 А	40 А	63 А	100 А	160 А

Сопоставление тока подключаемой нагрузки с номинальным током коммутационного аппарата, условно классифицируются по величинам, соответствующим номинальному току аппарата. Ниже представлена таблица 2.1.3.3 соотношений величин и номинальных токов. По ней можно правильно

выбрать магнитный пускатель по току, либо по мощности, производя пересчет по формуле.

Таблица 2.1.3.3 Выбор пускателя по параметрам

Величина пускателя	Тип пускателя	Исполнение по степени защиты	Номинальный ток, А	Мощность двигателя для категории АС-3, кВт		
				220В	380В	500В
I	ПМЛ-1100	IP00	10	2.2	4	5.5
II	ПМЛ-2100	IP00	25	5.5	11	15
III	ПМЛ-3100	IP00	40	11	18.5	25
IV	ПМЛ-4100	IP00	63	22	40	55
V	ПМЛ-5100	IP00	125	55		
VI	ПМЛ-6110	IP00	160	75		
VII	ПМЛ-7100	IP00	250	132		



Рисунок 2.1.3.4 Магнитный пускатель серии ПМЛ

При выборе магнитных пускателей рисунок 2.1.3.4, необходимо учитывать режим работы, которой определяется характером коммутируемой нагрузки:

1. АС-1, нагрузка только активная, или мало индуктивная;
2. АС-3, запуск электродвигателя и его отключение при вращении;
3. АС-4, тяжёлый запуск двигателя, отключение его на низких оборотах и при неподвижном роторе, торможение противотоком.

Для характеристики коммутационной способности контакторов и пускателей переменного тока установлены четыре категории применения, являющиеся стандартными: АС1, АС2, АС3, АС4. Каждая категория применения характеризуется значениями токов, напряжений, коэффициентов мощности или постоянных времени, условиями испытаний и других параметров установленных ГОСТ Р 50030.4.1-2002.

При выборе пускателя необходимо обращать внимание на класс износостойкости, то есть количество срабатываний пускателя. Этот параметр особенно важен в том случае, если аппарат предназначен для коммутации нагрузки, работающей в режиме частых включений и выключений.

Коммутационная износостойкость - эта характеристика отображает количество срабатываний, которое гарантировано производителем. Существует 3 класса износостойкости: А, Б и В. Класс А самый высокий и гарантирует от 1,5 до 4 млн. циклов срабатывания магнитного пускателя.

Модели класса Б гарантировано срабатывают от 0,63 до 1,5 млн. циклов. Самый низкий характеризуется от 0,1 до 0,5 млн. циклов срабатывания.

Механическая износостойкость, не менее важная характеристика, которая отображает количество циклов включения/отключения аппарата без ремонта либо замены его деталей. При этом включения и отключения должны осуществляться без нагрузки (когда ток в цепи отсутствует). Механическая износостойкость может быть от 3 до 20 млн. циклов срабатывания.

Количество полюсов. Для питания трехфазных электродвигателей используются аппараты, имеющие три полюса. Именно такое исполнение наиболее распространено. Однако, возникает целый ряд ситуаций, когда требуется выбрать аппарат с другим количеством полюсов рисунок 2.1.3.5. Например, когда нагрузкой являются цепи освещения или электронагревательные приборы.



Рисунок 2.1.3.5 Пускатели с количеством полюсов

Номинальное напряжение катушки. Магнитные пускатели, применяемые в схемах управления электрооборудования, удобнее всего использовать с катушками на то же напряжение, что и коммутируемая нагрузка.

По этой причине наиболее распространены варианты исполнения с катушками на 220 или 380 Вольт. При построении разного рода автоматических схем, по ряду причин может возникнуть необходимость применения управляющих катушек на другой уровень напряжения. Это обусловлено применением в этих схемах реле, датчиков или других компонентов, рассчитанных на определенное напряжение питания. Рабочее (коммутационное) напряжение катушки реле, бывают таких значений:

- Переменное: 24; 36; 42; 110; 220; 380 В.
- Постоянное: 24В.

Количество и характеристики вспомогательных контактов. Кроме основных силовых контактов, коммутирующих главные электрические цепи нагрузки, магнитные пускатели оснащаются вспомогательными контактами, срабатывающими синхронно основным рисунок 2.1.3.6. Предназначены эти

контакты для коммутации цепей управления, блокировки, питания сигнальных ламп, катушек реле и других вспомогательных аппаратов. Вспомогательные контакты могут быть двух типов – нормально разомкнутые (NO), (НО) и нормально замкнутые (NC), (НЗ).

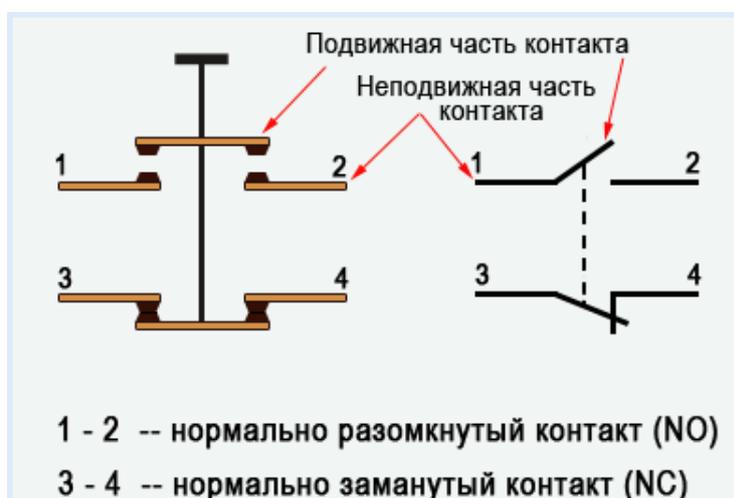


Рисунок 2.1.3.6 Подвижные и неподвижные контакты

Первые разомкнуты при обесточенной катушке управления и замыкаются при срабатывании электромагнитного пускателя, у вторых все происходит наоборот. Потребность в выборе определенного количества дополнительных контактов того или иного типа определяется той схемой, в которой используется аппарат.

Например, для организации простейшего управления механизмом с помощью двухкнопочного поста, достаточно выбрать вариант с одной парой нормально разомкнутых вспомогательных контактов, осуществляющих подхват катушки управления при нажатии кнопки «Пуск». Существуют варианты исполнения магнитных пускателей закрытого типа, оборудованные кнопками пуска и останова на корпусе. При необходимости выполнить сигнализацию состояния механизма, нужно выбрать пускатель, имеющий еще две пары контактов. Нормально замкнутые питают сигнальную лампу «Отключено», нормально разомкнутые - лампу «Включено».

Наличие реверса. Если вам нужно выбрать магнитный пускатель для управления реверсивным двигателем, отдавайте предпочтение реверсивной модели, в корпусе которого находятся два отдельных пускателя, соединенных между собой.

Наличие защиты. В базовом варианте исполнения магнитный пускатель не оборудован защитой подключаемого электрооборудования. Степень защиты с тепловым реле, поставляется опционально и его можно выбрать исходя из требуемых характеристик.

Степени защиты, например

- IP00 - открытые, устанавливаются в обогреваемых помещениях в закрытых электрощитах защищённых от попадания посторонних предметов, воды и пыли;

- IP40 - изготавливаются в корпусе, применяются внутри не обогреваемых помещений, где имеется малое количество пыли в воздухе и исключено попадание воды на прибор;

- IP54 - выпускаются в корпусе, применение внутреннее и наружное в местах, защищённых от воздействия атмосферных осадков и прямой солнечной

Кроме перечисленных выше критериев, необходимо правильно выбрать климатическое исполнение и степень защиты IP изделия. Методика такого подбора такая же, как для любого электрооборудования. К примеру, если пускатель будет размещен в защищенном шкафу, можно выбрать степень защиты IP20. Если же условия размещения аппарата неблагоприятные (высокая запыленность, влажность и т.д.), рекомендуем выбрать магнитный пускатель в корпусе, степень защиты которого составляет IP54 или же IP65.

Расчёт для выбора пускового устройства по параметрам двигателя и более точного выбора, начинаем с изучения паспорта подключаемого электроприбора и применяют такие формулы, исходя из потребляемой мощности:

$$I_{ном} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \varphi}, \quad (2.7)$$

где P- мощность нагрузки (Вт);

cosφ – коэффициент мощности;

η – коэффициент полезного действия электродвигателя (%);

U-напряжение сети 380 (В).

$$I_{пуск} = k \cdot I_n, \quad (2.8)$$

где k – кратность пускового тока.

Ударный пусковой ток - это полный ток короткого замыкания, который состоит из трех составляющих и определяется по формуле:

$$i_{y\partial} = 1,2 - 1,4 \cdot I_n \cdot \sqrt{2}, \quad (2.9)$$

Пример:

$P_{ном} = 3,7 \text{ кВт} = 3700 \text{ Вт};$

$\eta = 87\% = 0,87;$

$\cos \varphi = 0,88;$

$k = 7,5.$

Определяем номинальный ток по формуле (2.7):

$$I_n = \frac{3700}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,87 \cdot 0,88} = 7,34 \text{ А.}$$

Определяем пусковой ток по формуле (2.8):

$$I_{\text{пуск}} = 7,5 \cdot 7,34 = 55,05 \text{ A.}$$

Нужно учитывать, что в паспорте указывается номинальный ток I_n магнитного пускателя. В режиме работы АС-3 данный прибор обеспечивает запуск при шестикратном превышении его номинального тока. $I_{\text{max}} = 6 \cdot I_n$.

Проверяем, подходит ли пусковое устройство с $I_n = 10 \text{ A}$, выбранное по методу, где максимальный ток контактора должен быть больше пускового тока электродвигателя $I_{\text{max}} > I_{\text{пуск}}$.

$$I_{\text{max}} = 6 \cdot 10 = 60 \text{ A} > I_{\text{пуск}} = 55,05 \text{ A.}$$

Определяем ударный пусковой ток по формуле (2.9):

$$i_{\text{уд}} = 1,2 - 1,4 \cdot 55,05 \cdot \sqrt{2} = 101,2 \text{ A.}$$

Определение номинального тока уставки теплового реле. Для лучшего согласования перегрузочной способности двигателя и защитной (времятоковой) характеристики реле номинальный ток уставки выбирается на 15÷20 % выше номинального тока двигателя, т.е.

$$I_{\text{уст.ном}} = (1,15 \div 1,20) I_{\text{ном.дв.}}, \quad (2.10)$$

т.к. тепловое реле выбранного выше пускателя могут быть установлены тепловые элементы с различными номинальными токами, то необходимо выбрать тепловой элемент с номинальным током, ближайшим к рассчитанному значению $I_{\text{уст.ном}}$ проверить, попадает ли величина $I_{\text{уст.ном}}$ в пределы регулирования уставки реле.

Таблица 2.1.3.4 Выбор контакторов по току

Тип	АС-1/АС-7а (слабо индуктивные нагрузки)		АС-3/АС-7б (электродвигатель с КЗ ротором)			
	Номинальный ток, А	Номинальная мощность при напряжении кВт		Номинальный ток, А	Номинальная мощность при напряжении кВт	
		230В	400В		230В	400В
КМ-16	16	3,0	10,5	6	1,0	3,0
КМ-20	20	3,8	13	7	1,0	3,6
КМ-25	25	4,5	16	9	1,3	4,5
КМ-32	32	6,6	20	18	3,0	10,0
КМ-40	40	8,41	25	22	3,7	11,3
КМ-50	50	10,5	33	27	4,5	13,7
КМ-63	63	13,0	40	30	5,0	15,0

Таблица 2.1.3.5 Выбор теплового реле

Тип теплового реле	Номинальный ток, А	Номинальные токи тепловых элементов реле, А	Напряжение, В	Кол-во и вид контактов
РТН-1314 7-10ТДМ	10	7-10	660	3з+1р
РТН-1322 17-25ТДМ	25	17-25	660	3з+1р
РТН-3355 30-40ТДМ	40	30-40	660	3з+1р
РТН-1359 48-65ТДМ	65	48-65	660	3з+1р
РТН-1365 80-93ТДМ	93	80-93	660	3з+1р

Выбранные таким образом параметры реле обеспечивают отключение двигателя, например, при токе перегрузки $1,3I_{ном}$ - за время не более $10 \div 20$ мин., а при перегрузке током $10I_{ном}$ - за время не более $2 \div 5$ с.

Структурное обозначение пускателя- серия 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ПМЛ -X X X X X X X X:

1. - Цифра, указывающая величину пускателя в зависимости от номинального тока: 1-10, 16А; 2-25А; 3-40А; 4-63А, 80А.

2. - Цифра, указывающая исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле:

1 - нереверсивный пускатель без теплового реле;

2 - нереверсивный пускатель с тепловым реле;

5- реверсивный пускатель без теплового реле с механической блокировкой для степени защиты IP00, IP20 и с электрической и механической блокировкой для степени защиты IP40; IP54;

6 - реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками;

7 - пускатель звезда-треугольник.

3. - Цифра, указывающая исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок:

0 - степень защиты IP00;

1 - степень защиты IP54 без кнопок (для пускателей без теплового реле) или с кнопкой “Реле” (для пускателей с тепловым реле),

2 - степень защиты IP54 с кнопками “Пуск” и “Стоп”;

3 - степень защиты IP54 с кнопками “Пуск” “Стоп” и сигнальной лампой (изготавливается только для напряжения 127, 220, 380 В, 50Гц);

4 - степень защиты IP40 без кнопок;

6 - степень защиты IP20.

4. - Цифра, указывающая исполнение пускателей по числу и исполнению контактов вспомогательной цепи.

5. - Буква, обозначающая пускатели с номинальным током на 16А - для 1 величины, 80А -для 4 величины, с уменьшенными весогабаритными показателями - для 3 величины (Д).

6. -Буква, обозначающая исполнение пускателей с возможностью крепления как на стандартную рейку, так и винтами на плоскости - М.

7. -Буква, характеризующая климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69 (0,0*; ОМ).

8. - Цифра, характеризующая категорию размещения по ГОСТ 15150-69 (2,4).

9. -Буква, указывающая исполнение по износостойкости (А, Б, В).

Структурное обозначение приставки контактной- Серия-1 2 3 4 5 6

ПКЛ - X X X X 4 X

1. Количество замыкающих контактов.

2. Количество размыкающих контактов.

3. М - исполнение приставки со степенью защиты IP20;

- Отсутствие буквы означает приставку со степенью защиты IP00.

4. Климатическое исполнение 0, ОМ по ГОСТ 15150-69.

5. Категория размещения 4 по ГОСТ 15150-69.

6. Исполнение по коммутационной износостойкости в режиме нормальных коммутаций: А - 3 x 10⁶ циклов; Б - 1.6 x 10⁶ циклов.

Контрольные вопросы:

1. Какие вы знаете устройства для плавного пуска электродвигателя?

2. Какие аппараты используются для включения электродвигателя?

3. Поясните принцип устройства магнитного пускателя.

4. Как производится выбор магнитных пускателей, контакторов?

5. Расскажите об условном обозначении магнитных пускателей, контакторов и тепловых реле.

Практическая работа

Выбор пускового устройства для электродвигателя:

$P_{ном} = 5 \text{ кВт} = 5000 \text{ Вт}$; $\eta = 87\% = 0,87$; $\cos\varphi = 0,88$; $k = 7,5$.

2.1.4. Расчет электрических и электромеханических параметров электроприводов для различного рода рабочих машин

Целью расчета является обеспечение технологических задач, заложенных в требования к электроприводу. Технологические скорости рабочего и обратного хода в установившемся режиме, пониженные скорости при пуске и остановке рабочего органа должны быть обеспечены с заданной степенью точности.

Заданными данными для расчета являются скорость движения механизма $\omega_{зад} = \omega_o$ приведенная к валу двигателя, и заданный момент сопротивления движению M_c , приведенный к валу двигателя и включающий в себя момент механических потерь холостого хода двигателя ΔM_x .

Задачей расчета является определение параметров электропривода (в зависимости от конкретной схемы управления), при которых выполняются

требования к электроприводу по обеспечению заданных скоростей движения рабочего органа (рабочей машины).

Исходными данными для расчета статических характеристик являются каталожные данные электродвигателя и другого оборудования, установленного в его силовой цепи.

Расчет естественных характеристик электродвигателей. С помощью естественной характеристики оценивают возможности двигателя при его работе в механической системе:

- выдерживать предельные значения тока (момента), которые двигатель может развивать кратковременно;
- обеспечивать перевод двигателя в генераторный режим и др.

Расчет естественной характеристики выполняют аналитическим, графическим или графоаналитическим методами. Наиболее точным изображением естественной характеристики двигателя является ее каталожная кривая. При наличии каталожной кривой отпадает необходимость в расчете характеристики, лишь иногда для получения на базе естественной характеристики искусственных характеристик приходится линеаризовать естественную характеристику на рабочем участке. Характеристики двигателей постоянного тока довольно легко рассчитываются аналитическим методом ввиду простоты уравнений их описывающих. Для двигателей переменного тока в курсовом проекте предусмотрен не только аналитический расчет, но и расчет посредством специализированных программ.

Естественные характеристики двигателя независимого возбуждения. Каталожными данными двигателя постоянного тока независимого возбуждения являются номинальные данные:

U_n - номинальное напряжение на якоре, В;

P_n - номинальная мощность на валу, кВт;

I_n - номинальный ток якорной цепи, А;

n_n - номинальная частота вращения, об/мин,

n_{\max} - максимальная допускаемая частота вращения, об/мин;

M_{\max} - максимальный вращающий момент, кгм;

$J_{\text{об}}$ - момент инерции якоря, кгм² (или $GD^2 = 4 J_{\text{об}}$ - маховый момент).

В каталогах некоторых серий двигателей (в частности, краново-металлургической серии Д) приводятся:

$2p_n$ - число полюсов;

N - число активных проводников якоря;

$2a$ - число параллельных ветвей якоря;

$r_{\text{оя}}$ - сопротивление обмотки якоря. Ом;

$r_{\text{оп}}$ - сопротивление обмотки добавочных полюсов, Ом;

$w_{\text{ен}}$ - число витков параллельной обмотки на полюс;

$r_{\text{ов}}$ - сопротивление параллельной обмотки, Ом;

Φ_n - номинальный магнитный поток на полюс, мВб, а также характеристики намагничивания двигателей $\Phi = f(F)$ и рабочие

характеристики - каталожные зависимости от тока якоря I частоты вращения $n = f(I)$, момента на валу $M_e = f(I)$, мощности на валу $P_e = f(I)$ и коэффициента полезного действия $\eta = f(I)$,

Необходимо отметить, что для дальнейших расчетов каталожные данные частоты вращения n и момента M нужно пересчитать в единицах измерения системы СИ:

$$\omega(\text{рад/с}) = (\text{об/мин}) / 9,55;$$

$$M(\text{Нм}) = 9,81 M/(\text{кгм}).$$

Механические характеристики двигателя независимого возбуждения прямолинейны и математически выражаются формулой:

$$R = \frac{U}{k\Phi} - M \frac{R}{(k\Phi)^2} \quad (2.11)$$

Для естественной механической характеристики напряжение равно номинальному $U = U_n$ поток равен номинальному $\Phi = \Phi_n$, сопротивление якорной цепи равно внутреннему (невывключаемому):

$$R = r_{\text{оя}} + r_{\text{дп}} + r_{\text{я}} \quad (2.12)$$

при этом следует обратить внимание, что в некоторых конструкциях двигателей могут отсутствовать компенсационная обмотка и обмотка добавочных полюсов. Учитывая вышеизложенное, уравнение для естественной механической характеристики принимает вид

$$R = \frac{U}{k\Phi_n} - M \frac{R}{(k\Phi_n)^2} \quad (2.13)$$

При отсутствии данных по сопротивлению якорной цепи величина $r_{\text{я}}$ может быть приближенно определена из условия равенства постоянных и переменных потерь в номинальном режиме по формуле:

$$R_n = \frac{U_n \cdot I_n - P_n}{2I_n^2} \quad (2.14)$$

Произведение $k\Phi_n$ также можно определить через каталожные данные

$$k\Phi_n = \frac{U_n - I_n \cdot r_{\text{я}}}{\omega_n} \quad (2.15)$$

Естественная механическая характеристика строится по двум точкам: (ω_n, M_n) и $(\omega_{\text{он}}=0)$

Скорость идеального холостого хода $\omega_{\text{он}}$ определяется по формуле:

$$\omega = \frac{U_n}{k\Phi_n} \quad (2.16)$$

Электромагнитный момент:

$$M_H = k\Phi_H \cdot I_H, \quad (2.17)$$

который двигатель развивает при нормальной частоте вращения ω_H .

Необходимо отметить, что механические характеристики двигателей $\omega = f(M)$ строятся в зависимости от электромагнитного момента

$$M = M_B + M_X \quad (2.18)$$

Момент потерь холостого хода часто принимают постоянным и равным номинальному моменту потерь холостого хода. Определяют эту величину по каталожным данным номинального режима

$$M_{XH} = M_H - M_{BH} \quad (2.19)$$

$$M_{BH} = \frac{P_H}{\omega_H} \quad (2.20)$$

где M_{BH} - номинальный момент на валу двигателя.

Естественная электромеханическая характеристика $\omega = f(M)$ определяется соотношением:

$$\omega_H = \frac{U_H - I_H r_{я}}{k\Phi_H} \quad (2.21)$$

и строится также по двум точкам: (ω_H, I_H) и $(\omega_{OH}, I=0)$.

Часто в рамках автоматизированного электропривода используются характеристики, построенные в относительных единицах (о.е.). Для перехода к о.е. назначаются базовые величины, за которые обычно принимаются номинальные значения:

$U_{\delta} = U_H$, $I_{\delta} = I_H$, $\Phi_{\delta} = \Phi_H$ и лишь за базовую частоту вращения $\omega_{\delta} = \omega_{OH}$.

Базовые значения других переменных определяются через базовые значения основных переменных:

$$M_{\delta} = M_H = k \cdot \Phi_H \cdot I_H;$$

$$E_{\delta} = E_H = k \cdot \Phi_H \cdot \omega_{OH};$$

$$R_{\delta} = R_H = U_H \cdot I_H$$

Естественные механическая и электромеханическая характеристики в о.е. совпадают

$$\omega = 1 - M \cdot r_{я}$$

$$\omega = 1 - I \cdot r_{я}$$

$$I = M$$

и строятся по точкам:

$$(\omega = 1, M = 0) \text{ и } (1 - r_{я}, M = 1).$$

Использование изображения характеристик в о.е. позволит в дальнейшем легко строить искусственные характеристики и определять параметры схем включения.

Естественные характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Двигатели последовательного возбуждения постепенно вытесняются из электроприводов промышленных механизмов асинхронными двигателями. Эти двигатели сохраняют свое место в электроприводе транспортных устройств (электровозы, троллейбусы, трамваи) благодаря их достоинствам для этого типа приводов:

- однопроводное питание;
- поток не зависит от напряжения сети;
- постоянство статической мощности;
- возможность форсирования переходных режимов и т.д.

Обмотка возбуждения двигателя последовательного возбуждения включается в цепь якоря, и поток машины определяется током якоря, который в данном случае одновременно является и током возбуждения. Механическая и электромеханическая характеристики двигателя определяются кривой намагничивания машины, поэтому, естественные характеристики не поддаются аналитическому расчету. Расчет характеристик двигателя - графоаналитический, и исходными данными для расчета являются каталожные кривые - зависимости от тока якоря I момента на валу $M_в$ и частоты вращения n , а также мощности на валу $P_в$ и коэффициента полезного действия η .

В каталогах приводятся номинальные данные электродвигателей (P_n, I_n, U_n, n_n), а также предельные значения момента $M_{макс.доп}$ и частоты вращения $\omega_{макс}$, момент инерции якоря $J_{дв}$ или маховый момент $GD^2 = 4J_{дв}$. Для двигателей краново-металлургической серии (двигатели типа Д) приводятся значения допускаемых нагрузок P, I, n при каталожных значениях ПВ, что позволяет построить участок электротехнических характеристик.

Для дальнейших расчетов искусственных характеристик целесообразно построить зависимости электромагнитного момента $M_{эм}(I)$ и тормозного момента $M_T(I)$. Для этого задаются током якоря $I_{зад}$, по каталожным кривым определяют частоту вращения $\omega_в$ на естественной электромеханической характеристике и значение момента на валу $M_в$ по каталожной зависимости $M_в(I)$.

Электромагнитный момент рассчитывается по отношению:

$$M_{эм} = k\Phi \cdot I_{зад} = \frac{U_n - I_{зад} \cdot (r_я + r_{ов})}{\omega_в}, \quad (2.22)$$

а тормозной момент:

$$M_T = 2 \cdot M_{эм} - M_в \quad (2.23)$$

По результатам расчетов строятся зависимости $M_{эм}(I)$ и $M_T(I)$, а также естественная механическая характеристика $\omega = f(M_{эм})$.

Естественные характеристики асинхронного двигателя. В каталогах электротехнической промышленности приводятся номинальные данные двигателя:

U_n - номинальное напряжение статора, В;

I_n - ток статора, А;

P_n - мощность на валу, кВт;

n_n - частота вращения, об/мин,

$\cos \varphi_n$ - коэффициент мощности;

η_n - коэффициент полезного действия,

а также

M_k - максимальный момент, Нм;

n_{\max} - максимальная частота вращения, об/мин;

$J_{\text{об}}$ - момент инерции ротора, кгм².

Для двигателя с фазным ротором:

E_{20} - напряжение на кольцах заторможенного разомкнутого ротора, В;

I_{2n} - номинальный ток ротора, А.

Для двигателя с короткозамкнутым ротором:

M_n - пусковой момент, Нм;

I_n - пусковой ток статора, А.

Кроме номинальных данных, в каталогах двигателей краново-металлургической серии $MTF(H)$ приводятся каталожные кривые-зависимости от скольжения S момента двигателя $M(S)$, тока статора $I(S)$ и $\cos \varphi(S)$, а также допускаемые нагрузки P , n , I при каталожных значениях продолжительности включения $PB_{\text{кат}}$.

Наиболее точной механической характеристикой асинхронного двигателя является каталожная зависимость $M(S)$, и лишь при отсутствии каталожной зависимости приходится обращаться к приближенным расчетам.

При известных сопротивлениях статора r_1 , x_1 и ротора r_2 , x_2 для расчета естественной механической характеристики используют уточненную формулу Клосса:

$$M = \frac{2M_k \cdot (\alpha S_k)}{\frac{S_k}{S} + \frac{S}{S_k} + 2\alpha S_k} \quad (2.24)$$

$$S_k = \pm \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2)^2}} \quad (2.25)$$

$$\alpha = \frac{r_1}{r_2} \quad (2.26)$$

$$M_k = \frac{3U_{1\text{фн}}^2}{2\omega_{\text{он}}(r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2)^2})} \quad (2.27)$$

$$k_B = \frac{0,95 \cdot U_{1H}}{E_{20}} \quad (2.28)$$

$$\omega_{OH} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}}{P_n} \quad (2.29)$$

где S_K - критическое скольжение;

M_K - максимальный момент двигателя Нм, обычно в каталогах приводится $M_{\max} = M_K$;

r_2' - приведенное активное сопротивление ротора, Ом;

x_2' - приведенное индуктивное сопротивление рассеяния ротора, Ом;

k_e - коэффициент трансформации;

ω_{OH} синхронная скорость вращения поля статора, рад/с;

f_{1H} - номинальная частота напряжения статора, Гц;

p_n - число пар полюсов.

Если сопротивления цепей неизвестны, то используют формулу (2.24), в которой принимают $a = 1$, а критическое скольжение рассчитывают по формуле:

$$S_K = S_H \cdot \frac{\mu_k \pm \sqrt{\mu_k^2 - 2\alpha \cdot S_H \cdot (\mu_k - 1)}}{1 - 2\alpha \cdot S_H \cdot (\mu_k - 1)} \quad (2.30)$$

где μ_k - перегрузочная способность асинхронного двигателя;

S_H - номинальное относительное скольжение.

При увеличении номинальной мощности P_n двигателя величина активного сопротивления статора снижается, а при $P_u > 10$ кВт можно пренебречь его величиной $r_1 \approx 0$, тогда $\alpha = 0$, выражение механической характеристики преобразуется к виду

$$M = \frac{2M_K}{\frac{S_K}{S} + \frac{S}{S_K}} \quad (2.31)$$

а выражение критического скольжения к виду

$$S_K = S_H \cdot (\mu_k \pm \sqrt{\mu_k^2 - 1}) \quad (2.32)$$

Момент потерь холостого хода асинхронного двигателя M_x рассчитать довольно сложно из-за отсутствия каталожных данных по сопротивлениям статора и ротора. Поэтому в расчетах асинхронного электропривода можно не учитывать момент потерь холостого хода ($M_x \approx 0$), а электромагнитный момент в установившемся режиме принимать равным статическому моменту.

Электромеханические характеристики асинхронного двигателя - зависимости частоты вращения ротора ω от тока статора $\omega(I_1)$, от тока ротора $\omega(I_2)$, от тока намагничивания $\omega(I_\mu)$. Расчет этих зависимостей достаточно сложен, так как необходим учет сопротивлений статора и ротора

и их изменений в зависимости от частоты токов ротора и статора. Также при расчете необходимо учитывать изменение сопротивления контура намагничивания с помощью кривой намагничивания. Чаще всего на стадии проектирования электропривода сопротивления обмоток и кривая намагничивания не известны.

С достаточной точностью для расчета электромеханических характеристик двигателя при питании от цеховой сети (напряжение постоянной амплитуды и частоты) можно использовать формулы профессора В.А.Шубенко. Эти формулы получены при не учете активного сопротивления статора ($r_1 = 0$) и используют только каталожные данные двигателя.

Ток холостого хода (ток намагничивания):

$$I_{\mu H} = I_{1H} \cdot \left(\sin \varphi_H - \frac{S_H}{S_k} \cdot \cos \varphi_H \right) \quad (2.33)$$

Ток ротора:

$$I_2 = I_{2H} \cdot \sqrt{\frac{M \cdot S}{M_H \cdot S_H}} \quad (2.34)$$

Ток статора:

$$I_1 = \sqrt{I_{\mu H}^2 + (I_{1H}^2 - I_{\mu H}^2) \cdot \frac{M \cdot S}{M_H \cdot S_H}} \quad (2.35)$$

При известных величинах сопротивлений статора и ротора расчет токов в этих цепях выполняется известными из теоретической основы электротехники методами расчета цепей переменного тока для Т - образной или Г - образной схем замещения асинхронного двигателя или с помощью его круговой диаграммы. Если сопротивления цепей статора и ротора неизвестны, их можно рассчитать (с довольно большой погрешностью) через каталожные данные двигателя.

Контрольные вопросы:

- 1.Какая цель расчета электрических и электромеханических параметров электроприводов для различного рода рабочих машин?
- 2.Какими способами выполняется расчет естественной характеристики?

Практическая работа:

- 1.Рассчитать естественные характеристики для двигателя постоянного тока мощностью 0,55кВт данные взять по ссылке

<http://se33.ru/menu-direct-current-motor/26-direct-current-motor/132-2p-90-100.html>

2. Рассчитать естественные характеристики для двигателя переменного тока мощностью 15кВт данные взять по ссылке <https://megavattspb.ru/prod1-1-th.html>

2.2. Расчет освещения и выбор кабельной продукции для подключения силового и осветительного электрооборудования

2.2.1. Классификация и выбор системы электроосвещения по техническим параметрам

Основная задача - обеспечить такую освещенность рабочего места, которая будет наилучшим образом соответствовать характеру выполняемой работы.

Каждый вид деятельности, связанный освещенностью объектов, зданий, цехов, бытовых и административных корпусов, определённо требует уровня освещенности на том участке, где эта деятельность осуществляется. Обычно чем сильнее затруднено зрительное восприятие, тем выше должен быть средний уровень освещенности.

Зрительное утомление, связанное с напряженной работой и частой переадаптацией, приводит к снижению зрительной и общей работоспособности.

Качественное освещение производственных помещений выполняет несколько функций:

1. Освещение на производстве призвано сделать работу специалистов удобной и безопасной.

2. Профессионально организованное освещение рабочего помещения благоприятно влияет на психику людей, тонизирует и создает хорошее настроение, что отражается на производительности труда.

Виды освещения производственных помещений и рабочих мест.

Освещение как свет от какого-либо источника, создающее освещенность поверхностей предметов и обеспечивающее зрительное восприятие этих предметов.

По этому критерию выделяют несколько видов освещения:

- Естественное;
- Искусственное;
- Совмещенное.

1. Естественное освещение – освещение помещений светом, исходящим от неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное. Нормируемой характеристикой является коэффициент естественной освещенности.

- Боковое естественное освещение – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

- Верхнее естественное освещение – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах (в местах перепада высот здания).

- Комбинированное естественное освещение – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Основным фактором, препятствующим широкому применению естественного освещения, является его непостоянство.

2. Искусственное освещение – освещение помещений и других мест, где недостаточно естественного освещения.

Подразделяется на:

- а) рабочее;
- б) аварийное;
- в) охранное;
- г) дежурное;
- д) общее;
- е) местное;
- ж) комбинированное.

При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения используется для дежурного освещения.

а) Рабочее освещение обеспечивают во всех помещениях, а также на участках открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта рисунок 2.2.1.1. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и с разными режимами работы, предусматривается раздельное управление рабочим освещением.



Рисунок 2.2.1.1 Рабочее освещение производственного цеха

Рабочее освещение создается светильниками. Светильником называется световой прибор, состоящий из источника света и осветительной арматуры. Светильники в помещениях располагаются рядами по вершинам прямоугольников, ромбов, равносторонних треугольников на высоте, обеспечивающей нормальную освещенность.

Светильники рабочего освещения включаются, как правило, на напряжение 220 В. При перерыве в электроснабжении рабочего освещения

должно быть предусмотрено аварийное освещение для продолжения работы или эвакуационное – для эвакуации людей из рабочего помещения.

б) Аварийное освещение – освещение объектов различного назначения, не прекращающееся или автоматически вводимое в действие при внезапном отключении рабочих (основных) источников света рисунок 2.2.1.2. Предназначено для обеспечения эвакуации людей или временного продолжения работы на объектах, где внезапное отключение освещения создает опасность травматизма или недопустимого нарушения технологического процесса. Аварийное освещение подразделяется на: освещение безопасности и эвакуационное освещение.

Освещение безопасности – освещение, предусматриваемое на случай аварийного отключения рабочего освещения, в результате чего возможны:

- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радиотелевизионных передач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха в производственных помещениях, где недопустимо прекращение работ.



Рисунок 2.2.1.2 Аварийное освещение

Эвакуационное освещение – освещение для эвакуации людей из помещений при аварийном отключении нормального освещения рисунок 2.2.1.3. Такое освещение (в помещениях или в местах производства работ вне зданий) следует предусматривать:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек;
- по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек;
- на лестничных клетках жилых зданий высотой 6 этажей и более;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования;

- в помещениях общественных и вспомогательных зданий промышленных предприятий, если в помещениях могут одновременно находиться более 100 человек;
- в производственных помещениях без естественного света.

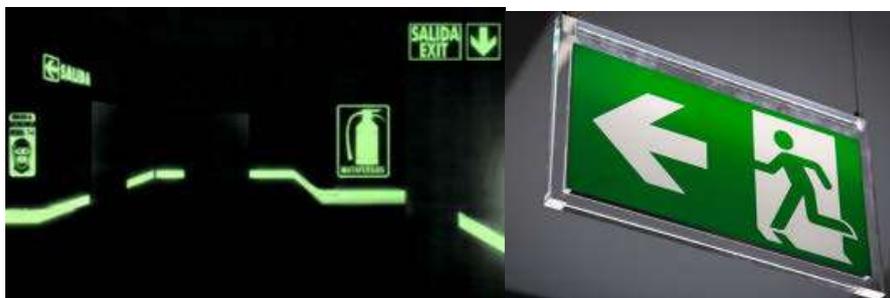


Рисунок 2.2.1.3 Эвакуационное освещение

При аварийном освещении освещенность на рабочих местах должна быть не менее 10% рабочей освещенности, установленной для нормальных условий.

Светильники аварийного освещения располагаются и работают совместно со светильниками рабочего освещения, но подключаются к независимому источнику питания. Если светильники рабочего и аварийного освещения чередуются, то при отключении рабочего освещения аварийное освещение будет обеспечивать 50% освещенности, что позволяет продолжать многие виды работ. Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,3 лк.

в) Охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Могут использоваться любые источники света, за исключением случаев, когда охранное освещение автоматически включается только при срабатывании охранной сигнализации или других технических средств. В таких случаях применяются лампы накаливания. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк.

г) Дежурное освещение – освещение в нерабочее время рисунок 2.2.1.4. Область применения, величины освещенности, равномерность и требования к качеству не нормируются.



Рисунок 2.2.1.4 Дежурное освещение

д) Общее освещение предназначено для создания необходимой освещенности рабочих поверхностей, объектов различения и помещения в целом. Оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение обеспечивает равномерное распределение освещенности заданного уровня по всей площади помещения. При этом светильники, как правило, выбираются одного типа и мощности и устанавливаются на одной высоте.

При локальном размещении светильников обеспечивается нужное направление светового потока, лучшее освещение, чем при равномерном освещении, благодаря устранению теней от оборудования. Положение светильников выбирается в зависимости от расположения рабочих поверхностей или производственного оборудования.

е) Местное освещение предназначается для освещения отдельных рабочих поверхностей. Светильники обычно устанавливаются в непосредственной близости от объекта различения. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных в отношении поражения электрическим током должны включаться на напряжение не выше 36 В.

ж) Комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

3. Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Системы искусственного освещения обуславливаются способами размещения светильников. По способам размещения светильников в помещениях различают системы общего и комбинированного освещения.

Система общего освещения предназначена для освещения всего помещения и рабочих поверхностей. Общее освещение может быть равномерным и локализованным. Светильники общего освещения располагают в верхней зоне помещения и крепят их на строительных основаниях здания непосредственно к потолку, на фермах, на стенах, колоннах или на технологическом производственном оборудовании, на тросах и т.д. Выбор той или иной системы освещения определяется характером работы и особенностями технологического процесса.



Рисунок 2.2.1.5 Равномерное освещение производственного участка

При общем равномерном освещении создается равномерная освещенность по всей площади помещения рисунок 2.2.1.5. Освещение с равномерным размещением светильников применяется в производственных помещениях, в которых технологическое оборудование расположено равномерно по всей площади с одинаковыми условиями зрительной работы или в помещениях общественного или административного назначения.

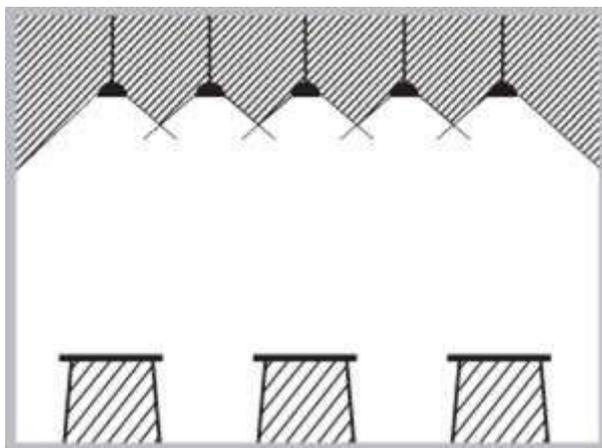


Рисунок 2.2.1.6 Локализованное освещение

Общее локализованное освещение рисунок 2.2.1.6 предусматривается в помещениях, в которых на разных участках производятся работы, требующие различной освещенности, или когда рабочие места в помещении сосредоточены группами и необходимо создание определенных направлений светового потока.

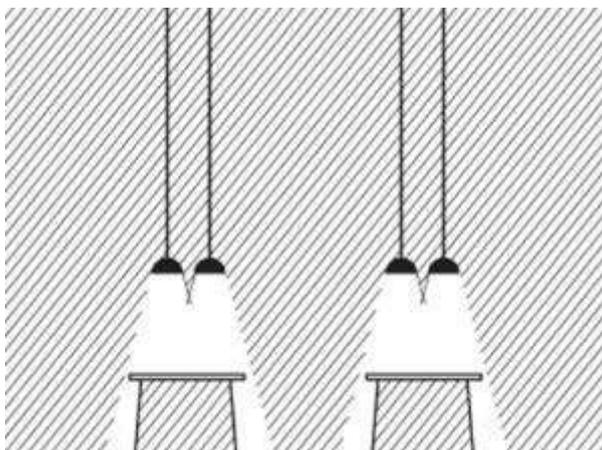


Рисунок 2.2.1.7 Местное освещение

Наряду с системой общего освещения в помещениях может применяться местное освещение рисунок 2.2.1.7. Местное освещение предусматривается на рабочих местах (станках, верстках, столах, разметочных плитках и т.д.) и предназначено для увеличения освещенности рабочих мест.

Устройство в помещениях только местного освещения нормами запрещено. Местное ремонтное освещение выполняется переносными

светильниками, которые подключаются через понижающий трансформатор на безопасном напряжении 12В, 24В, 42В в зависимости от категории помещения в отношении безопасности обслуживающего персонала.

Комбинированное освещение

Местное и общее освещения, применяемые совместно, образуют систему комбинированного освещения. Применяется она в помещениях с точными зрительными работами, требующими высокой освещенности. При такой системе светильники местного освещения обеспечивают освещенность только рабочих мест, а светильники общего освещения – всего помещения, рабочих мест и главным образом проходы, проезды.

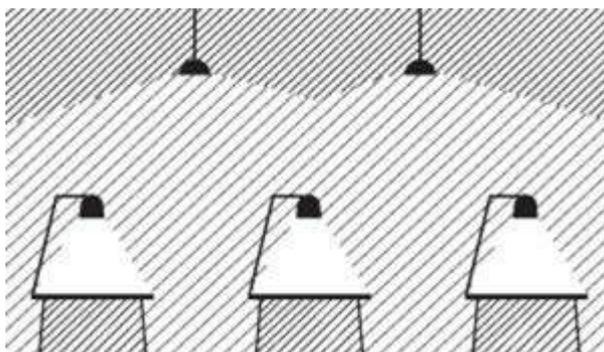


Рисунок 2.2.1.8 Выбор системы освещения

Выбор той или иной системы освещения определяется в основном размещением оборудования и соответственно расположением рабочих мест, технологией выполняемых работ, экономическими соображениями рисунок 2.2.1.8.

Одним из основных показателей, характеризующим целесообразность применения общей или комбинированной системы освещения является плотность расположения рабочих мест в помещении ($m^2/чел$).

В таблице 2.2.1.1 приведены рекомендуемые системы освещения для различных разрядов зрительной работы в зависимости от плотности расположения рабочих мест и дается при этом возможная экономия электроэнергии.

Таблица 2.2.1.1. Рекомендуемые области применения систем общего и комбинированного освещения

Разряд зрительной работы	Системы освещения		Возможная экономия
	Комбинированная	Общая	
I, II а, б	+	-	-
II в, г	÷ при $S > 3$	÷ при $S \leq 3$	До 60
III	÷ при $S > 5$	÷ при $S \leq 5$	До 25
IV	÷ при $S > 10$	÷ при $S \leq 10$	15-20
IV а, б	-	-	-

Примечание: + - рекомендуется; - - не рекомендуется; S - средняя плотность, m^2 на одного работающего.

Правильность выбора системы освещения определяет эффективность осветительной установки.

Источниками искусственного освещения являются газоразрядные лампы и лампы накаливания. Газоразрядные лампы предпочтительнее для применения в системах искусственного освещения. Световой поток от газоразрядных ламп по спектральному составу близок к естественному освещению и поэтому более благоприятен для зрения.

Однако газоразрядные лампы имеют существенные недостатки, к числу которых относится пульсация светового потока. При рассмотрении быстро движущихся или вращающихся деталей в пульсирующем световом потоке возникает стробоскопический эффект, который проявляется в искажении зрительного восприятия объектов (вместо одного предмета видны изображения нескольких, искажаются направление и скорость движения).

В системах производственного освещения применяют люминесцентные газоразрядные лампы, имеющие форму цилиндрической стеклянной трубки.

Внутренняя поверхность трубки покрыта тонким слоем люминофора, который преобразует ультрафиолетовое излучение газового электрического разряда в видимый свет. Люминесцентные газоразрядные лампы в зависимости от применяемого в них люминофора создают различный спектральный состав света. Различают несколько типов ламп: дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), холодного белого (ЛХБ), теплого белого (ЛТБ) и белого света (ЛБ).

Кроме люминесцентных газоразрядных ламп (низкого давления), в производственном освещении применяют газоразрядные лампы высокого давления:

- лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные);
- галогенные лампы ДРИ (дуговые ртутные с йодидами);
- ксеноновые лампы ЛКсТ (дуговые ксеноновые трубчатые), которые в основном применяются для освещения территорий предприятия;
- натриевые лампы ДНаТ (дуговые натриевые трубчатые), используемые для освещения цехов с большой высотой (в частности, многих литейных цехов).

Применяются для освещения производственных помещений также лампы накаливания, в которых свечение возникает путем нагревания нити накала до высоких температур. Они просты и надежны в эксплуатации.

Недостатками их являются низкая световая отдача (не более 20 лм/Вт), ограниченный срок службы (до 1000 ч), преобладание излучения в желто-красной части спектра, что искажает цветовое восприятие.

В осветительных системах используют лампы накаливания различных типов:

- вакуумные (НВ);
- газонаполненные биспиральные (НБ);
- биспиральные с криптоксеноновым наполнением (НБК);

- зеркальные с диффузно отражающим слоем и др.

Большое распространение получают лампы накаливания с йодным циклом – галогенные лампы, которые имеют лучший спектральный состав света и хорошие экономические характеристики.

Светодиодные лампы уже давно нашли применение в различных областях промышленности, в электроцитах, радиоэлектронных приборах, в приборах сигнализации и связи, бытовой технике, в частности, направления по использованию светодиодных ламп в качестве замены декоративных и осветительных ламп накаливания.

Преимущества:

- большой срок службы, в различных источниках указывается разный - от полутора до 10 лет (или от 10 000 до 100 000 часов);
- низкое энергопотребление, величина его так же различная и зависит от типа лампы;
- устойчивость к вибрации и механическим ударам;
- безотказная работа в различных климатических условиях при температуре от - 60 до +60 °С;
- светодиодные лампы изготавливаются на любое напряжение, соответственно, нет необходимости установки дополнительных балластных резисторов;
- светодиод излучает в узкой части спектра, обладает "чистым цветом", что важно в световом дизайне.

Недостатки:

- самый главный недостаток - высокая цена;
- ограничена сфера применения, т.е. в некоторых случаях лампы накаливания нельзя заменить светодиодными.

Качественные показатели освещения в производственных помещениях во многом определяются правильным выбором светильников, представляющих собой совокупность источника света и осветительной арматуры. Основное назначение светильников заключается в перераспределении светового потока источников света в требуемых для освещения направлениях, механическом креплении источников света и подводе к ним электроэнергии, а также защите ламп, оптических и электрических элементов от воздействия окружающей среды.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды освещения производственных помещений и рабочих мест вы знаете?
2. Что такое естественное освещение?
3. Что такое искусственное освещение?
4. Что такое комбинированное освещение?
5. Как выбирается система освещения?
6. Какие вы знаете источники искусственного освещения?

2.2.2. Расчета и выбора системы электроосвещения точечным методом

Точечный метод может быть применен для расчета общего, местного и наружного освещения.

Основным инструментарием точечного метода являются графики или таблицы, по которым легко можно определить освещенность любой точки поверхности, создаваемую светильником с известными параметрами: светораспределением, световым потоком лампы и геометрическими характеристиками, определяющими расположение светильников.

К точечным светильникам относят, например, светильники с лампами накаливания, лампами ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, поскольку их геометрические размеры намного меньше расстояния до освещаемой поверхности.

Повышенная точность расчетов нужна преимущественно при сопоставлении и выборе различных вариантов выполнения освещения. В этих случаях с учетом равной для всех вариантов вероятности отклонения результатов от расчетных данных можно считать предпочтительным тот вариант, в котором данные осветительные условия достигаются хотя бы при незначительно лучших показателях.

При выборе лампы по стандартам допускается отклонение номинального потока лампы от требуемого расчетом в пределах от -10 до +20%. При невозможности выбрать лампу, поток которой лежит в указанных пределах, изменяется число светильников.

При освещении трубчатыми люминесцентными лампами до расчета обычно намечается число и расположение рядов светильников, по результатам же расчета производится «компоновка рядов», т. е. определение числа и мощности светильников, устанавливаемых в каждом ряду. При этом отклонения ожидаемой освещенности от заданной должны также не превышать вышеуказанных пределов.

Все применяемые приемы расчета основаны на двух формулах, связывающих освещенность с характеристиками светильников и ламп:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad \text{и} \quad E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

принципиальная разница между которыми состоит в том, что первая из них, будучи написана в недифференциальном виде, определяет среднюю освещенность поверхности, а вторая - освещенность конкретной точки на поверхности.

Метод, основанный на первой формуле, носит название метода коэффициента использования. В своих обычных формах он позволяет обеспечить среднюю освещенность горизонтальной поверхности с учетом всех падающих на нее потоков, как прямых, так и отраженных. Переход от средней освещенности к минимальной в этом случае может осуществляться лишь приближенно. Метод, основанный на второй формуле, - точечный

метод, позволяет обеспечить заданное распределение освещенности на как угодно расположенных поверхностях, но лишь приближенно учесть свет, отражаемый поверхностями помещения.

Соответственно этим особенностям метод коэффициента использования применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей, а также для расчета наружного освещения в случаях, когда нормирована средняя освещенность. Точечный метод применяется для расчета общего равномерного и локализованного освещения помещений и открытых пространств, а также для расчета местного освещения при любом расположении освещаемых поверхностей. Его область применения для расчета внутреннего освещения ограничена, однако, случаями, когда достаточен приближенный учет света, отражаемого поверхностями помещения, т. е. когда применяются светильники класса П, а при плохо отражающих поверхностях также класса Н.

Основным инструментарием точечного метода являются графики или таблицы, позволяющие непосредственно или после несложных вычислений определить освещенность любой точки поверхности, создаваемую светильником с известными параметрами; светораспределением, световым потоком лампы и геометрическими характеристиками, определяющими расположение светильника.

Из многих предлагавшихся приемов решения этой задачи для точечных излучателей (каковыми почти всегда можно считать светильники с лампами накаливания, а также лампами ДРЛ, ДРИ и ДНаТ) широкое применение получили виды графиков – это кривые относительной освещенности и пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Все они составляются для светильников с условным потоком лампы (или нескольких ламп суммарно) 1000 лм и предназначаются для определения освещенности горизонтальной поверхности.

Кривые относительной освещенности.

Освещенность точки A горизонтальной поверхности рисунков 2.2.2.1, 2.2.2.2 выражается формулой:

$$E = \frac{I\alpha \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (2.36)$$

в которой будем считать силу света $I\alpha$ заданной для условной лампы со световым потоком 1000 лм.

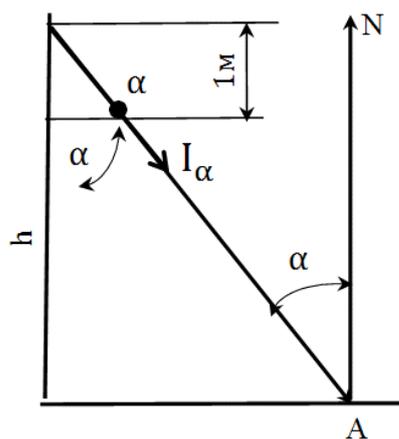


Рисунок. 2.2.2.1 Освещенность точки

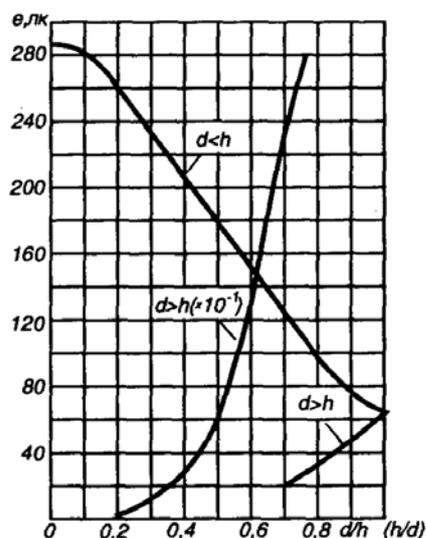


Рисунок 2.2.2.2 Кривые относительной освещенности для светильника УПД ДРЛ

Числитель этой формулы назовем относительной освещенностью и будем обозначать ε . Эта величина численно соответствует освещенности точки α , расположенной на том же луче, что и точка A , но на плоскости, по отношению к которой высота установки светильника равна 1 м. Введя это обозначение, перепишем формулу (2.36), одновременно заменив для освещенности обозначение E на e , чтобы подчеркнуть, что освещенность рассчитывается не вообще, а для лампы 1000 лм.

Таким образом,

$$\varepsilon = I \cos^3 \alpha \quad \text{и} \quad e = \frac{\varepsilon}{h^2} \quad (2.37)$$

Хотя относительная освещенность есть функция угла α , но ее удобнее изображать кривыми в функции отношения $d : h - \operatorname{tg} \alpha$, что соответствует абсциссе точки α на рис. 2.2.2.1. Чтобы, не увеличивая размеров графика и не уменьшая масштаба шкалы, иметь возможность пользоваться им при $d > h$, прибегают к условному приему, а иногда, когда с увеличением d оно становится больше, чем h , заменяют аргумент на $h : d$, т. е. поворачивают

кривую обратно к началу координат. Часть этой кривой, для повышения точности отсчета, иногда строится в десятикратном масштабе (для той же цели возможно применение логарифмических шкал). Пример графика относительной освещенности показан на рис. 2.2.2.2. Переход от относительной освещенности к освещенности данной конкретной поверхности производится в соответствии с выражением (2.2.2.2). Если же требуется найти освещенность не для лампы со световым потоком 1000 лм а для лампы с потоком Φ , то дополнительно вводится множитель $\Phi: 1000$ и основная формула приобретает вид:

$$E = \frac{\Phi \varepsilon}{1000 h^2}, \quad (2.38)$$

Пример

Определить освещенность горизонтальной поверхности в точке, лежащей посередине между двумя светильниками УПД ДРЛ с лампами ДРЛ 400 Вт, подвешенными на высоте 6 м, на расстоянии 14 м друг от друга.

В данном случае $d=7$ м, $h:d = 0,86$ и по нижней ветви графика определяем $\varepsilon = 41$ лк. Так как для лампы ДРЛ 400 Вт поток $\Phi = 19\,000$ лм, то, подставляя численные значения в формулу (2.38), получаем:

$$E = \frac{1900 \cdot 2 \cdot 41}{1000 \cdot 6^2} = 43 \text{ лк.}$$

Пространственные изолюксы. Условная освещенность ε зависит от светораспределения светильников и геометрических размеров d и h (d – расстояние от проекции светильника на расчетную поверхность до контрольной точки, h – расчетная высота). В качестве расчетных точек необходимо принимать такие, где освещенность минимальная. Для определения величины ε служат пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности, на которых находится точка с заданными величинами d и h , ε определяется путем интерполяции ближайших изолюксы.

Кривые относительной освещенности позволяют вести расчет с высокой степенью точности, но требуют определения аргумента $d:h$ или $h:d$ и операции деления на h^2 . Пользование пространственными изолюксами устраняет эти операции. Введенную ранее величину ε – освещенность, создаваемую на конкретной поверхности от светильника с лампой 1000 лм, будем называть условной освещенностью. При заданном светораспределении светильника эта величина является функцией параметров d и h и, следовательно, может быть изображена на плоскости семейством кривых или кривыми равных значений – изолюксами, построенными в координатной плоскости $d = h$. Легко убедиться, что на любом направлении а этой плоскости существует точка с любым заданным значением ε , если только сила света светильника (а значит, и относительная освещенность ε) имеет для

данного направления конечное значение. Одной из координат этой точки является направление α , второй - высота, определяемая согласно формуле:

$$x = \sqrt{\varepsilon/e} . \quad (2.39)$$

Для построения графика на заготовленной сетке $d - h$ наносятся лучи направлений 0-5-15 и т. д. градусов (при разных масштабах для d и h , что иногда удобно, лучи проводятся по значениям $\text{tg}\alpha$). Расположение точек изолукс на каждом луче определяется по выражению (2.4), причем удобно значения ε и e совмещать по квадратичной шкале логарифмической линейки, а h прочитывать по основной шкале. Полученные точки соединяются главными кривыми.

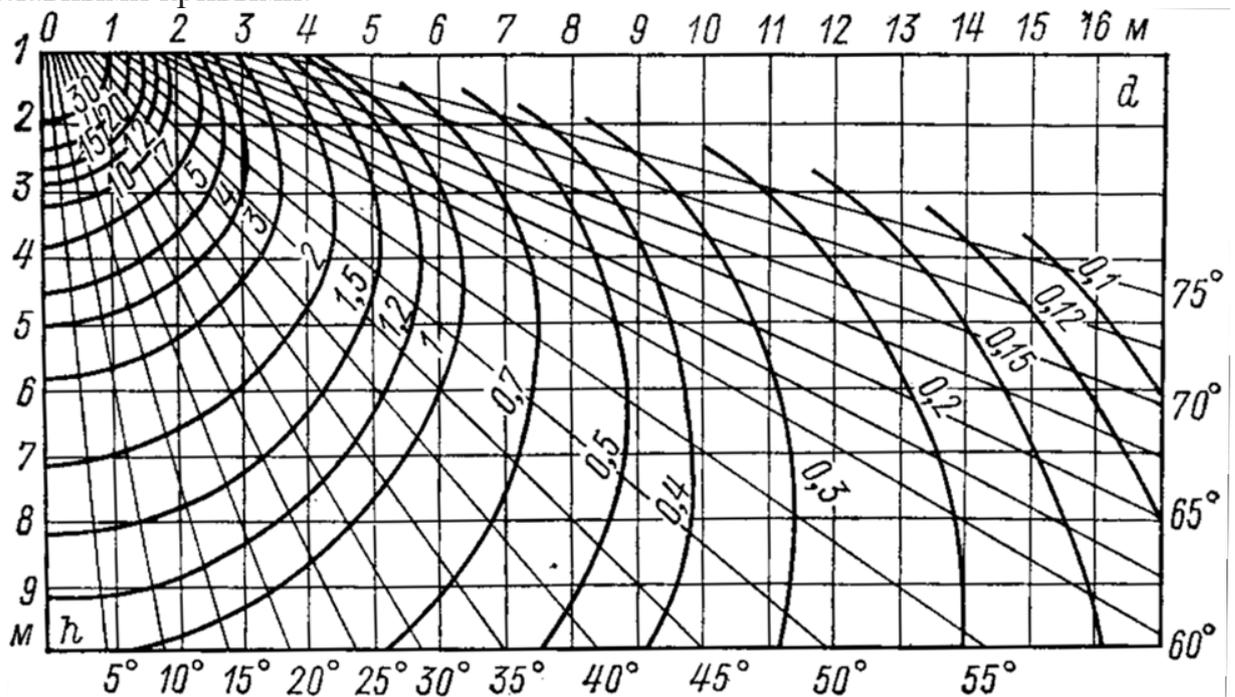


Рисунок 2.2.2.3 Пространственная изолукса условной горизонтальной освещенности для светильника ДРЛ

На рисунке 2.2.2.3 приводится график для того же светильника, для которого были приведены кривые освещенности ε . При тех же значениях d и h , что и в приведенном примере, находим по графику $e = 1,15$ лк, после чего с учетом двух светильников умножением на отношение $\Phi:1000$ находим $E = 43$ лк. Уже из этого примера видно, что отсчеты по графику, связанные с глазомерным интерполированием, менее точны, чем по кривым относительной освещенности, что окупается простотой пользования. Кривые относительной освещенности ε сохраняют, однако, значение для расчетов повышенной точности и теоретических анализов.

Ниже представлена пространственная изолукса условной горизонтальной освещенности для светильника ДРЛ.

Выбранные при построении графиков пределы шкал d и h отнюдь не ограничивают возможной области применения светильников, и пользование

графиками возможно при значении этих размеров, выходящем за пределы шкалы. Пусть, например, нам требуется с помощью рис. 2.6 найти значение e при $h = 18$ м и $d = 14$ м. Уменьшив h и d в два раза, находим на графике для точки $h = 9$ м и $d = 7$ м значение $e = 1,3$ лк. Эта точка лежит на том же луче, что и заданная, а в этом случае освещенности обратно пропорциональны квадратам высот. Следовательно, для данной точки $e = 1,3: 2^2 = 0,32$ лк.

Графики дают непосредственное суждение о наивыгоднейшей высоте установки светильника при заданном значении d . Так, из рис. 2.2.2.4 видно, что при $d = 8$ м светильник создает наибольшую возможную освещенность 1 лк при высоте $h = 10$ м.

Подобные графики могут использоваться и для расчета местного освещения, когда из-за малости расстояний светильники (особенно с люминесцентными лампами!) не могут быть приняты за точечные источники, но в этом случае их строят путем непосредственных измерений освещенности и для определенной мощности лампы, т. е. по ним находят не e , а E .

По полученному световому потоку подбирается лампа, поток которой не должен отличаться от расчетного более чем на -10% - $+20\%$. Если невозможно подобрать лампы с таким допуском, то следует откорректировать расположение светильников.

Точечный метод позволяет определить характеристики и произвести выбор светильников местного освещения в системе комбинированного. В этом случае величина E определяется как разность нормируемой освещенности для комбинированного освещения и освещенности, создаваемой светильниками общего освещения.

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяется точечный метод расчета электроосвещения?
2. Что является основным инструментарием точечного метода?

Практическая работа:

Определить освещенность горизонтальной поверхности в точке, лежащей посередине между двумя светильниками УПД ДРЛ с лампами ДРЛ 250 Вт, подвешенными на высоте 4 м, на расстоянии 10 м друг от друга.

2.2.3. Расчет и выбора системы электроосвещения методом коэффициента использования светового потока

Пусть в помещении установлено N светильников, поток ламп в каждом из которых Φ , так что всего в помещение внесен поток $N\Phi$). Далек не весь этот поток падает на освещаемую поверхность (т. е. на пол или равновеликую ему горизонтальную плоскость на уровне h_p от пола), так как он частично теряется в светильниках, частью падает на стены и потолок помещения. Отношение потока, падающего на освещаемую поверхность, ко

всему потоку ламп называется коэффициентом использования и обозначается η). Таким образом полезным потоком можно считать $N\Phi\eta$. Распределяясь по площади S , этот поток создает на ней среднюю освещенность $N\Phi\eta:S$.

Если, как это чаще всего имеет место, расчет ведется на минимальную освещенность, которая всегда меньше средней, то, введя коэффициент минимальной освещенности $z = E_{\text{ср}} : E_{\text{мин}}$, получим:

$$E_{\text{мин}} = \frac{N\Phi\eta}{Sz} \quad (2.40)$$

Так как нормированная освещенность должна быть обеспечена во все время эксплуатации, надо эту освещенность разделить на коэффициент запаса k , получив окончательно:

$$E = \frac{N\Phi\eta}{Szk} \quad (2.41)$$

Имея в виду использовать формулу (2.2.3.1) для определения светового потока или числа светильников, получаем:

$$\Phi = \frac{NSzk}{N\eta} \quad (2.42)$$

и

$$\Phi = \frac{ESzk}{\Phi\eta} \quad (2.43)$$

Входящий в формулы коэффициент z зависит от размеров и формы помещения, коэффициента отражения его поверхностей, характеристик светильника и в наибольшей степени от значения $X = L : h$ (рис. 2.2.3.1).

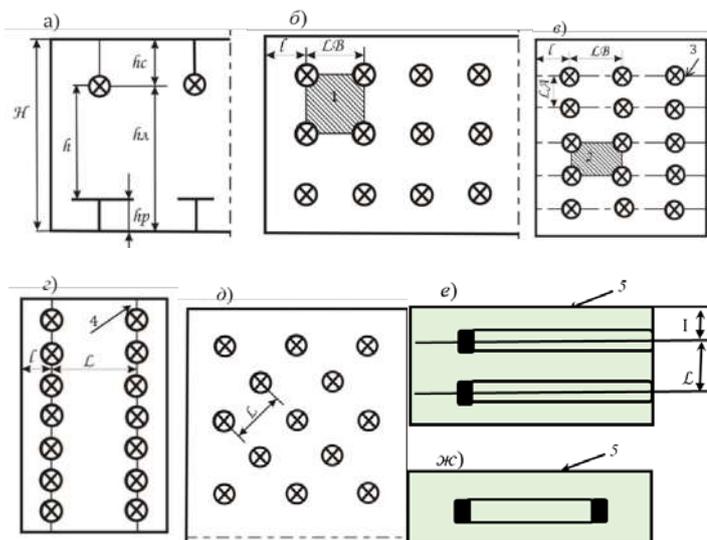


Рисунок 2.2.3.1 схемы размещения светильников: а) в разрезе; б) в плане; в) на фермах; г) утащенное; д) шахматное; е) люминесцентными лампами, параллельно стен и окон; ж) в длинных и узких помещениях

1- Угловое поле; 2- одно из центральных полей; 3-оси ферм; 4-оси мостиков обслуживания; 5- стена с окнами.

Последнее обстоятельство имеет особо принципиальное значение. С увеличением λ сверх оптимальных значений коэффициент z начинает быстро возрастать, что, собственно, и обуславливает энергетическую невыгодность больших значений λ .

В больших помещениях принципиальное значение имеет и увеличение коэффициента z при уменьшении λ по сравнению с оптимальными значениями. Рассмотрим предельный случай, когда размеры помещения неограниченно велики, стены и потолки не отражают свет и $\lambda \rightarrow 0$.

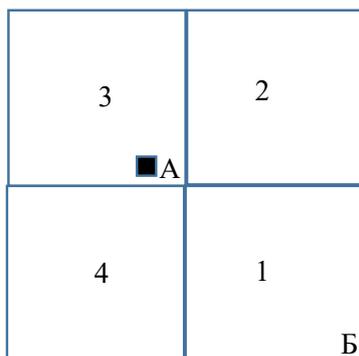


Рисунок 2.2.3.2 Неравномерность освещения в больших помещениях

Тогда все множество светильников может рассматриваться как сплошная светящая поверхность и если точка A в центре помещения рисунок 2.2.3.2 одинаково освещается всеми четырьмя квадрантами, то угловая точка B настолько удалена от квадрантов 2-4, что освещается только квадрантом 1, т. е. ее освещенность в 4 раза меньше, чем точки A . Таким образом предельное значение $z = 4$.

В большинстве случаев этот факт не имеет большого практического значения и не учитывается, но иногда может служить основанием для уменьшения размеров полей вблизи стен больших помещений.

В области оптимальных значений λ коэффициент z относительно невелик; точное его определение связано с такими трудностями, которые не оправдываются результатом, и обычно довольствуются учетом приближенных значений z , равным 1,15 при освещении светильниками, расположенными по вершинам полей, и 1,1 - при освещении линиями люминесцентных светильников. При расчете средней освещенности коэффициент z , естественно, не учитывается; в установках отраженного света при хорошо отражающих стенах этот коэффициент приближается к единице.

Коэффициент использования η :

- прямо пропорционален коэффициенту полезного действия светильников;

- зависит от формы кривой силы света светильников, возрастая с увеличением степени концентрации светильниками светового потока и убывая с увеличением доли потока, направляемой светильником в верхнюю часть пространства;

- возрастает с увеличением площади помещения, так как при этом увеличивается телесный угол, в пределах которого поток падает непосредственно на расчетную поверхность;
- возрастает с уменьшением расчетной высоты (по той же причине);
- убывает по мере удаления формы помещения от квадрата, так как при этом уменьшается среднее расстояние светильников от стен и увеличивается доля светового потока, падающего на стены;
- возрастает, хотя и незначительно, с увеличением λ , так как при этом увеличивается среднее расстояние светильников от стен;
- возрастает с увеличением коэффициентов отражения потолков, стен и полов помещения.

Зависимость η от площади помещения, высоты и формы возможно учесть одной комплексной характеристикой - индексом помещения:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} \quad (2.44)$$

где А и В - стороны помещения;

S- его площадь;

h - расчетная высота.

Зависимость индекса помещения от S и h очевидна; зависимость его от формы помещения становится особенно ясной, если, обозначив $A:B=\alpha$, привести выражение (244) к виду:

$$i = \frac{\sqrt{S}}{h} \cdot \frac{\sqrt{\alpha}}{1+\alpha} \quad (2.45)$$

При $\alpha = 1$ имеем $i = 0.5 \frac{\sqrt{S}}{h}$, при $\alpha = 2$ индекс $i = 0.47 \frac{\sqrt{S}}{h}$. Это дает основание в некоторых упрощенных приемах расчета для не слишком удлиненных помещений определять индекс по формуле:

$$i = 0.48 \frac{\sqrt{S}}{h} \quad (2.46)$$

Для помещений неограниченной длины из выражения (2.46) следует, что:

$$i = \frac{B}{h} \quad (2.47)$$

Зависимость η от к.п.д. и формы кривой силы света учитывается тем, что для каждого светильника (или для группы светильников с близкими характеристиками) составляется отдельная таблица коэффициентов использования; при расчете значений η для этой таблицы принимается характерное для данного светильника значение λ , чем учитывается также зависимость от коэффициента отражения потолков. Коэффициенты отражения существующих помещений оцениваются субъективно,

проектируемых помещений-предположительно, но во всех случаях точные значения их неизвестны, и в таблицах принимается шкала усредненных значений 70-50-30-10% -для потолков и стен и 30-10-0% - для пола. Эти коэффициенты обозначаются $\rho_{п}$ - для потолка, $\rho_{с}$ - для стен и $\rho_{р}$ - для пола или расчетной плоскости. В таблицах приводятся обычно только наиболее вероятные (вообще или для области применения данного светильника) их сочетания. Точность, с которой могут быть определены значения η , как правило, не оправдывает интерполирования ни между значениями коэффициентов отражения, ни между значениями индекса помещения. При $i > 5$ принимается значение 5.

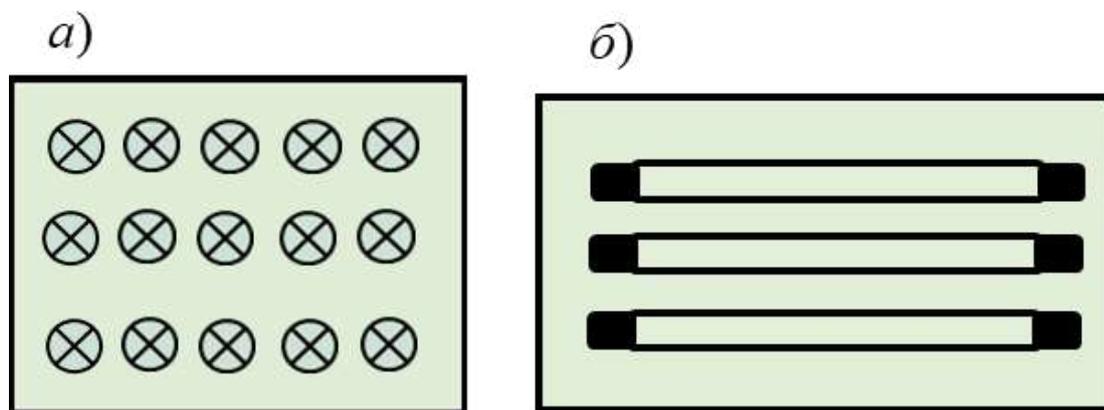


Рисунок 2.2.3.3. Варианты освещения помещения светильниками с лампами накаливания (а) и светильниками с люминесцентными лампами (б)

В дальнейшем предполагается расширение шкалы индексов в сторону значений, меньших 0,5В таблице 2.2.3.1 приведены значения коэффициентов использования светового потока. Порядок расчета по методу коэффициента использования поясняется примерами.

Пример № 1.

Дано помещение размерами: $A=24$ м, $B=12$ м, $H=4,5$ м, $h_p = 0,8$ м; коэффициенты отражения: $\rho_{п}= 50\%$, $\rho_{с}= 30\%$, $\rho_{р} = 10\%$.

Требуется осветить это помещение светильниками «Астра» с лампами накаливания, создав освещенность $E = 50$ лк при $k= 1,3$.

Светильник «Астра» имеет кривую светораспределения типа Д, для которого можно принять $\lambda_c=1,4$.

Приняв h_c- 0,5м получим $h - 3,2$ м и $L- 3,2 \cdot 1,4 = 4,5$ м

Учитывая, что несколько больше, чем λ_c , размещаем светильники, как показано на рис. 2.2.3.2, получив $N = 15$.

Находим по (2.44)

$$i = \frac{288}{3.2(24+12)} = 2.5$$

и по табл. 2.2.3.1 определяем $\eta = 0,59$.

Принимая $z=1,15$, вычисляем потребный поток лампы по формуле (2.42):

$$\Phi = \frac{50 \cdot 1,3 \cdot 288 \cdot 1,15}{15 \cdot 0,59} = 2432 \text{ лм}$$

Ближайшая стандартная лампа 200 Вт имеет $\Phi = 2800$ лм, что превышает расчетное значение на 15%.

Если бы в том же примере нам требовалось, получив освещенность не 50 лк, а 75 лк, то потребный поток лампы составил бы 3648 лм. Поскольку светильник «Астра» пригоден только для ламп до 200 Вт, пришлось бы, задавшись потоком лампы мощностью 200 Вт, обратным приемом найти потребное число ламп $N = 19,5$. практически же разместить в три ряда 21 светильник.

Пример № 2.

В том же помещении требуется создать освещенность $E = 300$ лк при $k = 1,5$, используя люминесцентные Лампы типа ЛБ в светильниках ЛДОР. Так как светильник имеет и поперечной плоскости кривую светораспределения типа Д, для которого $\lambda = 1,4$, размещаем светильники в три ряда.

При ранее найденном значений индекса (таблица 2.2.3.1) находим $\eta = 0,53$.

Определяем потребный поток ламп уже не в светильнике (число светильников пока неизвестно), а в каждом из рядов по формуле (2.42):

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 288 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,53} = 89660 \text{ лм}$$

Если в светильники установить по две лампы 40 Вт, с потоком 3000 лм, то потребное число светильников в ряду будет $89660 : 6000 = 14,9 \sim 15$. При длине одного светильника 1,24 м их общая длина составит 18,6 м. Следовательно, между светильниками ряда могут быть оставлены небольшие разрывы, величину которых нетрудно рассчитать.

При использовании ламп 80 Вт ($\Phi = 5220$ лм) в ряду потребовалось бы разместить с округлением 9 светильников общей длиной 13,8 м. Разрывы между светильниками возросли бы, а общая мощность увеличилась бы с 3,6 до 4,3 кВт. Вариант с лампами 40 Вт представляется предпочтительным.

Если бы в условиях данного примера требовалось создать освещенность 500 лк, то при лампах 40 Вт потребовалось бы 25 светильников в ряду, которые не вмещаются в длину помещения 24 м; вместе с тем это число недостаточно для устройства сдвоенных рядов. При лампах 80 Вт в этом случае необходимо иметь в каждом ряду 14 светильников, которые хорошо размещаются. Можно было бы обойтись и лампами 40 Вт, но разместить светильники в четыре ряда по 19 шт. в каждом. В этом случае предпочтение следует отдать лампам 80 Вт.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется расчет освещения методом коэффициента использования светового потока?

2. Какая зависимость коэффициент использования η от применяемых светильников?

Практическая работа:

Дано помещение размерами: $A=36$ м, $B=10$ м, $H=4,5$ м, $h_p = 0,8$ м; коэффициенты отражения: $\rho_{п} = 50\%$, $\rho_{с} = 30\%$, $\rho_{р} = 10\%$. Требуется осветить это помещение светильниками «Астра» с лампами накаливания, создав освещенность $E = 50$ лк при $k = 1,3$.

2.2.4. Выбор марки провода и способы прокладки для подключения силового и осветительного электрооборудования к групповым щиткам цеха

При эксплуатации осветительных установок и сетей часто в процессе технического перевооружения цехов возникает необходимость замены отдельных участков осветительных электропроводок или их новой прокладки. Поэтому электромонтер должен знать основные требования монтажа, надежности осветительных сетей, их пожарной безопасности и эстетики.

В производственных зданиях рекомендуется применять открытые электропроводки, которые выполняют кабелями, прокладываемыми на лотках, профилях и тросах. Изолированные провода целесообразно использовать при прокладке их в коробах, на изоляторах, в корпусах осветительных приборов с люминесцентными лампами, в трубах и т. д. Проводки незащищенными изолированными проводами на изоляторах, роликах и клицах применяют в высоких пролетах.

В административно-бытовых, инженерно-лабораторных производственных зданиях с повышенными эстетическими требованиями к интерьеру рекомендуется применять скрытую электропроводку для питания осветительных приборов.

Выбор электропроводок осуществляют с учетом реальной номенклатуры осветительных установок:

- на лестницах разрешается открытая прокладка негорючих кабелей, предназначенных только для освещения лестниц и коридоров;

- в галереях и туннелях токопроводов напряжением свыше 1 кВ осветительная электропроводка должна быть экранирована (электропроводка в стальных трубах, кабели с металлической оболочкой и т. п.);

- в шахтах лифтов электропроводку следует прокладывать открыто кабелем без применения труб;

- в кабельных сооружениях необходимо применять негорючие кабели и провода.

В полостях за подвесными потолками электросети освещения рассматриваются как скрытые и выполняются следующим образом: за потолками из сгораемых материалов - в металлических трубах, коробах, металлорукавах; за потолками из несгораемых и трудно-сгораемых материалов - в поливинилхлоридных или аналогичных трубах, коробах, металлорукавах, а также негорючими кабелями и проводами. Кроме того, должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

По эстакадам трубопроводов с горючими газами и легко воспламеняющимися жидкостями разрешается прокладка небронированных кабелей в стальных трубах и коробах и бронированных кабелей в резиновой, поливинилхлоридной и металлической негорючих оболочках. Электропроводки следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопровода с негорючими веществами. Если эстакада совмещена с кабельной галереей (эстакадой), то допускается открытая прокладка небронированных кабелей.

По эстакадам трубопроводов с горючими жидкостями разрешается применять небронированные кабели в стальных трубах и коробах и бронированные негорючие кабели, проложенные открыто. Электропроводки следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов.

Для местного освещения электропроводки к его осветительным приборам напряжением выше 42 В должны быть проложены в стальных трубах или гибких металлорукавах.

Подготовка

Определяется и нарезается нужное количество различных проводов, труб, розеток, выключателей распределительных коробок, различных крепежных деталей. В качестве главного инструмента понадобится перфоратор, нарезные коронки для сверления отверстий под фурнитуру, аккумуляторный шуруповерт, монтажный инструмент.

Выбор способа прокладки

На выбор влияют следующие факторы:

- Условия среды.
- Место.
- Схема сети, размеры участков, сечения проводов.

Окружающая среда может повлиять следующим образом:

- Разрушить изоляцию электрооборудования.
- Опасность для обслуживающих лиц.
- Возникновение возгорания, взрыва.

Изоляция проводов, токоведущих частей, конструкции разрушается от влаги, газов, едких паров, повышенной температуры. Вследствие этого возникают короткие замыкания, опасность касания при сырости и т.п. В воздухе могут быть взрывоопасные примеси, которые могут привести к возгоранию или взрыву.

Выбор осветительных проводок по условиям среды приведен в таблице
Место прокладки линии оказывает влияние на способ прокладки, безопасность, удобство укладки и эксплуатацию.

Требования к сети в зависимости от высоты расположения:

- Менее 2 метров от пола – защита от повреждений.
- Выше 2,5 метров – безопасность от касания.

Примечания: Условные обозначения: «+» - разрешается; «-» - запрещается.

- ¹ Указаны характерные, наиболее часто применяемые марки проводов и кабелей.
- ² В сырых, особо сырых помещениях, в том числе в помещениях с сырой химически активной средой, наружных установках провода, кабели, трубы, корпуса, опорные, несущие конструкции должны быть влагостойкими.
- ³ В помещениях с химически активной средой трубы, опорные, несущие конструкции должны быть защищены от коррозии.
- ⁴ В жарких помещениях следует в основном применять провода и кабели с обычной (не теплостойкой) изоляцией при условии, что температура токопроводящих жил не превышает допустимых значений (это достигается снижением токовых нагрузок на провода). Теплостойкие кабели и провода (ПВВТ, ПАЛ и т. д.) рекомендуются применять при температуре окружающей среды более 50 °С.
- ⁵ В пожароопасных зонах расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто, до мест размещения горячих веществ должно быть не менее 1 м.
- ⁶ На всей территории России защита кабелей с пластмассовым наружным покровом или с пластмассовой оболочкой от воздействия прямых солнечных лучей не требуется.
- ⁷ В зонах В-1 и В-1а необходимо применять провода и кабели с медными жилами.
- ⁸ Прокладка проводов на изоляторах разрешается по любым (в том числе сгораемым) основаниям.
- ⁹ В пожароопасных зонах при открытой прокладке изолированных проводов на изоляторах используют провода с медными жилами.
- ¹⁰ Открытая прокладка изолированных проводов в наружных установках не рекомендуется.
- ¹¹ Открытая прокладка кабелей АВВГ (ВВГ); АВРГ (ВРГ); АНРГ (НРГ) и проводов АПРФ (ПРФ) разрешается по любым основаниям, в том числе по сгораемым
- ¹² Электропроводка в стальных трубах допускается применять при невозможности использования других видов электропроводок
- ¹³ Прокладка поливинилхлоридных труб непосредственно по сгораемым основаниям запрещается.
- ¹⁴ Запрещается открытая и скрытая проводка пластмассовых труб в вычислительных центрах, общественных зданиях и сооружениях высотой десять этажей и более

Выбор проводов по сечению

Согласно статистике, большая часть пожаров возникает из-за плохого состояния электропроводки. Но существует еще один такой фактор, как перегрузка. Прежде чем с этим разобраться, давайте рассмотрим еще одно понятие – электроустановка. Если обратиться к словарю или тем же правилам, можно выяснить, что под этим понятием скрывается обозначение группы электрооборудования, работающего в одном месте и взаимосвязанного между собой. Все это оборудование создает определенную нагрузку на электропроводку. Если нагрузка превышает ту силу тока, которую сможет выдержать сечение провода, создается та самая перегрузка. От нее греется, а потом загорается проводка.

Электроустановка квартиры состоит из всех бытовых приборов, работающих от электричества. Сюда обязательно входит узел ввода, представленный распределительным щитом. Внутри щитка обязательно установлены автоматы, защищающие электропроводку. Они отключают подачу напряжения, если сила тока длительное время превышает номинальное значение. Но когда сечение самого провода меньше нормы, он не выдержит той номинальной силы тока, при которой успеет сработать автомат. Результатом становится возгорание проводки.

Существуют требования, которые гласят, что внутри помещения современных квартир электропроводка должна быть выполнена из медного кабеля, покрытого негорючей изоляцией. Алюминиевые провода остались в далеком прошлом, так как они не выдерживают всю нагрузку современных бытовых электроприборов.

По нормам используют следующие виды кабеля:

- для подключения ввода квартиры к распределительному щитку используется ВВГ-2 сечением 6 мм^2 или ВВГ-5 сечением 6 мм^2 ;
- для монтажа основных линий проводки и подводов к розеткам применяется ВВГ-3 сечением $2,5 \text{ мм}^2$;
- все ответвления к выключателям и приборам освещения прокладывают проводом ВВГ-3 сечением $1,5 \text{ мм}^2$.



Рисунок 2.2.4.1 Характеристики кабеля ВВГ

Все эти требования оговорены в правилах СНиП и ПУЭ. Принцип расчетов основан на том, что сечение электропроводки должно выдержать номинальную нагрузку, ограниченную защитным автоматом.

Требования к количеству жил провода

Возвращаясь к тем же правилам ПУЭ, в 7 редакции можно найти требования, гласящие, что вся электропроводка жилого помещения должна быть выполнена трехжильным медным кабелем. Третья жила нужна для заземления.

Существует два вида системы заземления, отличающихся точкой разделения ноля:

- система TN-S с разделением рабочего ноля (N);
- система TN-C-S с разделением защитного ноля (PE).

Как бы там ни было, с электросчета в помещение должен выходить кабель с тремя жилами, то есть фаза(L), ноль (N) и, конечно же, заземление (PE).

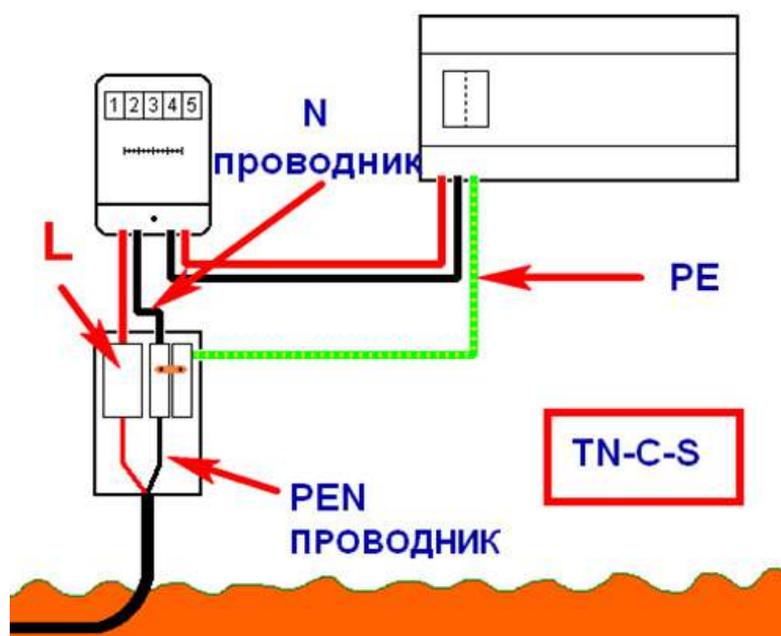


Рисунок 2.2.4.2 Виды системы заземления.

Заземляющий провод защищает человека от поражения электрическим током, а также все бытовые электроприборы от перегорания. Монтируя электропроводку, заземляющей жиле надо уделить особое внимание. Если произойдет ее разрыв на плохом клеммном соединении, во время пробоя фазы на корпус любого электроприбора опасное напряжение пойдет на все бытовые приборы, подключенные к розеткам.

Чтобы не случилось непредвиденного обрыва, нельзя соединять жилы скрутками. Для этих целей существуют специальные клеммники, различающиеся разным механизмом зажима провода. В крайнем случае, можно выполнить пайку. Все соединения должны находиться в распределительных коробках, подрозетниках и щитках, чтобы к ним был свободный доступ. Когда в помещении присутствует старая алюминиевая

проводка, ее лучше заменить новой медной. Если этого сделать невозможно, соединять медные жилы с алюминиевыми допускается только специальными клеммниками.

Способы прокладки проводов. На эту работу влияет тип электропроводки, категория помещения, материал здания.

Открытый способ

Открытую электропроводку прокладывают при отсутствии других возможностей. Для этого применяют кабель-каналы, коробки. Их фиксируют на потолке, стенах с помощью клипс. Чаще всего она нарушает интерьер и эстетичность помещения.

Применять кабель-каналы можно на любых конструкциях, в том числе деревянных. Вместо него также используют гофротрубу, чаще на производстве, складах и там, где не требуется эстетичность.

Неплохо выглядит прокладка проводов в плинтусе, в котором имеется скрытый канал для проводов, которые можно спрятать не в ущерб интерьеру. Количество проводов ограничивается размером плинтуса. Но конструкция плинтуса меняется со временем, появляются модели, вмещающие много кабелей и проводов.



Рисунок 2.2.4.3 Прокладка кабеля в плинтусе.

Иногда выполняют электропроводку в стиле ретро, в виде скрученных проводов открытого типа, фиксируют на керамических изоляторах. Если она выполнена качественно и аккуратно, то это создает некий эффект.

Скрытая проводка

В жилых зданиях чаще выполняют скрытую проводку. Она представляет собой сеть проводов и кабелей, которые замурованы в стены с помощью предварительно подготовленных канавок. Это популярный вариант. Штробить можно только кирпичные или бетонные стены с хорошим запасом прочности. Полы и потолки нельзя штробить без соответствующих расчетов и разрешений.

Вертикальные стены

В панельных домах уже имеются подготовленные штробы с завода. Самому долбить и делать штробы очень трудно, так как бетон имеет высокую твердость. Если стены деревянные, то никакие штробы в ней не сделать. К тому же, скрытую проводку нельзя прокладывать в горючем материале. В таком случае применяется дополнительная защита проводов в виде гофротрубы из пластика.



Рисунок 2.2.4.4 Производство дополнительных штроб для прокладки провода.

Но лучше применить для таких целей стальную трубу с заземлением. Проходы в стенах защищают кусками труб.

Перекрытия и потолки

В бетонных потолках панельных домов и зданий есть пустоты вдоль плит. Если вам нужно повесить люстру на потолке, то такие пустоты вам вполне пригодятся. В этой полости плиты кабель не нуждается в защите.

Для сложного разветвления кабелей на потолке по приборам освещения монтируют натяжной потолок, либо закрывают плиты перекрытия гипсокартоном. Кабель размещают за обшивкой в гофротрубе, зафиксированной на клипсах.

В деревянных домах потолок состоит из досок. Внутри такого потолка есть пространство. В нем можно поместить трубы для электропроводки.

Полы

Простая прокладка проводов в полу - это заливка его бетоном. Перед этим кабель укладывают в трубе, фиксируют ее на полу. Также кабель можно уложить в трубе под деревянным полом. Распределительные коробки под полом монтировать не рекомендуется.

Перегородки и полости

Такие конструкции изготавливаются из металлического профиля. Между направляющими и стойками пространство заполняют материалами

для изоляции от шума. Там же размещают и кабели в трубах, закрепленных за обрешетку.



Рисунок 2.2.4.5 Прокладка проводов в перегородках.

В любых конструкциях нужно рационально использовать объем пространства, соблюдать прямые углы, составлять план прокладки проводов на будущее, особенно когда прокладка проводов проводится по скрытому варианту.

Подземная прокладка проводов

Установка силового кабеля подземным методом требует значительные затраты и времени из-за проведения земляных работ. Обычно кабель укладывают в специальные тоннели, либо закапываются. Степень защищенности кабеля зависит от плана по снабжению электроэнергией объекта.

Необходимо также учитывать, при каких условиях будет функционировать кабель. Земляные работы производятся при помощи техники, либо вручную. Это зависит от глубины прокладки кабельной линии.

Прокладка проводов по воздуху

Установка кабелей воздушным методом по столбам осуществляется:

- Провода крепятся на столбах с применением изоляторов из фарфора.
- Провода монтируются растяжками в виде тросов, стяжек, хомутов, талрепа, который предназначен для крепления троса и натяжения провода. Толщина и размер зависят от длины кабеля и его массы. Для поднятия кабеля на столб применяют когти с поясом.

Температура прокладки

Кабели с любой изоляцией допускается прокладывать при плюсовой температуре. При необходимости прокладки в холодный период, грунт предварительно прогревают. Изоляция из бумаги пропитана маслом. Оно теряет вязкость при отрицательной температуре, и не смазывает кабель. Без прогрева на изгибах кабеля появляются трещины, бумага рвется. Это приводит к уменьшению электрической прочности.

В помещениях допускается прокладывать кабель без прогрева. Интервал температур при этом может быть до -20°C .

Защитные автоматы

Все линии электропроводки в доме должны защищаться автоматами. Их устанавливают в распределительном щите по такому принципу:

- к автоматам, рассчитанным на 16 А, подключают все линии освещения;
- на линию розеток ставят 20 А автомат;
- розетки для подключения мощных бытовых электроприборов выводят отдельной линией к распределительному щиту с подключением через автомат 25 А.

Кроме защитных автоматов, на всю электропроводку ставится УЗО, срабатывающий при утечке тока 100 мА. Каждая линия дополнительно подключается к УЗО, рассчитанный на показатель утечки 10–30 мА.

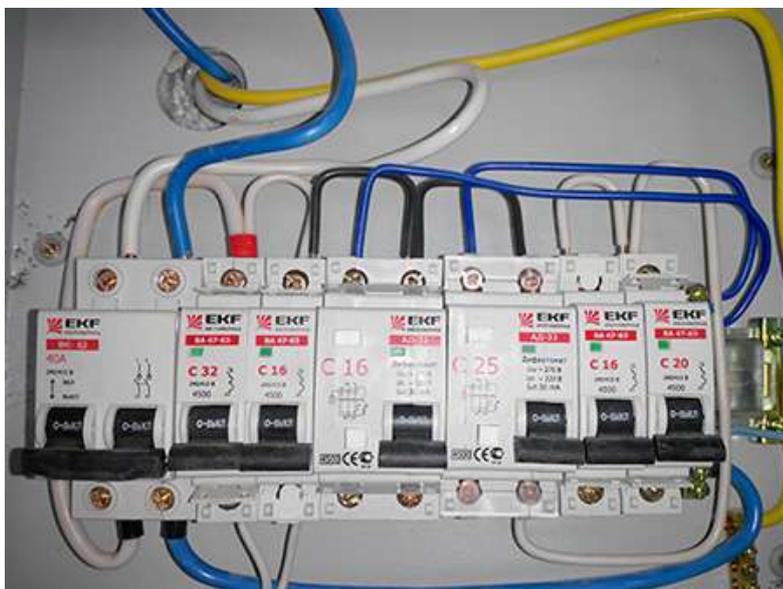


Рисунок 2.2.4.6. Общий вид расположения защитных автоматов.

Схемы разводки линий

Весь потребляемый в квартире ток разными электроприборами суммируется в распределительном щите, где учитывается электросчетчиком. На вводный кабель приходится основная нагрузка, поэтому его монтируют большим сечением. К каждому потребителю подводятся провода меньшего сечения, так как нагрузка на них меньше.

Основываясь на этих требованиях, существует 3 схемы разводки:

1. Схема шлейфом еще называется подключением шинами. Она предполагает укладку традиционной общей линии из толстого кабеля, от которого идут через распределительные коробки ответвления с тонкими проводами на потребителя.

2. Более надежным и удобным считается радикальное подключение. Оно основано на подводе отдельных линий от щитка к каждому

потребителю. Минусом являются большие расходы из-за использования большого количества кабеля.

3. Третья схема называется комбинированной. Она состоит из первых двух.

В последнее время во многих квартирах электрики монтируют именно комбинированную схему.

Монтаж скрытой электропроводки

Скрытую электропроводку можно укладывать в стенах, на потолке и под полом. Здесь надо быть готовым к сильному загрязнению квартиры из-за нарезания штроб и демонтажу части напольного покрытия.

Закладка кабеля в стены

Самым распространенным методом считается закладка кабеля в штробы, прорезанные на стенах. Работы начинают с разметки всего помещения. На стены и потолок переносят точную копию составленной схемы разводки. Канавки удобно нарезать штроборезом, но при его отсутствии подойдет болгарка или перфоратор. К размерам штроб особых требований нет. Надо рассчитывать, чтобы кабель или гофрированный рукав свободно поместился внутрь с условием, что они сверху закроются 10 мм слоем штукатурки.

Внутри канавок кабель крепят через каждые 500 мм. Многие это делают простым гипсовым раствором, нанося его через определенное расстояние. Надежней будет закрепить проводку с помощью дюбелей и хомутов. В точках подключения розеток и выключателей устанавливают подрозетники, а для подсоединения ответвлений крепят распределительные коробки. Свободные концы провода заводят в подрозетники и распределительные коробки, где происходят последние подключения всех контактов клеммниками в общую схему.

Последним осуществляется подсоединение вводного кабеля внутри электрощита. После этого подают в сеть напряжение и, если все работает исправно, можно приступать к заделыванию штроб гипсом. Естественно, замазка канавок и все остальные подобные работы выполняются при отключенном электричестве.

Укладка кабеля под пол

Более экономным вариантом является укладка основной линии под полы. Это проще делать, когда напольного покрытия еще нет. В противном случае его некоторую часть придется демонтировать. Суть метода заключается в прокладке рукавов из гофрированных или обычных труб под полом для каждого кабеля отдельно. Провод должен свободно проникнуть внутрь рукава, чтобы его в будущем можно было заменить, не демонтируя напольное покрытие.



Рисунок 2.2.4.7. Вид прокладки кабеля и проводов под полом.

Распределительный щиток крепят на стене. К нему подводят вводный кабель из-под пола. Внутри щитка будут происходить дальнейшие подключения к автоматам. В точках выхода ответвлений на розетки, выключатели и приборы освещения, из-под полов оставляют выпуски кабеля длиной 200 мм. Здесь устанавливают распределительные коробки. Все дальнейшие подключения происходят аналогично, как и при закладке кабеля в стены.

Потолочная укладка кабеля

Проще обстоят дела в панельных домах. Многие электрики закладывают кабель внутри пустот плит межэтажных перекрытий. Чаще всего здесь размещают линии освещения комнаты. Чтобы не нарезать канавки, ответвление от стены протягивают сквозь пустоту плиты и выпускают провод из просверленного отверстия по центру потолка для подключения осветительного прибора.

Внутри потолочного перекрытия можно организовать общую линию, тогда на стены будут выходить только ответвления для розеток и выключателей. В местах поворота кабеля и соединения проводов в распределительной коробке делают выпуск максимум 150 мм от потолка под прямым углом.

Монтаж открытой электропроводки в осветительных сетях.

Суть открытого монтажа заключается в прокладке кабеля в специальных коробах. Делается это только по стенам и потолку. Работа начинается с той же разметки комнаты. К нарисованным линиям с помощью дюбелей и саморезов шагом 500 мм крепят короба. Напротив разветвлений монтируют наружные распределительные коробки. Розетки и выключатели используются тоже только наружные. Подключение всей разводки происходит точно так, как и для скрытой проводки, только здесь не нужно замазывать канавки гипсом. Короба с кабелем внутри закрываются декоративными крышками.

Монтаж открытой электропроводки в осветительных сетях.

В осветительных сетях промышленных предприятий в зависимости от характеристики окружающей среды применяются различные виды проводок и используются разные способы прокладки проводов и кабелей. При этом руководствуются требованиями правил устройства электроустановок (ПУЭ).

Монтаж осветительных сетей заключается в осуществлении следующих операций:

а) разметка, в которой размечаются места установки светильников, установочных аппаратов, групповых осветительных пунктов, трасс прокладки проводов, а также места пробивки проёмов, отверстий и борозд;

б) заготовка, заключающаяся в устройстве сквозных и гнездовых отверстий, борозд и ниш, установке крепежных деталей, опорных конструкций и изолирующих опор, прокладке труб и трубок для проводки;

в) прокладка проводов и кабелей по готовой заготовке;

г) монтаж светильников, установочных аппаратов и групповых осветительных пунктов по готовой заготовке.

Разметочные работы при монтаже открытых электропроводок

Для общего равномерного освещения светильники обычно располагают так. Смотрите рисунок 2.2.4.8.

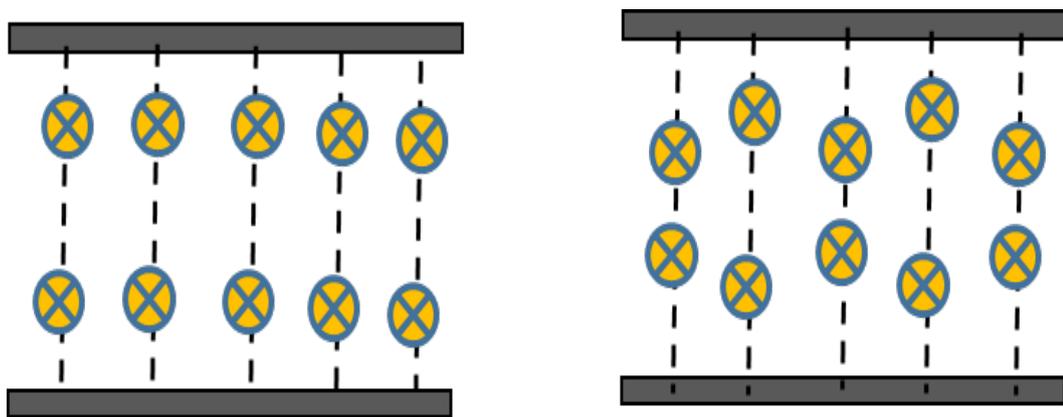


Рисунок 2.2.4.8 Варианты расположения на плане

Расстояние между осевыми линиями светильников вдвое больше расстояния от тех же осей до плоскостей стен. Принятие такого решения станет очевидной, если учесть, что площади между светильниками освещаются с двух сторон, а площадь между светильниками и стенами только с одной.

Данные, определяющие расположение светильников по высоте, приведем на рисунке 2.2.4.9.

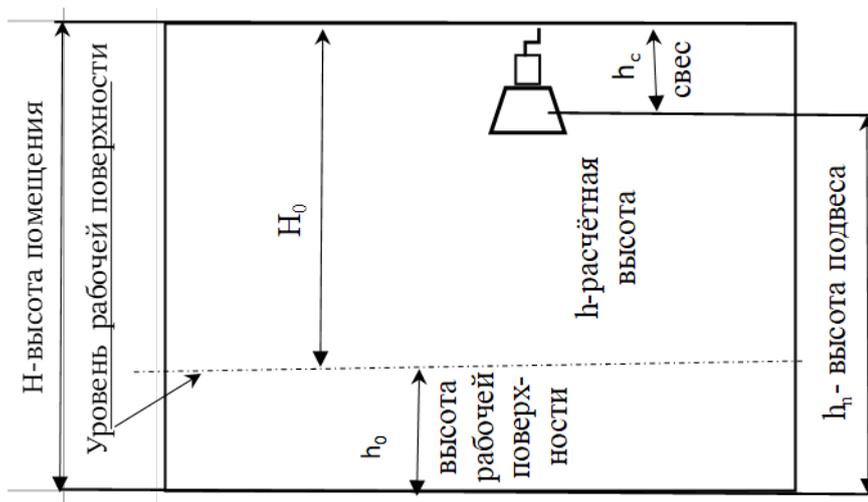


Рисунок 2.2.4.9 Данные о высоте подвеса.

Места установки светильников определяются по рабочим чертежам.

Разметку на фермах или балках цеха выполняют путем натягивания вдоль помещения шнура или стальной проволоки таким образом, чтобы они проходили точно по центру данного ряда светильников. Ориентируясь на разметочный шнур или проволоку, мелом, чертилкой или цветным карандашом размечают места установки светильников. Возможен и другой способ разметки, например, места расположения светильников находят отмериванием от плоскости стен.

Разметка мест расположения установочных аппаратов. Отдельные выключатели обычно размечаются на высоте 1600 – 1700 мм, штепсельные розетки на высоте 800 – 900 мм от отметки чистого пола. Под понятием чистый пол подразумевают уровень пола помещения после его чистой отделки.

Работы удобно вести с применением рейки, на которой отложены соответствующие размеры.

В зависимости от местных условий и требований выключатели и штепсельные розетки могут устанавливаться и на других расстояниях от уровня пола.

Осветительные групповые щитки или пункты без управления устанавливаются на высоте 2 - 2,5 м, а с управлением на высоте 1,6 - 1,7 м от чистого пола до центров выключателей, рукояток автоматов или рубильников.

Разметку мест установки аппаратов удобно выполнять с помощью разметочного шаблона рисунок 2.2.4.10.

Трассы открытых проводок должны проходить по горизонтальным и вертикальным направлениям, сочетаться с архитектурными и строительными деталями помещений, а также располагаться симметрично по отношению конструктивных частей оборудования.

Разметка трасс проводок выполняется путем отбивки линий на плоскостях помещений с помощью окрашенного шнура.

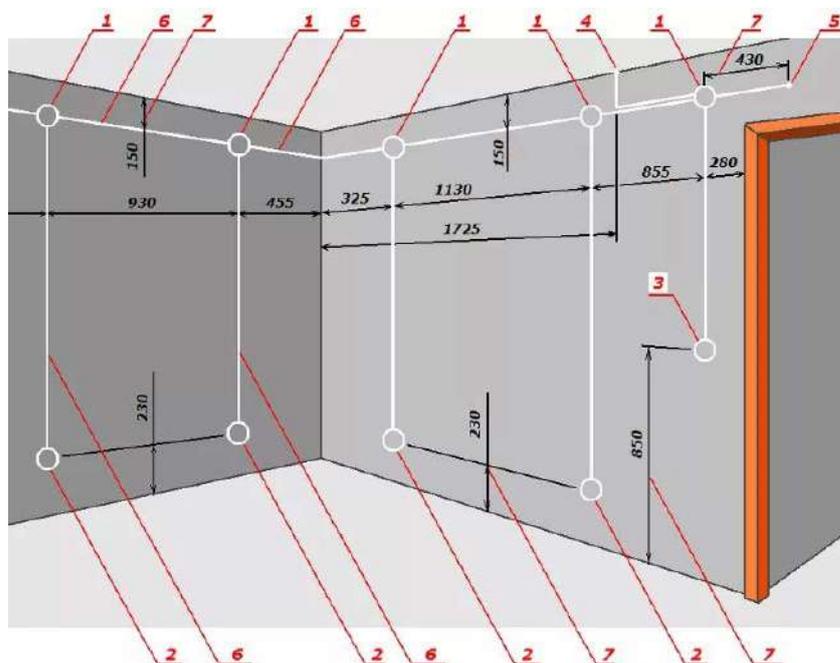


Рисунок 2.2.4.10 Разметка трасс проводок

При прокладке проводок по стенам трассы их должны проходить параллельно линиям сопряжения стен и потолков на расстоянии 100 -200 мм от потолка или на расстоянии 50 - 100 мм от карниза.

Спуск и подъем проводок к светильникам, штепсельным розеткам нужно выполнять по вертикальной линии.

Места установки светильников на потолке размечают в зависимости от их числа. После определения мест установки светильников на стене и потолке с помощью шнура отбивают линию будущих электропроводок. На линиях отмечают точки крепления провода, а также точки сквозных отверстий для прохода проводов через стены и перекрытия. Проходы проводов через негорючие стены выполняют в резиновых или поливинилхлоридных трубках, а через горючие стены и перекрытия в отрезках стальных труб, с обоих концов которых надеты изоляционные втулки. Трубку в отверстии стены заделывают цементным раствором. Изоляционная трубка должна выходить из трубки на 5 - 10 мм.

Прокладка проводов. Прокладываемые открыто провода ППВ и АППВ должны иметь светостойкую оболочку. При открытой прокладке расстояние между отдельными проводами при параллельной прокладке должно быть не менее 3 – 5 мм. прокладывать провода ППВ и АППВ пучками не допускается. Если провод прокладывается по деревянным нештукатуренным плоскостям, основание трассы проводки должно быть выложено асбестом, выступающим на 5 – 6 мм по обе стороны прокладываемых проводок.

Перед прокладкой провода производится его раскатка, отмеривание на отдельные куски по участкам, а затее выпрямление с помощью специального роликового выпрямителя или рукой с надетой на нее рукавицей.

Значительных усилий приправке провода прилагать не следует, так как оболочка легко сдвигается с токоведущих жил.

Отмеренный и выпрямленный свертывается в бухточки и в таком виде доставляется к месту прокладки. При открытой прокладке проводов ППВ и АППВ закрепление провода можно производить гвоздями диаметром 1,4 – 1,6 мм со шляпками диаметром 3 мм. Гвозди располагают между жилами провода точно по средней линии разделительной пленки и забивают оправкой, чтобы исключить повреждение провода бойком молотка.

Если проводка выполняется во влажных помещениях, то под головки гвоздей рекомендуется прокладывать фибровые или резиновые накладки.

Изгибание проводов ППВ и АППВ на ребро при открытой прокладке можно выполнить путем сближения за счет разрезания разделительной пленки. Выполнение изгибов перекрещиванием жил запрещено.

Контрольные вопросы:

1. Как осуществляется выбор электропроводок?
2. Какие способы прокладки электропроводки?
3. Как осуществляется выбор проводов по сечению?

Практическая работа:

Выполнить монтаж электропроводки на стенде различными способами.

2.2.5. Прокладка провода к групповым щиткам цеха

Монтаж электропроводки - обязательный этап оснащения цехов, зданий, домов и квартир «системами жизнеобеспечения». При этом постоянно наблюдался прирост потребляемых мощностей электроэнергии.

Перед монтажом электропроводки нужно принять решение по следующим ключевым моментам.

Определиться с типом ввода - однофазный (220В) или трехфазный (380В).

Групповые линии освещения могут быть одно-, двух- и трехфазными в зависимости от их протяженности и числа присоединенных светильников. При этом в двух- и трехфазных групповых линиях запрещается использование предохранителей и однополюсных автоматических выключателей. Однофазные групповые линии следует выполнять трехпроводными, двухфазные - четырехпроводными и трехфазные - пятипроводными с отдельными N и PE проводниками. При использовании шинпроводов в системе TN-C допускается объединять N и PE проводники - PEN шина, при этом сечение PEN проводника должно быть не менее 10 мм². СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий по меди. Запрещается объединять N и PE проводники разных групповых линий.

Трехфазный ввод электропроводки целесообразен, только если в помещении оборудована мастерская или цех, где работают трехфазные асинхронные двигатели или подобное оборудование.

Далее необходимо разработать схему электропроводки. Это подробная разметка на плане квартиры или дома точек размещения розеток, выключателей, основных потребителей тока и самое главное линий, идущих к ним от распределительного щитка. В случае сложных работ составляется технологическая карта с подробным описанием порядка действий.

Обязательно надо высчитать суммарную мощность максимального одновременного потребления энергии всеми приборами в данном помещении, учитывается максимум потребителей, которым будет допустимо работать одновременно.

Обычно это холодильник, системы освещения, компьютер и роутер, телевизор, системы обогрева (если они электрические), сплит-система, стиральная машина.

На монтажной схеме надо разделить участки по уровню нагрузки. В целях экономии на стоимости кабеля для самых слабых потребителей - ламп освещения, розеток для зарядки малоомощной электроники (плееров, телефонов) используется медный кабель сечением 1,5 мм, для основной группы (почти вся бытовая техника) - 2,5 мм, для самых мощных - электроплита - применяется медь сечением 4 мм.

Вводный кабель должен иметь сечение не менее 6 мм у каждого проводника.

Таблица 2.2.5.1 Примерное потребление электроэнергии бытовыми приборами.

Таблица примерного потребления электроэнергии бытовыми приборами	
Электрическая печь -17221 Вт	Увлажнитель воздуха - 75Вт
Центральный кондиционер -5000Вт	Лампа накаливания - 60Вт
Сtereo система -60Вт	Аквариум - 30Вт
Ноутбук -50Вт	Фен -1530Вт
Монитор -150Вт	Кофеварка - 1500Вт
Принтер -45Вт	Микроволновая печь -1500Вт
Цифровой видеорегиcтpатор-33Вт	Утюг -1100Вт
Сушильная машина для белья и одежды-3400Вт	Комнатный кондиционер -1000Вт
Духовка электрическая -2300Вт	Видеомагнитофон -11Вт
Электрическая кухонная плита -1000Вт	Радиочасы- 10Вт
Пылесос -650Вт	Плазменный телевизор -339Вт
Нагреватель воды -479Вт	Блендар-300Вт
Стиральная машина -425Вт	Морозильная камера -273Вт
Осушитель воздуха -350Вт	Жидкокристаллический телевизор -360Вт
Портативный вентилятор -100Вт	Игровая приставка -195Вт
Потолочный вентилятор -75Вт	Холодильник -188Вт

Чтобы избежать опасности при монтаже электропроводки, нужно правильно рассчитать площадь поперечного сечения проводов, ведь от нее зависит сопротивление. Чем больше сопротивление, тем сильнее провода будут нагреваться. Важную роль играет правильный подбор материалов кабеля, соединение проводов, выбор места монтажа, изоляционных материалов. Необходимо правильно рассчитать нагрузку и подобрать защитные устройства, не забыть о заземлении.

Ошибка может привести к замыканию, и как следствие, возникает пожар. Чтобы этого не произошло, нужно использовать нормы и правила. Если постройка была воздвигнута без их соблюдения, то страховая компания не выплатит страховку при несчастном случае. Материальные потери могут быть весьма существенными, это не считая людских жизней, утрата которых невосполнима.

Для того чтобы обезопасить проводку, нужно установить противопожарное устройство УЗО (устройство защитного отключения) и поставить на нем определенное значение. Для общей линии в доме ток утечки устанавливается 100 мА, а для отдельных линий минимум 10 мА. При повышении этих показателей УЗО должен обесточить помещение.

В то же время прокладка электропроводки должна осуществляться только теми кабелями, которые безопасны и разрешены согласно ГОСТу. Самым популярным вариантом для использования есть кабель ВВГ и так же его модификации. Согласно требованиям ПУЭ в производственных и жилых зданиях нужно использовать трехжильные кабели с медными жилами. Алюминий применять нельзя. Алюминиевые провода подводят электричество к дому, и для соединения двух металлов применяют клеммные колодки или переходную шайбу в болтовом соединении. Прямой контакт запрещен. Важным этапом является выбрать тип монтажа - открытый (в кабель-каналах) или скрытый (внутри стен - замурованный в гипс, скрытый за панелями).

По современным стандартам монтажа электропроводки на каждую группу потребителей - плита, основная бытовая техника, освещение - ставится отдельный автомат для защиты от короткого замыкания, и отдельное УЗО - устройство защитного отключения - чтобы обезопасить живущих в доме людей от поражения электротоком.

Таблица. 2.2.5.2. Расчёт сечения вводного кабеля

В воздухе (лотки, короба, пустоты, каналы)						Сечение, кв.мм	В земле					
Медные жилы			Алюминиевые жилы				Медные жилы			Алюминиевые жилы		
Ток, А	Мощность, кВт		Ток, А	Мощность, кВт			Ток, А	Мощность, кВт		Ток, А	Мощность, кВт	
	220В	380В		220В	380В			220В	380В		220В	380В
19	4,1	12,5	-	-	-	1,5	27	5,9	17,7	-	-	
25	5,5	16,4	19	4,1	12,5	2,5	38	8,3	25	29	6,3	
35	7,7	23	27	5,9	17,7	4	49	10,7	32,5	38	8,4	
42	9,2	27,6	32	7	21	6	60	13,2	39,5	46	10,1	
55	12,1	36,2	42	9,2	27,6	10	90	19,8	59,2	70	15,4	
75	16,5	49,3	60	13,2	39,5	16	115	25,3	75,7	90	19,8	
95	20,9	62,5	75	16,5	49,3	25	150	33	98,7	115	25,3	
120	26,4	78,9	90	19,8	59,2	35	180	39,6	118,5	140	30,8	
145	31,9	95,4	110	24,2	72,4	50	225	49,5	148	175	38,5	
180	39,6	118,4	140	30,8	92,1	70	275	60,5	181	210	46,2	
220	48,4	144,8	170	37,4	111,9	95	330	72,6	217,2	255	56,1	
260	57,2	171,1	200	44	131,6	120	385	84,7	253,4	295	65	
305	67,1	200,7	235	51,7	154,6	150	435	95,7	286,3	335	73,7	
350	77	230,3	270	59,4	177,7	185	500	110	329	385	84,7	

После того, как вы определились со схемой и типом новой электропроводки, можно приступить к ее монтажу. При этом в первую очередь в полном объеме монтируется электропроводка в здании, а уже во вторую осуществляется ее подключение к общему щитку и электросчетчику.

Основные правила

Прокладка проводки в цехе, в здании или в доме осуществляется только в соответствии с ПУЭ. Но, несмотря на кажущуюся строгость, большинство основных правил монтажа электропроводки не так уж и трудновыполнимы. Приведем их краткий перечень:

- при монтаже должен обеспечиваться удобный доступ ко всем основным элементам электропроводки - автоматам, УЗО, розеткам, выключателям и распределительным коробкам (коробки запрещено наглухо замуровывать);
- высота установки выключателя - от 60 до 150 см от пола, место установки - на противоположной стороне от той, куда открывается дверь;
- электропроводка прокладывается только вертикально или горизонтально, прокладка по диагонали или с вольными изгибами недопустима;
- установка розетки осуществляется на высоте от 30 см (евростандарт) до 80 см от пола;
- расстояние от розетки до газовой или электрической плиты, радиатора отопления и любых труб - не менее полуметра;
- линия горизонтальной электропроводки монтируется не ближе 15 см к потолку или полу, вертикальной - не ближе 10 см к краю двери или окна;

- расстояние между параллельными кабелями - не менее 3 мм, либо каждый кабель должен быть в защитном кожухе (гофрированной или бронированной трубе).

Монтаж кабелей должен быть только на клеммах внутри распределительных коробок (их роль могут играть подрозетники). Соединение жил методом скрутки, замотанной изоляцией, недопустимо.

В крайнем случае скрутка должна быть пропаяна и заизолирована применением кембрика - термоусадочной трубки. Обязательно надо позаботиться о заземлении. Если его не было, должно быть смонтировано и подключено к общей шине болтовым соединением.

Выбор кабеля

К основным материалам, используемым для монтажа электропроводки, что логично, относится кабель. Пренебрегать правильным подбором кабелей для электропроводки нельзя, так как в лучшем случае это приведет только к удорожанию стоимости монтажа системы, а в худшем - к выходу проводки из строя, пробоем, удару человека током или пожару.

На рынке присутствует огромное многообразие силовых кабелей - и это не считая кабелей для слаботочных систем - сигнализации, видеонаблюдения, систем связи. Чтобы не ошибиться с выбором, оговоримся сразу: для монтажа бытовой электропроводки можно применять только следующие виды силовых кабелей:

- ВВГ;
- NYM;
- ПВС (ограниченно - только для освещения).

Применять в качестве силового провода другого назначения, например, кабели связи, категорически запрещено.

Кабель ВВГ - это медный одножильный кабель специально предназначенный для внутренней прокладки в помещениях.

Он может использоваться для монтажа электропроводки в сетях с напряжением до 1000 В. Внутри кабеля - 2 или 3 медных жилы, каждая сечением от 1,5 до 10 мм (в зависимости от вида кабеля). Каждая жила имеет индивидуальную изоляцию, все три дополнительно защищены общей. Материал изоляции - винил.



Рисунок 2.2.5.1. Модификация кабелей в изоляции

Для систем с заземлением (обязательное требование) используется трехжильный кабель. Маркировка - ВВГ 3x1,5 (3 жилы сечением 1,5 мм) - для освещения, ВВГ 3x2,5 - монтаж проводки для бытовой техники, ВВГ 3x4 - монтаж линии для электроплиты, ВВГ 3x6 (или 3x10) - ввод электропроводки в дом. Жила в синей изоляции - это всегда ноль, в желто-зеленой - земля, в коричневой, черной или белой - фаза.

Кабель NYM - это германский аналог ВВГ, отличающийся дополнительным слоем промежуточной изоляции для защиты от возгорания. Его достоинством является возможность монтажа без дополнительной изоляции в комнатах с высокой влажностью, а также удобство разделки.

Недостатком является более высокая цена, чем ВВГ, а также низкая стойкость к солнечному свету, присущая ПВХ, из которого сделана его изоляция. Этот кабель рекомендуется для монтажа в кабель-каналах или в штробах, но не в земле и не на открытом воздухе. Маркировка полностью аналогична ВВГ.

ПВС - строго говоря, не кабель, а провод. Он состоит из трех многожильных проводников, и намного гибче, чем ВВГ или NYM. Но токовая нагрузка, которую могут выдерживать гибкие многожильники, значительно ниже, чем одножильники.

ПВС сечением 1,5 мм можно применять только для монтажа потолочного освещения, при этом не обойтись без обжимки концов жил наконечниками. Для других элементов электропроводки его использовать нельзя.

Основных способов монтажа электропроводки: открытый, также называемый наружным или внешний, и закрытый - внутренний, а также комбинированный. Первый способ монтажа проще - он предусматривает прокладку кабелей снаружи стен, в кабель-каналах.

Независимо от способа прокладки нормы и правила размещения электропроводки гласят:

- для минимизации проблем во время ремонтных работ провода должны лежать строго вертикально или горизонтально;
- горизонтальные участки следует размещать на расстоянии 150 мм от потолка (в некоторых случаях допускается 200 мм);
- вертикальные участки не должны быть в непосредственной близости от углов и проемов дверей и окон - минимальное значение 100 мм;
- от газовых труб расстояние составляет минимум 0,4 метра;
- сами провода не должны соприкасаться между собой.

Так же нужно обратить внимание на разницу размещения групповых электрических сетей в зависимости от типа комнаты. Это можно узнать исходя из таблицы 14.2 СНиП 31-110-2003, так же монтаж электропроводки описывает ГОСТ Р 50571.5.52-2011. Ссылаясь на таблицу А.52.2 данного ГОСТа, можно узнать метод монтажа электропроводки в зависимости от ее месторасположения.

Правила для разных типов проводки.

Для каждого типа монтажей электросети нужно придерживаться некоторых правил.

Закрытый тип - самый безопасный, так как при его использовании все провода спрятаны и защищены от механического воздействия. Но он является довольно длинной и трудоемкой процедурой подготовки, а именно нужно как минимум подготовить «туннели» в стене. Этот способ хорошо использовать, если у вас стены прошиты гипсокартоном, тогда для крепления проводов достаточно поместить проводку за листом.

Монтаж скрытой электропроводки осуществляется по следующему алгоритму.

Сначала с помощью уровня, карандашей или маркеров размечают стену, определяя линии прокладки кабелей. При этом осуществляется проверка на наличие предыдущей проводки с помощью специального тестера. На стене перед началом монтажа отмечают также точки врезки розеток, выключателей, установки ламп, распределительных коробок - вплоть до щитка.

С помощью ударной дрели или перфоратора с насадкой-коронкой в размеченных местах вырезаются ниши под розетки и выключатели.

После этого болгаркой, перфоратором с насадкой-долотом или молотком (в труднодоступных местах) строго по линиям разметки вырезаются штробы для закладки кабелей. Глубина штроб - около 2 см.

Осуществляется закладка проводов (их можно слегка «прихватить» алебастром), установка подрозетников и распределительных коробов.

Первым идет основной провод ВВГ 3х2,5 (или NYM 3х2,5). Он укладывается в штроб основной магистрали - от подрозетников до распределительных коробов, от них - к основному щитку. В распределительных коробках к нему подключаются кабели освещения сечением 1,5 с помощью клемм.



Рисунок 2.2.5.2. Один из способов прокладки кабеля проводов.

Открытая электропроводка - самый простой способ прокладки проводов. Преимуществом данного способа является легкость замены или ремонта кабеля при повреждениях. В большинстве случаев его используют в подсобных помещениях.

Сначала на стену с помощью дюбелей и саморезов крепится кабель-канал, потом внутри него протягивается кабель. Выключатели и розетки при монтаже электропроводки открытым способом также используются внешние. Достоинства способа состоят в скорости монтажа, чистоте и легком доступе к проводке.

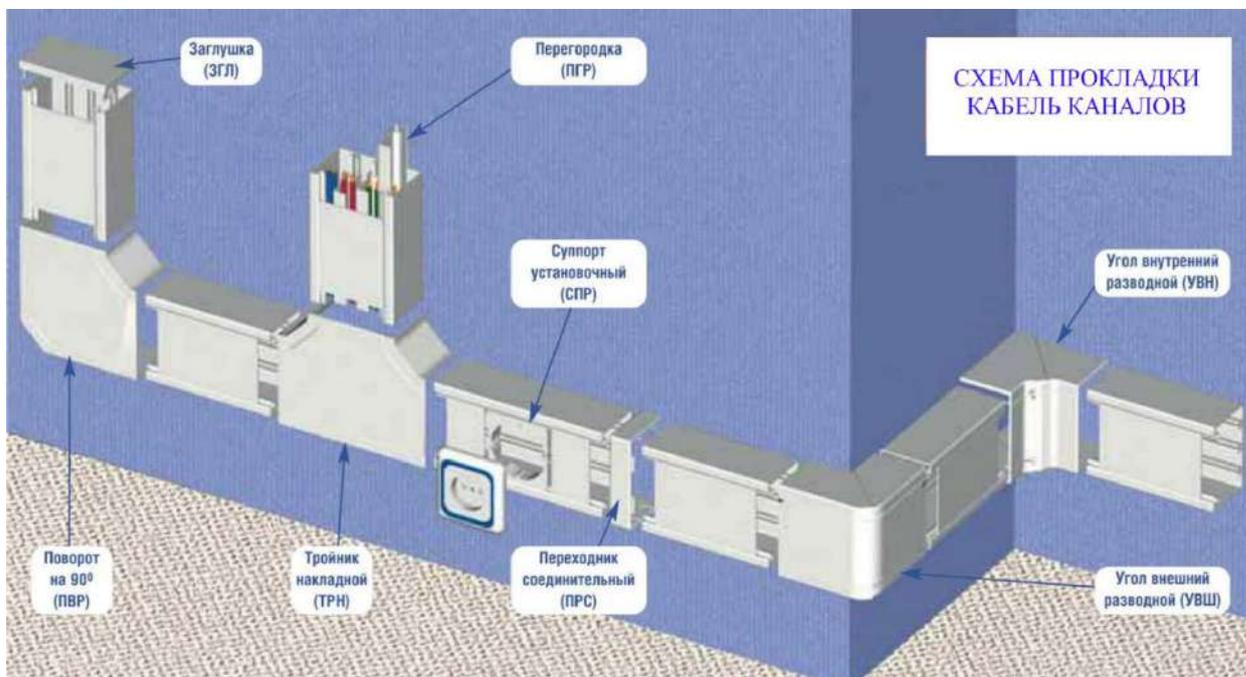


Рисунок 2.2.5.3 Схема открытого способа прокладки провода в кабель-каналах.

Недостаток у такого способа монтажа один, но существенный - он придает помещению стопроцентно «офисный» вид, поэтому в жилых домах и квартирах монтаж проводки в кабель-каналах применяется редко, в случае крайней необходимости.

Комбинированный способ прокладки электропроводки соединяет в себе закрытую и открытую прокладку, что упрощает задачу, но тем ни менее он имеет свои стандарты. Коробы для прокладки линии выбирают преимущественно пластиковыми, они более практичные и достаточно надежные. В коробе должно находиться свободное пространство для размещения всех проводов.

Требования безопасности гласят, что если использовать открытый способ, от розетки с выключателями должны находиться на специальных подрозетниках, их диаметр должен немного превышать размер розеток.

Нужно использовать специальные плоские провода АПРВ, АПР. При наличии легкогорючих стен раньше использовали изоляцию из асбеста (толщина по стандартам не должна быть меньше 0,5 см). Однако на сегодняшний день существуют другие безопасные материалы с отличными изоляционными характеристиками. Изоляционный слой располагается между стеной и проводами, и в случае замыкания не дает воспламениться стене.

Комбинированный способ прокладки электропроводки соединяет в себе закрытую и открытую прокладку, что упрощает задачу, но тем ни менее он имеет свои стандарты. Коробы для прокладки линии выбирают преимущественно пластиковыми, они более практичные и достаточно надежные. В коробе должно находиться свободное пространство для размещения всех проводов.

Монтаж линии электропроводки для большой нагрузки, сечением 4 мм (электрическая плита, котел) осуществляется только в отдельной магистрали.

Подрозетники сажают на гипсовую смесь. После монтажа всех линий электропроводки всю систему прозванивают тестером. Если ошибок не обнаружено, то можно приступать к финишной заделке штробов гипсом, установке розеток и выключателей.

Установка щитка - это самая сложная и ответственная часть монтажа электрической сети. В щиток монтируются защитные автоматы и УЗО согласно схеме, которая была определена ранее.

В щиток входит толстый вводный кабель от общедомовой шины и посредством промежуточных устройств разводится по всему помещению. Так, для группы освещения можно использовать автомат на 16 А и УЗО на 25А/30мА, для бытовой техники - автомат на 25А и УЗО на 40А/30мА, и так далее.

Щиток можно либо поместить в нишу, если она есть, либо просто повесить на стену.

Виды электропроводок. Совокупность проводов и кабелей с относящимся к ним креплением, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями называют электропроводкой. Согласно ПУЭ это определение распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполненные внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях микрорайонов, учреждений, предприятий, дворов, на строительных площадках, с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей в резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм² (при сечении более 16 мм² - кабельные линии).

Электропроводку, проложенную по поверхности стен, потолков, ферм и другим строительным элементам зданий и сооружений, опорам и т.п., называют открытой.

Электропроводку, проложенную внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т.п., называют скрытой.

Электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т.п., а также между зданиями на опорах (не

более четырех пролетов длиной 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.п., называют наружной. Она может быть открытой и скрытой.

Стальную проволоку, натянутую вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют струной.

Металлическую полосу, закрепленную вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют полосой.

Тросом (несущий элемент электропроводки) называют проволоку или стальной канат, натянутый в воздухе, который используют для подвески к нему проводов, кабелей или их пучков.

Полую закрытую конструкцию прямоугольного или другого сечения, предназначенную для прокладки в ней проводов и кабелей, называют коробом. Он служит защитой от механических повреждений проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба имеют только сплошные стенки со всех сторон. Короба можно применять в помещениях и наружных установках.

Открытую конструкцию, предназначенную для прокладки на ней проводов и кабелей, называют лотком. Лоток не является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки изготавливают из негорючих материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми; их применяют в помещениях и наружных установках.

Электропроводки осветительных и силовых сетей выполняют незащищенными изолированными проводами, защищенными проводами и кабелями таблица 2.2.5.3.

Незащищенные изолированные провода, наиболее часто используемые в электропроводках.

Защищенные провода марок АПРН, ПРН, ПРГН, ПРВД, АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ, АПРФ и ПРФ используют в электропроводках с учетом способа прокладки, характера помещений и зон окружающей среды. Технология монтажа электропроводок содержит много операций, выполняемых при их ремонте.

Монтаж и ремонт открытых электропроводок, выполняемых плоскими проводами АППР, АППВ, ППВ, проводят в определенной технологической последовательности. Сначала размечают места установки светильников, выключателей и штепсельных розеток, линий электропроводки, крепления провода, т.е. точек забивки гвоздей, Установки скоб и мест прохода провода через стены и перекрытия, Начиная от группового щитка с постепенным переходом к отдельным помещениям.

Таблица 2.2.5.3 Основные технические данные установочных проводов

Марка, число жил	Сечение жилы, мм	Характеристика Конструкции	Область применения
На переменное напряжение 660 В или постоянное напряжение 1000 В			
ПРТО 2,3	0,75-120 1-120 1,5-10 1,5-2,5	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в негоряемых трубах
АПРТО 1,2 3,7	2,5-120 2,5-10 2,5	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРН	1,5-120	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в негоряемой резиновой оболочке	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах негоряемых конструкций, а также на открытом воздухе
АПРН	2,5-120	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГН	1,5-120	То же, с медной жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе
ПРИ	0,75-120	С медной жилой, с резиновой изоляцией, обладающей защитными свойствами	Для прокладки в сухих и сырых помещениях
АПРИ	2,5-120	То же, с алюминиевой жилой	То же
ПРГИ	0,75-120	То же, с медной жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях
АППР 2,4	2,5-10 2,5	С алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых и производственных помещений, включая животноводческие и птицеводческие помещения
РКГМПТ	0,75-120	Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины повышенной теплостойкости в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью	Для работы на номинальное переменное напряжение 660 В частоты до 400 Гц, при отсутствии воздействия агрессивных сред и масел. Класс нагревостойкости Н

Продолжение таблицы 2.2.5.3

АПВ	2,5-120	Провод с алюминиевой жилой с поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа вторичных цепей прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтажа силовых и осветительных цепей. Номинальное напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц
ПВ1	0,5-95	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией	Тоже
ПВ2	2,5-95	Провод с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией, гибкий	Для монтажа вторичных цепей, для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках
ПВ3	0,5-95	То же, с повышенной гибкостью	Тоже
ПВ4	0,5-6	То же, особо гибкий	Для особо гибкого монтажа вторичных цепей при скрытой и открытой прокладках. Номинальное напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц
АППВ 2; 3	2,5-6	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией плоский с разделительным основанием	Для монтажа силовых, осветительных цепей в машинах и станках и для неподвижной открытой прокладки. Напряжение 380 В
ППВ 2; 3	0,75-4	То же, но с медными жилами	Тоже
АППВС 2; 3	2,5-6	Провод с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией без разделительного основания	Для неподвижной скрытой прокладки под штукатуркой, для прокладки в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций. Номинальное напряжение 380В
ППВС 2; 3	0,75-4	То же, но с медными жилами	Тоже

Места установки светильников на потолке размечают в зависимости от их числа. Если в центре помещения устанавливают один светильник, то место его положения определяют натягиванием из противоположных углов крест-накрест двух шнуров. Точку их пересечения на полу отмечают мелом, затем со стремянки отвесом эту точку переносят на потолок. Если нужно установить два светильника в помещении на потолке, то на полу отбивают среднюю линию, делят ее на четыре равные части. Разметку переносят на потолок. Светильники устанавливают от стены на расстоянии 1/4 длины помещения.

После определения мест установки светильников на стене и потолке с помощью шнура отбивают линию будущих электропроводок. На линии отмечают точки крепления провода, а также точки сквозных отверстий для

прохода проводов через стены и перекрытия. Далее, используя шаблон, намечают места установки ответвительных коробок, штепсельных розеток и выключателей.

Если заранее не были оставлены отверстия в кирпичных, бетонных и железобетонных основаниях, их выполняют электротехническим, пневматическим или пиротехническим инструментом.



Рисунок 2.2.5.4 Использование электроинструмента для прокладки проводов.

Проходы проводов через негорючие стены выполняют в резиновых или поливинилхлоридных трубках, а через сгораемые - в отрезках стальных труб, с обоих концов которых надеты изоляционные втулки. Трубку в отверстия заделывают цементным раствором. Изоляционная трубка должна выходить из втулки на 5-10 мм.

В монтажную зону плоские провода поставляют в бухтах. Перед прокладкой их разматывают, разрезают на отрезки и выправляют. Для этого один конец провода закрепляют, а сам провод протягивают через специальное приспособление для правки или рукавицу, надетую на руку. Протягивать провод следует очень аккуратно, чтобы не повредить оболочку. Правку плоских проводов можно производить только при температуре не ниже -15°C .

После правки и отрезания проводов их сматывают в бухточки. Прокладку проводов начинают с ближайшей к групповому щитку ответвительной коробки. На концах провода длиной 75 мм вырезают разделительное основание. У трехжильного провода разрезают также перемычку между второй и третьей жилами. Провод укладывают, начиная от коробки, по всему прямолинейному участку до места поворота трассы.

При этом провод на другом конце временно закрепляют, тщательно выправляют, укладывают по всей длине участка и окончательно закрепляют на всем протяжении трассы. При прокладке плоских проводов с разделительной перегородкой (кроме проводов АППР) по сгораемым

основаниям под них по всей длине прокладывают асбест толщиной не менее 3 мм с выступом от края провода не менее 10 мм.

Плоские провода с разделительным основанием крепят гвоздями, защищая провода от повреждения. Под шляпки гвоздей во влажных неотапливаемых помещениях нужно подкладывать пластмассовые, резиновые или эбонитовые шайбы. Провода без разделительного основания крепят скобами с помощью дюбелей или гвоздей, с расстоянием между точками крепления не более 400 мм. У плоских проводов с разделительным основанием при изгибе их на ребро (при повороте трассы на 90°) в месте изгиба вырезают основание на длине 40-60 мм.

При разделке плоских проводов часто используют клещи КУ-1 или МБ-241, с помощью которых можно разрезать пленку, выкусывать ее, снимать изоляцию с концов проводов, зачищать жилы и изгибать колечки на концах проводов для подсоединения их под контактный винт.

Следующими операциями электромонтажа являются соединение и ответвление плоских проводов в ответвительных коробках. Эти операции выполняют сваркой, опрессованием или пайкой с последующей изоляцией полиэтиленовыми колпачками или изолирующей лентой. Провода в цепях штепсельных розеток соединяют непосредственно на контактах розеток.

В тросовой проводке в основном применяют элементы, изготавливаемые на заводах. К торцовым стенам тросы крепят на проходных анкерах или анкерах, прикрепляемых к сквозным штырям, болтам или дюбелям

На конце троса делают петлю и устанавливают тросовый зажим и муфты, позволяющие регулировать натяжение троса. При электропроводках тросовыми проводами применяют специальные ответвительные коробки, которые одновременно используют для подвески тросового провода и светильников. Внутри коробки имеется устройство для крепления троса. Ответвления выполняют без разрезания провода с помощью сжимов в пластмассовом кожухе. Узлы тросовой проводки монтируют на заводах или в МЭЗ на технологических линиях и поставляют на место производства работ в контейнерах.

Для монтажа тросовых электропроводок сначала размечают места крепления анкерных и промежуточных конструкций вдоль помещения по линии расположения светильников или силовых электроприемников, выдерживая расстояния между подвесками, ответвительными коробками и светильниками по проекту и эскизам замеров на месте. Далее крепят анкерные и натяжные устройства к основным строительным элементам здания (стенам, фермам и др.), устанавливают подвески для промежуточных креплений и крепят их к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям, в щелях между уголками ферм или плит перекрытия. Затем подготавливают отрезки несущего троса, струны и оттяжки, оконцовывают их петлями с использованием гильз и обойм, собирают концевое крепление и отмеряют отрезки проводов для линий электропроводки и питающей магистрали (по

чертежам или эскизам замеров). После этого вводят провода в коробки, соединяют концы проводов в коробках или сжимах, крепят их к тросу (при незащищенных проводах) полосками через 0,3-0,35 м, перфорированной поливинилхлоридной лентой через 0,5 м, подвесками через 1,5 м с пластмассовыми клицами на два или четыре провода и обоймами для подвески светильников. При применении защищенных проводов крепление полосками осуществляют через 0,5 м. Полоски -мягкие прокладки должны выступать на 1,5-2 мм с обеих сторон троса. Далее прозванивают и маркируют провода. Если для тросовой проводки применяют специальные провода, то ввод и ответвление осуществляют сжимами коробок У245 и У246 без разрезания фазных проводов.

Для прокладки заготовленных линий провода разматывают по полу с помощью специальных крестовин и поднимают их на высоту 1,3- 1,5 м для выпрямления и подвески светильников. Далее провода поднимают на проектную высоту и закрепляют на анкерной конструкции один конец троса. Соединяют линию с ранее установленными промежуточными подвесками и оттяжками. Регулируют стрелу провеса и надевают трос на противоположное анкерное устройство. В местах соприкосновения оголенных участков троса и анкерного устройства их смазывают вазелином. Трос на конце линии заземляют в двух точках, присоединяя медные перемычки сечением 2,5 мм² к нулевому проводу или шине, соединенной с контуром заземления. Несущий трос в качестве заземляющего проводника использовать нельзя. Далее мегаомметром на напряжение до 1000 В измеряют сопротивление изоляции электропроводки. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Контрольные вопросы:

- 1.Какие требования предъявляются перед монтажом электропроводки?
- 2.Какие основные правила монтажа электропроводки?
- 3.Какие марки кабелей применяются при монтаже?
- 4.Как осуществляется монтаж скрытой электропроводки?
- 5.Как осуществляется монтаж открытой электропроводки?
- 6.Как осуществляется монтаж комбинированной электропроводки?
- 7.Какие существуют виды электрических проводов?

2.2.6. Организация рабочего места

При работе в электроустановках, требуется повышенное внимание к выполняемой работе, неукоснительного исполнения норм техники безопасности и правил по монтажу.

Перед началом работы по ремонту и техническому обслуживанию электрооборудования электромонтер должен в обязательном порядке получить от мастера по ремонту электрооборудования наряд-здание, в котором оформляется задание на производство работ по ремонту и

техническому обслуживанию, содержащее информацию о месте выполнения работ, предмете работ, составе и характере работ, мерах безопасности.

Перед началом работы электромонтер обязан привести в порядок спецодежду, обувь, одеть респиратор и каску, проверить наличие необходимого для работы инструмента, проверить пригодность защитных средств, тщательно осмотреть состояние инструмента и приспособлений, убедиться в их исправности. Перед применением элетрозащитных средств, электромонтёр должен проверить их исправность, отсутствие внешних повреждений, очистить и обтереть от пыли, проверить по штампу срок годности, а также соответствует ли защитное средств по напряжению электроустановке, где оно будет применяться.

При производстве работ по монтажу электропроводки и во избежание поражения электротоком или не допущения короткого замыкания в электросетях, существует ряд определенных правил, придерживаясь которых можно сделать качественную электропроводку.

На первом этапе необходимо создать проект схему разводки электропроводки, систему резервного питания, если таковая присутствует, перечень планируемой аппаратуры и расчеты мощностей и нагрузок. Также в проектной документации указывается тип проводов и кабелей, способ и схема их прокладки, количество материалов.

Для стационарных высокомоощных приборов следует проложить отдельные линии и установить отдельные автоматы. Также для повышения безопасности необходимо разделить линии для розеток и осветительных приборов с выключателями.

Автоматы, счетчики, розетки и выключатели должны находиться в легкодоступных местах.

Розетки размещаются на высоте до 1 м. Это делается для предотвращения короткого замыкания при затоплении помещения. Также рекомендуется определенное количество розеток в помещениях. Установка розеток в туалете запрещена. В целях безопасности розетки следует ставить в 50 см от электронагревательных приборов.

Прокладка проводов и кабеля в производственных помещениях и в административных зданиях может осуществляться скрытым или открытым способом. При этом необходимо придерживаться следующих требований: укладка проводится строго в горизонтальных и вертикальных штробах или коробах, при горизонтальной прокладке высота от пола должна составлять минимум 200 мм, от потолка 150 мм, от балок и карнизов 50 -100 мм. Выполняя вертикальную прокладку, необходимо отступать от дверных и оконных проемов минимум 100 мм.

Для возможности ремонта или замены проводки все провода рекомендуется прятать в специальную гофру, в кабельных каналы, в трубах в кабельных профиллях, в лотках со стойками.

При прокладке необходимо следить, чтобы провода не соприкасались с металлическими частями строительных конструкций.

Разводка проводов проводится в специальных распределительных коробах, а оголенные концы соединяются между собой путем пайки, прессовки или специальными наконечниками СиЗ. Запрещается соединение медного и алюминиевого проводов по принципу скрутки.

При закрытом способе монтажа глубокие штробы запрещается делать в несущих стенах с целью сохранения их цельности и общей прочности.

Все работы проводятся при обесточенной линии.

Контрольные вопросы:

1. Какие правила необходимо соблюдать при работе в электроустановках?

2.3. Электрическое и электромеханическое оборудования цехов металлургических заводов

2.3.1. Устройство и принцип работы электротермических установок

Электротехнологические процессы широко применяются в промышленности. Оборудование для этих процессов весьма разнообразно по принципу действия, мощности, характеристикам потребления электроэнергии.

К электротехнологическому оборудованию относятся: электрические печи и электронагревательные установки, электросварочные установки всех видов, установки для размерной электрофизической и электрохимической обработки металлов. Соответственно в понятие «электротехнология» включены следующие технологические процессы и методы обработки материалов:

- электротермические процессы, в которых используется превращение электрической энергии в тепловую для нагрева материалов и изделий в целях изменения их свойств или формы, а также для их плавления и испарения; – электросварочные процессы, в которых получаемая из электрической энергии тепловая энергия используется для нагрева тел в целях осуществления неразъемного соединения с обеспечением непосредственной сплошности в месте сварки;

- электрохимические методы обработки и получения материалов, при которых с помощью электрической энергии осуществляется разложение химических соединений и их разделение путем перемещения заряженных частиц (ионов) в жидкой среде под действием электрического поля (электролиз, гальванотехника, анодная электрохимическая обработка);

- электрофизические методы обработки, при которых для воздействия на материалы используется превращение электрической энергии как в механическую, так и в тепловую (электроэрозионная, ультразвуковая, магнитоимпульсная, электровзрывная);

• аэрозольная технология, при которой энергия электрического поля используется для сообщения электрического заряда взвешенным в газовом потоке мелким частицам вещества с целью перемещения их под действием поля в нужном направлении.

Электронагрев широко применяется на промышленных предприятиях при производстве фасонного литья из металлов и сплавов, нагрева заготовок перед обработкой давлением, термической обработки деталей и узлов электрических машин, сушки изоляционных материалов и т. д.

Электротермические установки применяются в промышленности для термообработки металлов под пластическую деформацию, закалку, плавления, нагрева диэлектриков; в сельском хозяйстве для обогрева помещений различного технологического назначения; в быту (бытовые нагревательные приборы).

Электротермической установкой называют комплекс, состоящий из электротермического оборудования (электрической печи или электротермического устройства в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую), и электрического, механического и другого оборудования, обеспечивающего осуществление рабочего процесса в установке.

Электронагрев (электротермия) объединяет разнообразные технологические процессы тепловой обработки с использованием электроэнергии в качестве основного энергоносителя.

Применение электрической энергии для нагрева имеет ряд достоинств

- существенное снижение загрязнения окружающей среды;
- получение строго заданных значений температур, в том числе и превосходящих уровни, достигаемые при сжигании любых видов топлива;
- создание сосредоточенных интенсивных тепловых потоков;
- достижение заданных полей температур в нагреваемом пространстве;
- строгий контроль и точное регулирование длительности выделения энергии;
- гибкость в управлении потоками энергии;
- возможность нагрева материалов изделий в газовых средах любого химического состава и вакууме;
- выделение тепловой энергии непосредственно в нагреваемом веществе.

Электрический нагрев дает следующие преимущества по сравнению с топливным нагревом:

- Очень простое и точное осуществление заданного температурного режима.
- Возможность концентрации высоких мощностей в малом объеме.
- Получение высоких температур (3000 °С и выше против 2000 ° при топливном нагреве).
- Возможность получения высокой равномерности теплового поля.

- Отсутствие воздействия газов на обрабатываемое изделие.
- Возможность вести обработку в благоприятной среде (инертный газ или вакуум).
- Малый угар легирующих присадок.
- Высокое качество получаемых металлов.
- Легкость механизации и автоматизации электротермических установок.
- Возможность использования поточных линий.
- Лучшие условия труда обслуживающего персонала.

Недостатки электрического нагрева: более сложная конструкция, высокая стоимость установки и получаемой тепловой энергии.

Электротермическое оборудование весьма разнообразно по принципу действия, конструкции и назначению. Все электрические печи и электротермические устройства можно разделить по назначению на плавильные печи для выплавки или перегрева расплавленных металлов и сплавов и термические (нагревательные) печи, устройства для термообработки, изделий из металла, нагрева материалов под пластическую деформацию, сушки изделий и т. д.

1. По способу преобразования электрической энергии в тепловую различают, в частности, печи и устройства сопротивления, дуговые печи, индукционные печи.



Рисунок 2.3.1.1 Печь нагрева сопротивлением.

2. По месту нагревания

- Прямой нагрев (тепло выделяется непосредственно в изделиях)
- Косвенный нагрев (тепло выделяется в нагревателе или в межэлектродном промежутке электрической дуги).

3. По конструктивным признакам.

4. По назначению.

В электропечах и электротермических устройствах сопротивления используется выделение тепла электрическим током при прохождении его через твердые и жидкие тела. Электропечи этого вида преимущественно выполняются как печи косвенного нагрева.

Превращение электроэнергии в тепло в них происходит в твердых нагревательных элементах, от которых тепло путем излучения, конвекции и теплопроводности передается нагреваемому телу, либо в жидком теплоносителе - расплав ленной соли, в которую погружается нагреваемое тело, и тепло передается ему путем конвекции и теплопроводности. Печи сопротивления - самый распространенный и многообразный вид электропечей.

Плавильные печи сопротивления применяют преимущественно при производстве литья из легкоплавких металлов и сплавов.

Работа плавильных дуговых электропечей основана на выделении тепла в дуговом разряде. В электрической дуге концентрируется большая мощность и развивается температура свыше 3500°C.



Рисунок 2.3.1.2. Дуговая сталеплавильная печь

В дуговых печах косвенного нагрева дуга горит между электродами, а тепло передается расплавляемому телу в основном излучением. Печи такого рода используют при производстве фасонного литья из цветных металлов, их сплавов и чугуна.

В дуговых печах прямого нагрева одним из электродов служит само расплавляемое тело. Эти печи предназначены для выплавки стали, тугоплавких металлов и сплавов. В дуговых печах прямого нагрева, в частности, выплавляют большую часть стали для фасонного литья.

В индукционных печах и устройствах тепло в электропроводном нагреваемом теле выделяется токами, индуктированными в нем переменным электромагнитным полем, а значит осуществляется прямой нагрев.



Рисунок 2.3.1.3. Индукционная закалочная установка

Индукционную печь или устройство можно рассматривать как своего рода трансформатор, в котором первичная обмотка (индуктор) подключена к источнику переменного тока, а вторичной обмоткой служит само нагреваемое тело. Индукционные плавильные печи применяют при производстве литья, в том числе фасонного, из стали, чугуна, цветных металлов и сплавов.

Один из вариантов электротермических установок – индукционная тигельная печь. На рис. 2.3.1.4 представлена схема печи.

Индукционная тигельная печь широко применяется для плавки как цветных, так и черных металлов. Емкость печи может варьироваться от десятков граммов до десятков тонн.



Рисунок 2.3.1.4. Схема индукционной тигельной печи:

1 – кожух печи; 2 – водоохлаждаемый индуктор; 3–тигель; 4–металл; 5 – шлак; 6 – сливной носок для выпуска металла.

Использование электронагрева вместо пламенного в некоторых технологических процессах позволяет получить большую экономию топлива и сократить количество обслуживающего персонала. Внедрение электротермии также обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, что в конечном результате приводит к повышению экономической эффективности.

При эксплуатации электротермических установок следует руководствоваться технологическими инструкциями и режимными картами, а также Правилами технической эксплуатации электроустановок.

При эксплуатации электротермических установок должны предъявляться требования других разделов настоящих Правил и соблюдаться касательно эксплуатации отдельных элементов, поддерживающие работу установок, трансформаторов, электродвигателей, преобразователей, распределительных устройств, конденсаторных

установок, устройств релейной защиты и средств автоматики, измерительных приборов и др.

Сопротивление изоляции вторичных токопроводов и рабочих токоведущих элементов электропечей и электротермических устройств (электронагревателей сопротивления, индукторов и др.) должно измеряться при каждом включении электротермической установки после ремонта и в других случаях, предусмотренных местными инструкциями.

Дуговые электропечи. На дуговой печи опытным путем должны быть сняты рабочие характеристики для всех ступеней вторичного напряжения и ступеней реактивного сопротивления дросселя. При наличии в цехе нескольких электропечей с одинаковыми параметрами характеристики определяются на одной из них.

В период загрузки электропечей необходимо следить, чтобы раскаленные концы электродов находились под сводом электропечи.

На установках дуговых сталеплавильных печей настройка токовой защиты от перегрузки должна согласовываться с действием автоматического регулятора электрического режима. В процессе эксплуатации короткие замыкания должны ликвидироваться автоматическим регулятором, и только в случаях, когда перемещением электродов не удастся быстро устранить короткое замыкание должна работать защита от перегрузки.

Настройка автоматического регулятора электрического режима должна обеспечивать оптимальный режим работы дуговой электропечи. Параметры настройки регуляторов должны периодически контролироваться.

Объемы и сроки проверок автоматических регуляторов определяются местными инструкциями, составленными с учетом инструкции по эксплуатации завода-изготовителя и местных условий. Полные проверки автоматических регуляторов должны проводиться не реже одного раза в год.

Контактные соединения короткой сети токопровода и электродержателей должны подвергаться периодическому осмотру не реже одного раза в шесть месяцев.

В целях сокращения потерь электроэнергии в контактах электродов необходимо обеспечивать высокое качество их торцов и ниппельных соединений и плотное свертывание электродов.

Контроль качества масла в трансформаторе и масляных выключателях, испытание масла на электрическую прочность, проверка контактов в переключателях, трансформаторах и масляных выключателях производится в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство Потребителя, но не реже, чем это предусмотрено настоящими Правилами электроустановок.

Все работы по подготовке к плавке на установках электрошлакового переплава производятся только при отключенном трансформаторе. В случаях, если один трансформатор питает попеременно две электрошлаковые установки, должна быть разработана специальная инструкция по безопасной подготовке второй установки, когда включена первая.

Дуговые электропечи должны быть оснащены устройствами, не позволяющими ухудшать качество электроэнергии на границе, определенной договором энергоснабжения.

Работа дуговых электропечей без фильтрокомпенсирующих устройств не допускается.

Работы по перепуску, наращиванию и замене электродов на дуговой сталеплавильной печи, а также по уплотнению электродных отверстий должны проводиться на отключенной электропечи.

Перепуск и наращивание набивных самоспекающихся электродов руднотермических печей, приварку тормозной ленты и загрузку электродной массой можно производить без снятия напряжения в электроустановках до 1000 В. Эти работы должны выполняться с изолированных рабочих (перепускных) площадок, имеющих междуфазные разделительные изоляционные перегородки.

Плазменно-дуговые и электронно-лучевые установки. Плазменно-дуговые и электронно-лучевые установки должен обслуживать персонал, специально подготовленный для работы на данных установках.

На основании инструкции по эксплуатации завода-изготовителя должна быть составлена и утверждена единая местная инструкция для электротехнического и электротехнологического персонала по обслуживанию плазменно-дуговых и электронно-лучевых установок, учитывающая специфику местных условий.

Плазменно-дуговые и электронно-лучевые установки должны быть оборудованы следующими блокировками:

- электрической, отключающей масляные выключатели при открывании дверей, ограждений блоков и помещения электрооборудования (замки электрической блокировки);
- механической блокировкой приводов разъединителей, допускающей открывание дверей камер масляного выключателя, а также разъединителей выпрямителя и блока накала только при отключенном положении разъединителей.

Открывать двери блока сигнализации, крышку пульта управления и защитные кожухи электрооборудования при включенной установке не допускается.

Ремонтные работы в зоне плазменно-дугового и электронно-лучевого нагревателя установки проводятся только после ее отключения и наложения заземления.

Уровень рентгеновского излучения плазменно-дуговых и электронно-лучевых установок должен быть не выше значений, допускаемых действующими санитарными нормами. В процессе эксплуатации установок должен периодически проводиться дозиметрический контроль.

Электропечи сопротивления. Температура наружной поверхности кожуха электропечи должна быть не выше значений, установленных инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя.

Состояние нагревательных элементов должно проверяться в соответствии с инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя с учетом местных условий.

Индукционные плавильные и нагревательные приборы. Приемка индукционных установок в эксплуатацию производится при выполнении требований Правил технической эксплуатации электроустановок и правил устройства электроустановок, санитарных норм по уровню электромагнитного поля на рабочих местах, проведении испытаний в соответствии с технической документацией завода-изготовителя.

Принцип действия индукционных печей основан на токах, возникающих в расплаве с помощью специальных устройств - индукторов. При этом наведенные токи позволяют достигать температуры плавления в металлах, достигается высокая равномерность расплавов за счет перемешивания. Все элементы расплавов подвергаются вихревому воздействию токов, таким образом происходит движение слоев и достигается максимально возможное смешивание различных присадок и металлов. Преимуществами установок являются следующие: выделяющееся непосредственно в металле тепло, высокая равномерность металла по химическому составу и температуре, отсутствие источников загрязнения металла, удобство управления и регулирования процесса плавки, гигиеничность условий труда. Кроме этого, для индукционных установок характерны: более высокая производительность вследствие высоких удельных (на единицу емкости) мощностей нагрева; возможность плавить твердую шихту, не оставляя металл от предыдущей плавки, снижает тепловую инерцию печи и делает плавильные печи этого типа исключительно удобными для периодической работы с перерывами между плавками, в частности для цехов машиностроительных заводов; компактность печи, что позволяет достаточно просто изолировать рабочее пространство от окружающей среды и осуществлять плавку в вакууме или в газовой среде заданного состава. Поэтому в металлургии широко применяют вакуумные индукционные печи.

К основным достоинствам индукционных печей следует отнести простейший ремонт, высокий КПД, возможность получения сплавов, обладающих заданными характеристиками и выполнять термообработку в любом режиме.

Индуктор, помимо создания электрического тока в обрабатываемом металле, воспринимает механические вибрационные и температурные нагрузки, поэтому при проектировании предусматривается необходимая прочность и тугоплавкость как токопроводящей, так и изолирующей части. В качестве изоляции может применяться воздушная прослойка, при этом должно быть обеспечено необходимое расстояние между витками и жесткое закрепление проводника.

Токопроводящая часть индуктора должна обладать хорошей электропроводностью, снижающей потери мощности. Кроме того, материал,

используемый в электрической части индуктора, должен быть немагнитным. Для того, чтобы обеспечить максимальную площадь со стороны, обращенной к обрабатываемому металлу и меньшую массу, используются различные сечения с внутренними полостями.

Каркас печи должен обеспечить жесткость всей конструкции и исключить поглощение мощности деталями. В промышленных печах обычно применяется цилиндрический каркас из листов стали со специальными технологическими отверстиями, обеспечивающими свободный доступ к индуктору.

Плавка металла в индукционной печи позволяет точно регулировать температурные режимы, поддерживать необходимую температуру в течение определенного времени. КПД индукционных печей очень высокий, поскольку отсутствуют дополнительно нагреваемые элементы, нагревается только обрабатываемый металл. По экологическим характеристикам индукционные печи являются наиболее безопасными, так как отсутствуют продукты сгорания топлива и вредные вещества, выделяющиеся при других способах плавки.

Индукционные печи применяются для выплавки цветных и черных металлов, закалки, отпуска, отжига, нормализации сталей. Конструктивно индукционные печи бывают канального типа и тигельные. Выпускаются печи, позволяющие производить плавку с доступом воздуха, в определенной газовой среде с избыточным давлением или вакууме.

Выплавка стали в индукционных печах позволяет получать высоколегированные сорта, отвечающие самым жестким требованиям. В некоторых случаях применяется плавка стали в определенной газовой среде или вакууме, что позволяет получать дополнительные качества.

Следует учесть, что плавка влажных или содержащих лед металлов очень опасна, поэтому рекомендуется предварительная сушка. Наличие влаги в рабочей камере печи при появлении расплава вызовет разбрызгивание раскаленного металла, что может повлечь за собой травмы и выход из строя оборудования.

Контрольные вопросы:

1. Какое оборудование относится к электротехнологическому?
2. Какие виды электротермического оборудования вы знаете?

2.3.2. Устройство и принцип работы электрооборудования подъемно – транспортных механизмов

Подъемно-транспортное оборудование, применяемое на предприятиях, классифицируют по функциональному назначению и принципу действия. Правильный выбор подъемно-транспортного оборудования, строгое

соблюдение технической дисциплины при его эксплуатации являются залогом стабильной работы и эффективности производства.

По функциональному назначению оборудование подразделяют на грузоподъемное, транспортирующее и погрузочно-разгрузочное.

В группу грузоподъемного оборудования включают оборудование для подъема и опускания грузов. Это оборудование используют на предприятиях для межэтажного перемещения грузов, а также при ремонте и монтаже оборудования.

К грузоподъемному оборудованию относят:

- лебедки с ручным электрическим приводом;
- тали и тельферы, применяемые для вертикального и горизонтального перемещения грузов;
- лифты и различные подъемники.

К транспортирующим машинам относят:

- транспортеры;
- гравитационные спуски;
- оборудование пневматического и гидравлического транспорта.

Погрузочно-разгрузочное оборудование предназначено для перемещения и подъема груза внутри производственных и складских помещений. К этому виду оборудования относят:

- подъемники-загрузчики;
- грузовые тележки с подъемом;
- электрокары;
- уравнивательные площадки.

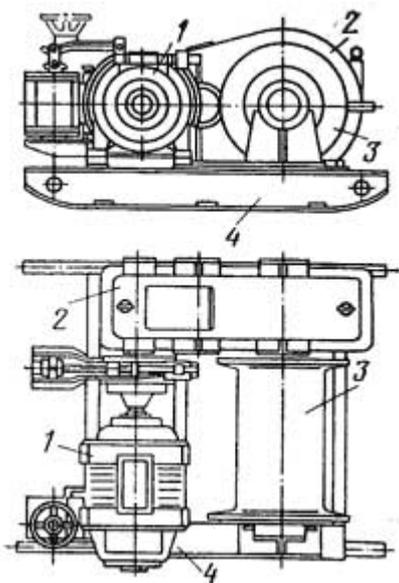
Принцип действия подъемно-транспортного оборудования характеризуется структурой рабочего цикла. Различают непрерывный и периодический циклы действия. Транспортирующее оборудование может быть непрерывного и периодического действия. Грузоподъемные машины, как правило, имеют конструкцию периодического действия. Автоматизации легче поддается оборудование непрерывного цикла.

Лебедки предназначены для подъема грузов тяговыми органами с ручным и электрическим приводами.

Лебедки с электрическим приводом состоят из реверсивного электродвигателя, электромагнитного двухколодочного тормоза, редуктора и барабана. Данные устройства предназначены для подъема оборудования гибкими тяговыми органами. Они могут использоваться самостоятельно или в составе сложных грузоподъемных машин. Лебедки бывают с ручным и электрическим приводом.

Лебедки с электрическим приводом состоят из реверсивного электродвигателя, электромагнитного двухколодочного тормоза, редуктора и барабана. Электрические лебедки значительно разнятся как по конструкции, так и по сфере применения.

При проведении монтажных работ обычно применяют однобарабанные электрические лебедки реверсивного типа, комбинируя их с полиспадами.



Как правило, тяговое усилие таких лебедок бывает от 3,2 до 125 кН, а скорость навивки каната на барабан от 0,5 до 0,1 метра в секунду. Канатоемкость таких электрических лебедок находится в диапазоне от 80 до 800 метров. Впрочем, существует возможность заказать специальную лебедку с тяговым усилием от 100 до 320 кН и канатом 1000 - 1200 метров на барабане.

В том случае если проводятся работы по монтажу крупногабаритного и тяжелого оборудования рекомендуется применять тихоходные электрические лебедки со скоростью навивки каната на барабан не более 3 - 10 метров в минуту.

Рисунок 2.3.2.1 Комплектность лебёдки: 1 - электродвигатель; 2 - редуктор; 3 – барабан; 4 – станина.

Тали и тельферы. Эти устройства применяются для вертикального и горизонтального перемещения грузов.

Тали изготавливают с ручным и электрическим приводом. Червячные тали с ручным приводом изготавливаются грузоподъемностью 0,5-10 т. Таль, корпус которой установлен на монорельсовой тележке, называется тельфером. Тельфер позволяет перемещать одновременное перемещение груза в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Электротельфер состоит из реверсивного электродвигателя с дисковым тормозом и барабана с клапаном, смонтированных в одном корпусе, а также грузозахватного устройства. Для отключения электродвигателя при подъеме груза в крайне верхнее положение имеется концевой выключатель.



Рисунок 2.3.2.2 Внешний вид электротельфера.

Электротельфер используется на складах, промышленных цехах, как составная часть подъемных устройств, например, кран-балки или консольно-поворотных кранов, или как отдельное оборудование.

Электрические тали могут быть в стационарном или мобильном исполнении.

Грузоподъемный механизм смонтирован на тележке с электроприводом, которая передвигается по монорельсу, подвешенному под потолком помещения. Управление электротельфером осуществляется кнопочной станцией, подвешенной на гибком кабеле. Принцип действия ручных и электрических талей аналогичен принципу действия ручных и электрических лебедок.

Электрическая таль - это грузоподъемная лебедка небольшого размера, которая используется для скоростного поднятия и перемещения груза с одного места на другое в горизонтальной плоскости. В условиях складской деятельности подобный механизм может заменить дорогостоящий погрузчик и облегчить работу персонала склада.

Принцип работы электротали заключается в подъеме и перемещении тяжелых грузов посредством передвижной конструкции, размещенной в малогабаритном корпусе, дополнительно снабженной крюком, тросом и ручным пультом управления. Тали бывают передвижные и стационарные. Грузоподъемность электрических талей достигает 20 тонн, высота подъема до 36 метров.

Электрический тельфер состоит из:

1. электродвигателя;
2. редуктора, сокращающего обороты мотора и обеспечивающего плавность хода при запуске лебедки и торможении;
3. предохранительная, соединительная муфта расположена внутри барабана между валами двигателя и редуктора, обеспечивает их неразрывную кинематическую связь;
4. барабана, сматывающего трос или цепь, регулирующего положение груза, внутри полый с прделанными бороздками, которые препятствуют спутыванию троса;
5. передвижная тележка, бывает трех модификаций: электрическая, ручная и свободная
6. корпуса, защищающего механизмы от внешних воздействий;
7. стального крюка, за который подвешивается груз.

Передвижные тали крепятся при помощи ходовой тележки на одно или двухрельсовую путь (кранбалку).

Более надежным считается двухрельсовое крепление, которое не допускает раскачивание перемещаемого груза, предотвращая таким образом возможные аварийные ситуации.



Рисунок 2.3.2.3 Внешний вид кран-балки.

Колеса предназначены и приспособлены для беспрепятственного передвижения по двутавровой балке. Центр тяжести тележки отрегулирован с равной нагрузкой на колеса. Подвеска крюка сделана таким образом, чтобы препятствовать перетиранию троса. Облегченный вес крюка способствует удобству при работе стропальщиков. Грузовой канат изготовлен из стальных составляющих повышенной прочности. Электрооборудование тали состоит из двигателей подъема-спуска, передвижения и сопутствующих им приспособлений. Кнопочный механизм создан для управления электротали таким образом, чтобы двигатели запускались только при непрерывном нажатии на кнопку. Такое устройство управления предохраняет обслуживающий персонал от несчастных случаев.

Перемещаются электротельфер с помощью электрического привода. Управление подъемным механизмом и электрической передвижной каретной осуществляется с пульта, подвешенного на гибком кабеле. Расстояние, на которое перемещается электротельфер с электрическим приводом каретки определяется длиной технологического процесса и может быть разным. Если расстояние незначительное, ток к механизму подводится гибким кабелем. Если длина пути не позволяет подвести к механизму силовой кабель, используется троллей, совокупность проводящего провода (шины) и поддерживающих конструкций, расположенные на монорельсе.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируют подъемно-транспортное оборудование, применяемое на предприятиях по функциональному назначению?
2. Как классифицируют подъемно-транспортное оборудование, применяемое на предприятиях по принципу действия?
3. Какие основные узлы электрического тельфера?

2.3.3. Устройство и принцип работы электрооборудования механизмов непрерывного транспорта

Механизмы непрерывного транспорта широко применяются в металлургическом производстве для механизации и автоматизации вспомогательных операций по транспортировке руды, топлива, сырья, деталей машин и т. д.

Устройства механизмов непрерывного транспорта более упрощены в эксплуатации и имеют расширенное применение, от перемещения грузов, материалов до перевозки пассажиров (эскалаторы). По количеству и длине трасс механизмы непрерывного транспорта нередко могут успешно конкурировать с автомобильным и железнодорожным транспортом.

Наиболее распространенными механизмами непрерывного транспорта являются конвейеры различных типов, конструкция которых определяется характером перемещаемых грузов, массой и скоростью их движения. Сыпучие грузы перемещаются ленточными конвейерами, штучные - пластинчатыми, роликовыми и подвесными. На промышленных предприятиях применяются ленточные и подвесные цепные конвейеры. Ленточные используются главным образом на металлургическом производстве, в горных разработках, топливоподачах теплоэлектростанций, в строительной и пищевой промышленности, подвесные цепные - на машиностроительных и химических заводах.

Рассмотрим конструкцию ленточного конвейера (рис. 2.3.3.1). Основными узлами его являются: I - натяжная станция; II - несущая конструкция с верхними 8 и нижними 9 опорными роликами, по которым движется текстильная прорезиненная лента 7; III, IV - разгрузочная и приводная тележки.

Двигатель 13 через ременную передачу 12 приводит во вращение ведущий барабан 11. Натяжная станция, обеспечивающая предварительное натяжение ленты, состоит из барабана 16, подшипники которого могут перемещаться вдоль горизонтальных направляющих 17, шкива 5, промежуточных блоков 3 и груза 2. Усилие, создаваемое грузом с помощью отводных тросов 4, передается шкиву 5. Последний поворачивается, вследствие чего тросы 18 наматываются на вал 1 и подтягивают к себе подшипники натяжного барабана 16. Загрузка конвейера осуществляется через бункер 6, выгрузка - с помощью разгрузочной тележки III в бункер 10 и отводящие рукава 14. Перемещение тележки вдоль направляющих часто осуществляется с помощью ведущей ленты 7, при этом вращаются барабаны 15, которые через систему передач приводят в движение валы ведущих колес тележки III. Иногда для привода разгрузочной тележки применяют отдельный двигатель.

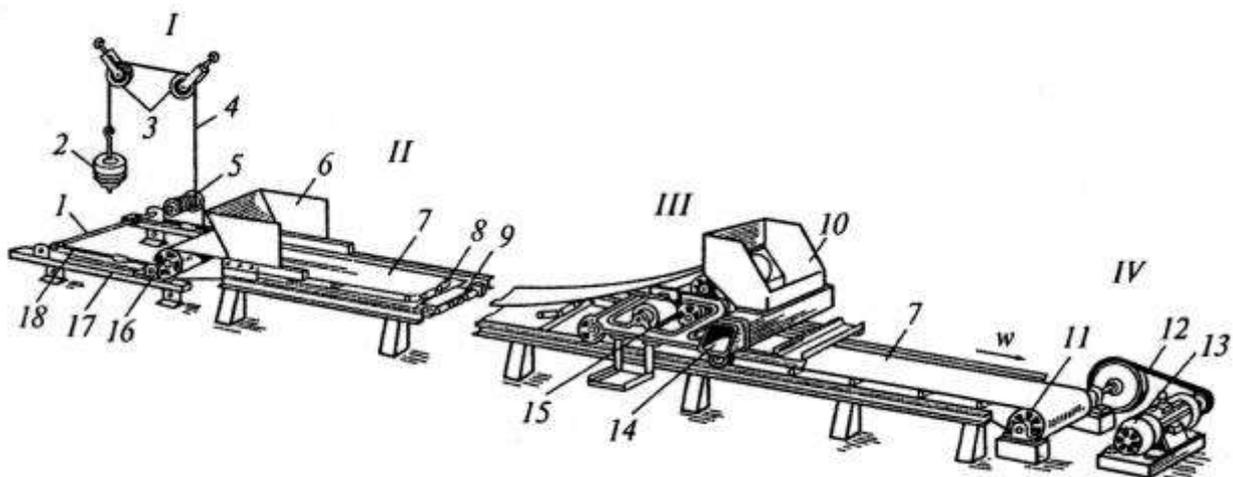


Рисунок 2.3.3.1. Ленточный конвейер

Такие конструктивные узлы, как приводная и натяжная станции, характерны не только для ленточного конвейера. Они являются необходимой частью цепных, канатных и других механизмов непрерывного транспорта.

Наиболее важной и дорогостоящей частью ленточных конвейеров является его ведущая часть - лента. Она ограничивает возможности конвейера в отношении температуры окружающей среды, характера транспортируемых грузов, т.к. легко подвергается термическому воздействию, пробоям, разрывам и износу. В связи с этим ленточные конвейеры применяются главным образом для транспортировки сыпучих грузов: руды, концентратов, топлива и других различных сыпучих материалов.

Условия эксплуатации:

- ✓ продолжительный режим работы без пауз за время включения
- ✓ редкие пуски и неизменное направление вращения
- ✓ преодоление статических моментов при пуске под нагрузкой (после внезапной аварийной остановки)
- ✓ влияние окружающей среды (перепад температур, агрессивная среда, запыленность и т. п.).

Требования к электроприводу:

- ✓ повышенный пусковой момент ($M_{\max}/M_{\text{ном}} = 1,6...1,8$)
- ✓ плавный пуск и торможение (для предотвращения пробуксовывания ленты или раскачивания груза у ленточных и подвесных)
- ✓ небольшое регулирование скорости в диапазоне 1:2 (для изменения темпа работы у поточных линий)
- ✓ согласованное вращение электроприводов (для нескольких конвейеров).

Электродвигатели с КЗ-ротором и повышенным пусковым моментом, односкоростные или многоскоростные (с переключением числа пар полюсов). Примечание - Для регулирования скорости однодвигательного привода конвейера применяются дополнительные вариаторы механические или регулируемые электрические и гидравлические муфты.

Электродвигатели с фазным ротором:

- на конвейерах, требующих повышенного пускового момента
- при многодвигательном приводе конвейеров (для выравнивания нагрузок отдельных двигателей)
- при обеспечении согласованного движения конвейеров.

Многодвигательный привод применяется при большой протяженности конвейеров.

Использование нескольких приводных станций позволяет избежать больших напряжений в механизмах, перегрузки участков, уменьшить габариты тягового органа и величину тяговых усилий.

При этом тяговый орган каждой приводной станции передает усилие, пропорциональное статическому сопротивлению только одного участка, а не всего конвейера.

Выбор места установки приводных станций определяется в соответствии с диаграммой изменения усилий натяжения.

Оптимальное количество приводных станций определяется технико-экономическими расчетами.

Приводные асинхронные электродвигатели с КЗ-ротором должны иметь одинаковые параметры, у асинхронных электродвигателей с фазным ротором характеристики в соответствие можно привести введением дополнительных сопротивлений в цепь их роторов.

Электропривод синхронного вращения.

Есть механизмы, привод которых состоит из одинаковых двигателей (два и более), требующих вращения с равными скоростями.

Примерами могут быть механизмы башенных кранов, створов разводных мостов, ворот шлюзов, конвейеров, где требуется согласованное вращение электродвигателей, а соединение их механическим валом невозможно.

В этом случае применяется электрическая связь между роторами асинхронных или синхронных двигателей, называемая электрическим валом.

Достичь этого можно, применяя специальные схемы.

При обосновании и выборе системы электропривода конвейерных установок следует принять во внимание, что наибольшее применение находит электропривод переменного тока на основе асинхронных двигателей. При коротких конвейерах небольшой производительности обычно используют асинхронные двигатели с глубокопазым короткозамкнутым ротором, имеющие повышенный пусковой момент. Предельная мощность этих электроприводов не превышает 100 - 200 кВт, так как вследствие падения напряжения в сети происходит значительное снижение пускового момента, что затрудняет запуск гружёного конвейера.

Релейно-контакторные устройства плавного пуска обладают существенным недостатком - большими потерями электрической энергии в процессе пуска, которая рассеивается в виде тепловой энергии на пусковых резисторах. В настоящее время всё большее распространение получают устройства плавного пуска, в ряде модификаций которых заложены также

функции торможения. Применение УПП обеспечивает: плавный пуск асинхронного двигателя с ограничением пускового тока и углового ускорения, защиту от механических ударов исполнительного механизма, позволяет регулировать время разгона и торможения. Устройства плавного пуска имеют множество применений: насосы, вентиляторы, компрессоры, конвейеры, тяжело нагруженные и инерционные механизмы.

Устройство плавного пуска представляет полупроводниковый регулятор напряжения на зажимах статора двигателя. Изменение напряжения осуществляется путём регулирования угла отпирания тиристоров, включённых по схеме встречно-параллельного соединения в каждой фазе обмотки статора двигателя. Функциональная схема УПП приведена на рис. 2.3.3.2, на котором приняты следующие обозначения:

ТК - тиристорный коммутатор; АД - асинхронный электродвигатель; СУ - система управления, включающая в себя формирователь управляющих импульсов; ФИ - драйверы, служащие для управления тиристорами, а также гальванического разделения силовых цепей и цепей управления; МК - микроконтроллер; УВВ - устройство ввода-вывода; ПУ - пульт управления; ИП - источник питания; ДТ1, ДТ2, ДТ3 - датчики тока, предназначенные для контроля, регулирования пускового тока и защиты от токов перегрузки и КЗ; ДН1, ДН2 - датчики напряжения, предназначенные для защиты от недопустимого превышения и снижения напряжения и регулирования напряжения на зажимах статора асинхронного двигателя.

Микроконтроллер является основным устройством УПП, управляет отпиранием тиристоров, работой встроенных в УПП реле, выполняет функции программной защиты и контроля как самого УПП, так и двигателя. Блок ФИ подаёт на тиристоры отпирающие импульсы, которые сдвинутые на изменяемый угол относительно момента естественной коммутации, благодаря чему напряжение на выходе УПП изменяется от нормально рабочего до нуля.

Запирание тиристоров происходит естественно - при изменении полярности синусоидального напряжения на его зажимах анод-катод.

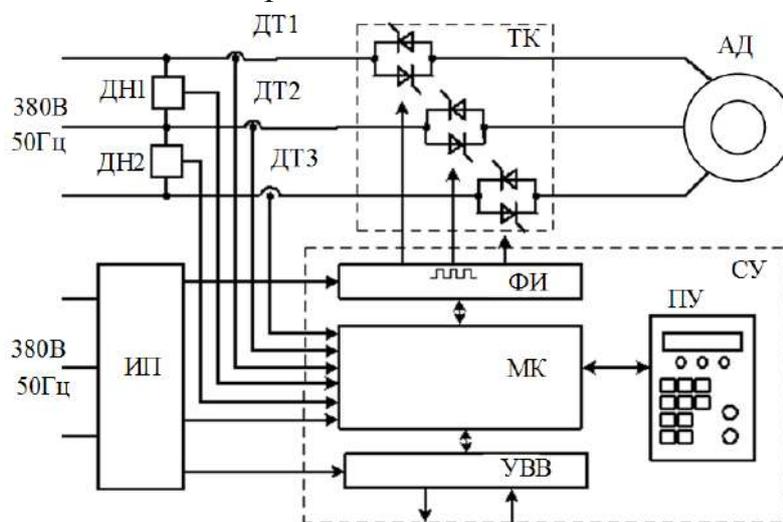


Рисунок 2.3.3.2 Функциональная схема устройства плавного пуска

Устройство плавного пуска осуществляет пуск электродвигателя плавным нарастанием напряжения на статоре при одновременном регулировании тока или момента. Преимуществом УПП по сравнению с традиционными способами пуска является предоставление пользователю широких возможностей программными средствами осуществлять настройку устройства для конкретного применения. Эти возможности обеспечиваются широким диапазоном регулирования параметров изменения напряжения на зажимах статора двигателя и выбором способа управления.

В УПП могут быть реализованы следующие способы управления: напряжением на зажимах статора, током двигателя, моментом двигателя.

Управление напряжением обеспечивает плавный пуск двигателя, однако ток и момент двигателя при пуске не контролируются. Поскольку отсутствует обратная связь по току и контроль момента двигателя, при пуске возможны броски тока (рис. 2.3.3.3(а)). Данный способ управления не пригоден для электроприводов с тяжёлым пуском.

Управление током обеспечивает при пуске ограничение пускового тока. Изменение напряжения на зажимах статора происходит таким образом, что в течение большей части времени пуска ток двигателя поддерживается постоянным (рис. 2.3.3.3(б)). Уровень ограничения пускового тока является основным параметром пуска и устанавливается пользователем в зависимости от конкретного применения.

Управление моментом является наиболее совершенным способом пуска. В этом случае УПП следит за требуемым значением момента, обеспечивая пуск с минимально возможным значением тока (рис. 2.3.3.3(в)). Применение системы управления с контролем момента двигателя обеспечивает линейный график изменения скорости во времени, т.е. пуск при постоянном ускорении.

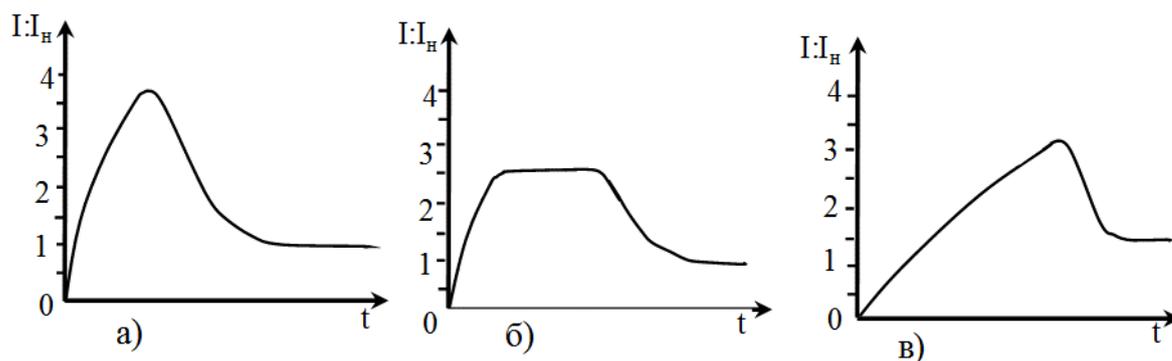


Рисунок 2.3.3.3. Графики изменения во времени тока при пуске электродвигателя от УПП при способах управления: а - напряжением на зажимах статора; б - током; в - моментом двигателя

Основные особенности работы электроприводов машин непрерывного транспорта для этих приводов, характерна продолжительная работа в течение значительных промежутков времени (смены или нескольких смен). Этим большинство электроприводов машин непрерывного транспорта резко отличается от других подъемно-транспортных машин, для которых

характерен циклический повторно-кратковременный режим работы. Загрузка машины, транспортирование и снятие груза в машинах непрерывного транспорта осуществляются, как правило, без остановок самой машины и без пауз в ее работе. Это существенно сказывается на расчете и выборе двигателей.

Для этих механизмов характерны относительно редкие пуски, которые обычно происходят несколько раз в сутки. Продолжительность их мало влияет на производительность машины. Во многих случаях продолжительность пуска специально увеличивают, чтобы при разгоне уменьшить перегрузки, ускорение груза на ленте, просыпание его, а также пробуксовывание ленты.

Направление вращения механизмов, вала электропривода машин непрерывного транспорта не изменяется. Конвейер обычно длительное время транспортирует сыпучие и кусковые материалы или штучные грузы в одном направлении, лишь некоторые машины непрерывного транспорта, например маятниковые канатные дороги, требуют частого реверса механизмов.

Конвейер, элеватор и другие машины непрерывного транспорта работают при определенной стабильной нагрузке. Переходы от холостого хода к предельным нагрузкам являются весьма редкими. Стабильна нагрузка линии непрерывного транспорта в машиностроении, приборостроении, при сборке радиоаппаратуры. Значительные перегрузки, особенно длительные, возникают в конвейерах, работающих на открытом воздухе в сложных атмосферных условиях. Они могут быть связаны со смерзанием материала, изменением температуры смазки механизмов.

Большое значение при выборе системы управления электроприводом ленточных конвейеров имеет правильный расчет упругих деформаций тягового органа и ускорений, которые могут возникнуть при переходных процессах.

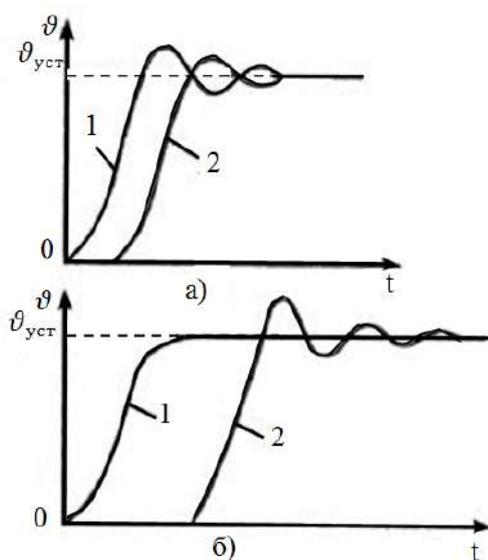


Рисунок 2.3.3.6. Диаграмма скорости различных участков ленточного конвейера при пуске: а - при малой длине конвейеров; б - при большой длине конвейеров

Рассмотрим графики изменения скорости при пуске двигателя на набегающей 1 и сбегающей 2 ветвях ленты (рис. 2.3.3.6).

Конвейер приводится в движение асинхронным короткозамкнутым двигателем, статический момент на валу двигателя принят постоянным. Характер изменения скорости в ветвях 1 и 2 конвейера в значительной степени зависит от протяженности ленты. При малой длине конвейеров (около нескольких десятков метров) графики изменения скорости ветвей 1 и 2 во времени будут близки друг к другу (см. рис. 2.3.3.6,а). При этом ветвь 2 начинает двигаться с некоторым отставанием по отношению к ветви 1 за счет упругой деформации ленты, однако скорости ветвей довольно быстро выравниваются, правда, с некоторыми колебаниями.

Несколько иначе происходит пуск ленточных конвейеров большой протяженности (около сотен метров). В этом случае трогание с места сбегающей ветви 2 конвейера может начаться после того, как приводной двигатель достигнет установившейся скорости (см. рис. 2.3.3.6,б). На ленточных конвейерах большой протяженности можно наблюдать отставание начала движения участков ленты на расстоянии 70...100м от набегающей ветви при установившейся скорости двигателя. При этом в ленте создается дополнительное упругое натяжение, а тяговое усилие к последующим участкам ленты прикладывается рывком.

По мере достижения всеми участками конвейера установившейся скорости снижается упругое натяжение ленты. Возврат запасенной энергии может привести к возрастанию скорости ленты по сравнению с установившейся и к ее колебаниям (см. рис. 2.3.3.6,б). Такой характер переходного процесса в тяговом органе крайне нежелателен, так как приводит к повышенному износу ленты, а в некоторых случаях и к ее разрыву.

В электроприводах ленточных конвейеров длиной до 3000м и мощностью до 100кВт, как правило, используются асинхронные короткозамкнутые двигатели. Достоинствами таких электроприводов являются простота и относительно низкая стоимость, недостатками - повышенный пусковой момент, следовательно, возможность появления больших натяжений и пробуксовки ленты.

Получили распространение и асинхронные электроприводы с муфтами скольжения (гидромуфты, электромагнитные муфты). Такие системы обеспечивают равномерное распределение нагрузки между двигателями в многодвигательном электроприводе и плавный пуск конвейера. В зарубежной практике находит применение двухдвигательный электропривод, в котором, кроме главного двигателя, устанавливается и вспомогательный меньшей мощности, который обеспечивает плавный разгон конвейерной ленты с уменьшенным ускорением. Мощность электропривода с короткозамкнутым асинхронным электродвигателем может достигать 200кВт.

Для более мощных электроприводов ленточных конвейеров наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели с фазным ротором. В таких приводах можно обеспечить одинаковую жесткость характеристик, что крайне важно для конвейерных электроприводов.

В случае, если характеристики двигателей неодинаковы, каждая машина может создавать тяговое усилие, отличающееся от расчетного. Рассмотрим механические характеристики трех двигателей одинаковой мощности, имеющих одинаковые параметры (рис. 2.3.3.7,а), и характеристики двигателей, имеющих разные параметры (см. рис. 2.3.3.7,б). Усилия, которые создают двигатели, находят построением суммарной характеристики 4. Так как роторы всех двигателей конвейера жестко связаны тяговым органом, то их скорость соответствует скорости движения конвейера, а суммарное усилие равно $F_H - F_0$. Тяговое усилие каждого двигателя легко рассчитать, проведя горизонтальную прямую, соответствующую номинальной скорости и пересекающую характеристики 1, 2, 3 и 4.

На рисунке. 2.3.3.7 кроме механических характеристик двигателей приведены диаграммы тяговых усилий. В тяговом органе при разных характеристиках двигателей может создаваться дополнительное натяжение, обусловленное разностью тяговых усилий, развиваемых двигателями конвейера.

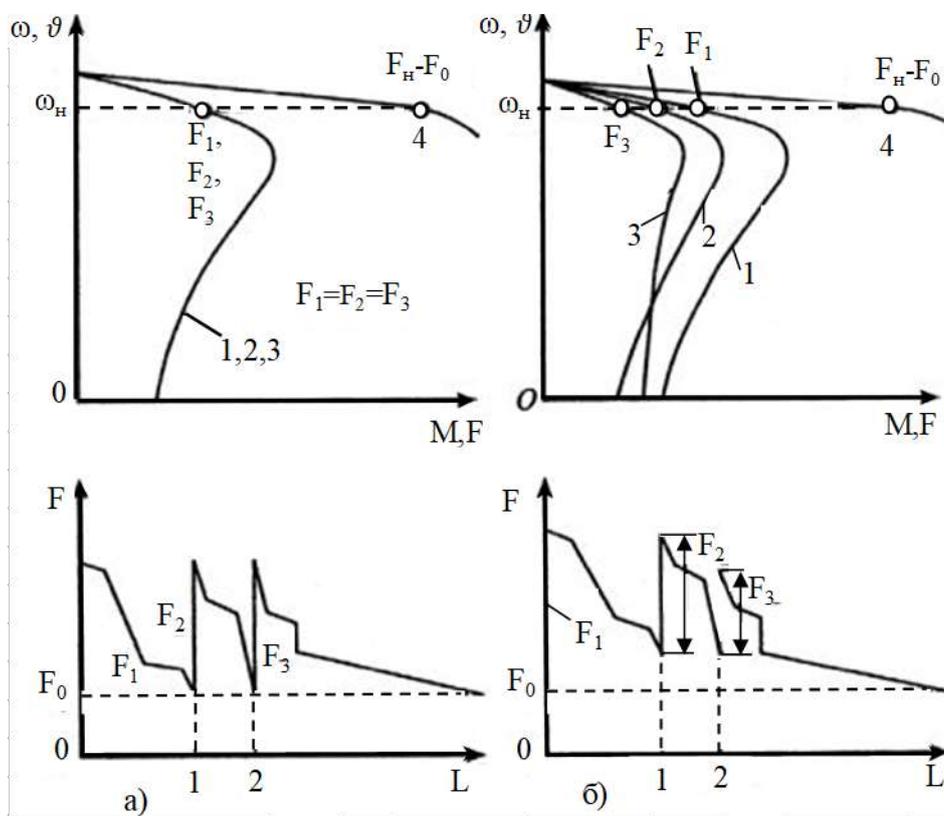


Рисунок 2.3.3.7. Механические характеристики электродвигателей
а – с одинаковыми характеристиками; б – с разными характеристиками

При выборе двигателей приводных станций конвейера следует проверять их характеристики и по возможности добиваться совпадения. Поэтому целесообразно применять асинхронные электродвигатели с фазным ротором, где соответствие характеристик может быть получено введением дополнительных сопротивлений в роторную цепь.

На рис. 2.3.3.7 приведены механические характеристики двухдвигательного электропривода конвейера. Характеристики 1 и 2 являются естественными, характеристики 1' и 2' получены введением в цепь ротора дополнительного сопротивления.

Суммарный момент и тяговое усилие, развиваемое двигателями, будут одинаковыми как при жестких (1,2), так и при мягких (1',2') характеристиках. Однако нагрузка между двигателями при мягких характеристиках распределяется более благоприятно.

Таким образом, при включении резисторов в роторные цепи асинхронного электродвигателя обеспечивается плавный пуск конвейера, а в случаях применения многодвигательного электропривода - равномерное распределение нагрузки между двигателями.

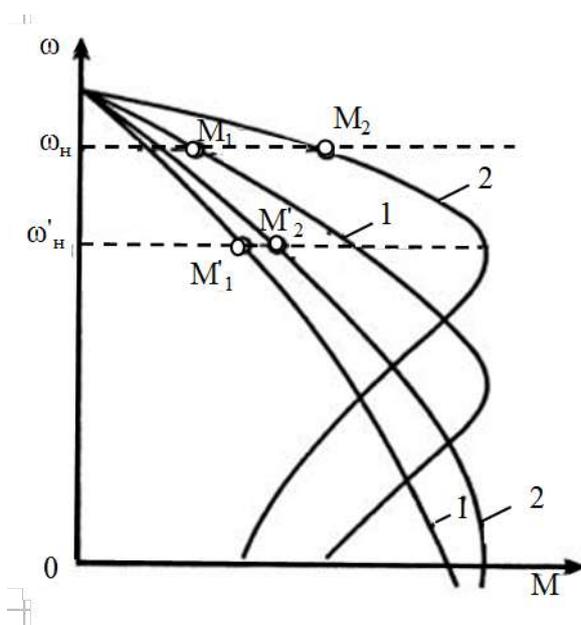


Рисунок 2.3.3.8 Механические характеристики двухдвигательного электропривода конвейера.

Для конвейеров во многих случаях следует использовать регулируемые электроприводы, перспективными из которых являются системы с асинхронными двигателями и частотным управлением, асинхронные вентильные каскады, электроприводы постоянного тока с тиристорными преобразователями. Применение линейных двигателей позволяет ликвидировать сложные и металлоемкие редукторные механические передачи и создать бесконтактные и безредукторные электроприводы.

Конвейерный транспорт широко применяется при проведении горных и геологоразведочных работ. В настоящее время на карьерах используются

конвейерные линии производительностью до 10 000м³/ч и протяженностью до 10...15км. Так как число конвейеров на линии может быть весьма значительным, применяется централизованное управление приводами конвейерных установок с автоматизированным пуском. В этом случае оператор подает только начальный командный импульс на пуск первого конвейера, а двигатели остальных конвейеров включаются автоматически в заданной последовательности.

Рассмотрим на примере основные принципы автоматизации конвейерных линий (рис. 2.3.3.9).

Конвейерная линия состоит из трех последовательно расположенных ленточных конвейеров. В качестве привода используется асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором.

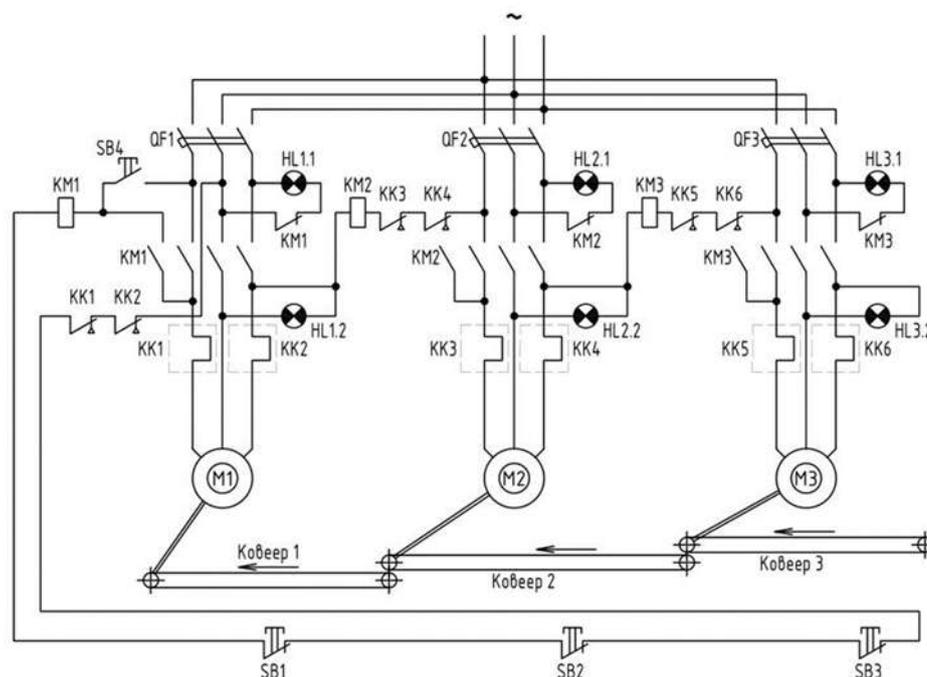


Рисунок 2.3.3.9 Схема автоматизации конвейерных линий.

Во избежание завалов перегрузочных устройств в многосекционном ленточном конвейере требуется определенная последовательность включения и отключения его двигателей. При пуске секции конвейера включаются поочередно, начиная с хвостового участка разгрузки, в порядке, противоположном направлению грузопотока. Команда на запуск следующего конвейера выдается после того, как грузонесущий орган включившегося конвейера разогнался до номинальной скорости. Такая блокировка осуществляется с помощью реле скорости, контролирующего движение грузонесущего органа.

Схема управления содержит блокировку, которая обеспечивает при аварийной остановке одного из конвейеров автоматическую остановку всех конвейерных линий, подающих груз на аварийно-остановившийся.

Остальные конвейеры продолжают работать, чтобы освободить тяговый орган от груза.

Время пуска конвейеров контролируется. При затянувшемся пуске конвейер должен отключиться и предотвратить запуск остальных конвейеров. Затянувшийся пуск свидетельствует о неисправности электропривода либо о проскальзывании ленты, которое может привести к ее возгоранию.

Схема управления должна обеспечивать аварийную остановку конвейера и всех конвейеров, подающих груз на аварийно-остановившийся при затянувшемся пуске конвейера, снижении скорости ленты конвейера, обрыве тягового органа, перегрузке электродвигателя конвейера, перегреве подшипников приводных барабанов, образовании завала в местах перегрузки, сходе ленты конвейера. Она также должна обеспечивать возможность остановки конвейерной линии из нескольких точек.

Схема содержит следующие средства автоматического контроля и защиты конвейерной линии (см. рис. 2.3.3.9):

- реле максимального тока КА1...КА6;
- тепловые реле FR1...FR6 для защиты от перегрузки электродвигателей;
- тепловые реле FR7...FR9 для защиты от перегрева приводных барабанов;
- реле скорости, состоящее из тахогенераторов BR1...BR3 и реле напряжения KV1... KV3, необходимые для контроля скорости ленты и ее защиты от обрыва;
- датчики контроля схода ленты КСЛ1...КСЛ3;
- датчики контроля SQ1...SQ3 для защиты от завала мест пересыпа горной массы с конвейера на конвейер.

В схеме управления предусмотрена световая сигнализация. Включенные красные лампы HL2, HL4, HL6 указывают на отключенное состояние электродвигателя и конвейера, зеленые HL1, HL3, HL5 - на рабочее состояние.

Остановить конвейерную линию можно из нескольких точек трассы воздействием на одну из кнопок SB5...SB7.

Перед пуском конвейерной линии должны быть включены автоматы QS1...QS3. На схему управления подается напряжение, что приводит к срабатыванию реле времени КТ1...КТ3 и замыканию нормально разомкнутых контактов КТ1.1...КТ3.1.

Отметим, что реле времени является реле постоянного тока. Поэтому напряжение на катушки реле времени КТ1...КТ3 подается через выпрямительные диоды VD1...VD3.

Рассмотрим пуск конвейерной линии. Сначала нажатием на кнопку SB1 запускается электродвигатель М1. По цепи SB2, SB1, КТ1.1, КМ1, КА1, КА2, FR1, FR2, КСЛ1, SQ1, FR7, KV1.3, SB5, SB6, SB7 подается напряжение на катушку контактора КМ1. Контакт КМ1 срабатывает и замыкает свои

линейные контакты КМ1.1 в цепи статора электродвигателя М1. Двигатель запускается и приводит в движение ленту конвейера. Одновременно с этим замыкаются блок-контакты КМ1.2, шунтирующие кнопку SB1 и контакт КМ1.3, включающий лампу сигнализации НЛ1, указывающую на рабочее состояние первого конвейера. Размыкание контакта КМ1.4 приводит к снятию напряжения с катушки реле времени КТ1, которое контролирует время, необходимое для разгона двигателя до максимальной частоты вращения.

Лента конвейера, пришедшая в движение, приводит во вращение вал тахогенератора ВР1. По достижении лентой конвейера максимальной скорости реле КV1 срабатывает и замыкает свои контакты КV1.1 в цепи, шунтирующей контакт реле времени КТ1.1, и КV1.2 в цепи управления следующего конвейера.

Реле времени КТ1 контролирует время пуска. По истечении заданного времени реле КТ1 отпускает свой якорь и вызывает размыкание своего контакта КТ1.1 в цепи контактора КМ1. Однако контактор КМ1 продолжает получать питание через замкнутый контакт КV1.1.

Если лента за время, необходимое для пуска, по каким-либо причинам не достигнет своей максимальной скорости, то контакт КТ1.1 разомкнется до того, как замкнется контакт КV1.1. Двигатель М1 остановится, так как цепь питания катушки контактора КМ1 разомкнется.

В случае нормального пуска первого конвейера замкнется контакт КV1.2 в цепи управления второго конвейера. По цепи SB3, КV1.2, КТ2.1, КМ2, FR4, FR3, КА4, КV3, КА3, КСЛ2, FR8, SQ2 подается напряжение на катушку контактора КМ2. Последний срабатывает и замыкает свои контакты КМ2.1 в цепи статора второго двигателя М2. Пуск второго конвейера контролирует реле времени КТ2 и скорости КV2 аналогично рассмотренному случаю.

Таким образом, блокировки из реле скорости КV1...КV3 и реле времени КТ1...КТ3 позволяют осуществить контроль времени пуска конвейеров.

Остановить конвейерную линию можно из любой точки трассы воздействием на одну из кнопок SB5, SB6 или SB7 либо из пункта управления кнопкой SB2.

При срабатывании одного из видов защиты останавливается не только конвейер, на котором произошла авария, но и конвейеры, подающие груз на аварийно остановившийся. Например, остановка второго конвейера приводит к отключению реле скорости КV2 и размыканию его контакта КV2.2 в цепи питания контактора КМ3, вследствие чего останавливается третий конвейер. Первый конвейер, который находится после второго по направлению потока груза, остается работающим.

Перспективным направлением в области автоматизации конвейерного транспорта является использование микропроцессорной техники. Микропроцессорная техника позволяет уменьшить размеры и массу

аппаратуры управления, расширить диапазон решаемых задач управления, обеспечить контроль технического состояния различных узлов конвейерной установки и системы управления. Наиболее эффективно применение микропроцессорной техники на крупных разветвленных конвейерных линиях с большим числом маршрутов и конвейеров. В этом случае микроЭВМ, получая информацию о количестве вырабатываемой горной массы, может подавать команды на изменение скорости движения ленты каждого конвейера и маршрутов, обеспечивая равномерную загрузку магистральных конвейеров большой мощности. Одновременно микроконтроллер, получая информацию от соответствующих датчиков, своевременно определяет причину и место. Для ограничения бросков тока в сети, а также некоторого снижения момента двигателя и ускорения электропривода при пуске в цепь статора двигателя вводится дополнительное сопротивление.

Для конвейеров, которые выполняют часть функций в общем технологическом процессе производства, автоматизация подчинена задачам комплексной автоматизации данного производства. Входящие в технологические комплексы конвейерные установки могут представлять собой сложные поточно-транспортные системы большой протяженности.

Элементы схемы управления приводом конвейера, расположенные на пульте местного управления, приведены на рис. 2.3.3.10. При централизованном управлении из диспетчерского пункта включение и отключение контактора пуска КП выполняется соответственно с помощью реле РУВ и РУО. При переводе переключателя ПР в положение МУ (местное управление) приводную станцию можно отдельно включать и выключать с помощью кнопок «Вкл.» и «Откл.». Переключатель ПУ позволяет, отключив привод от дистанционного управления, связаться по телефону ТФ с диспетчерским пунктом.

В общем случае в зависимости от характера технологического процесса система автоматизации комплекса конвейерных линий промышленного предприятия должна осуществлять, включение и отключение различных конвейеров в определенной последовательности в строгом соответствии с производственным процессом; обеспечение требуемой скорости транспортировки грузов и при крайне важности согласование значений скорости различных конвейеров, а также технологические и аварийные блокировки оборудования.



Рисунок 2.3.3.10 Элементы схемы управления пуском и остановкой конвейера на пульте местного управления

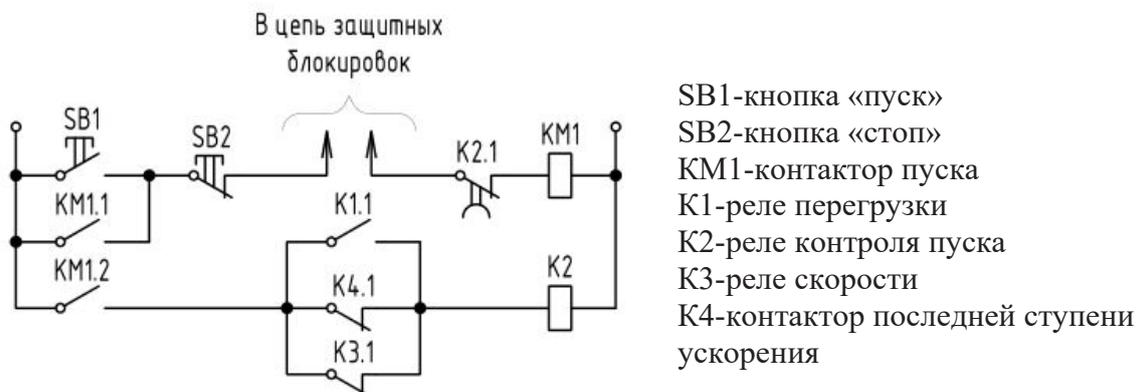


Рисунок 2.3.3.11 Схема узла контроля пуска конвейера

Первые две защиты реализуются с помощью конечных выключателей и реле скорости. Следует иметь в виду, что из-за возможного проскальзывания каната или ленты на приводном шкиве или барабане скорость двигателя еще не характеризует скорость тягового элемента, в связи с этим датчики скорости должны фиксировать движение именно тягового элемента. Для этого они устанавливаются либо на опорном ролике для конвейеров (обычно на его обратной нерабочей ветви) либо на отводном шкиве для канатных дорог.

В качестве датчика скорости широко используются бесконтактные индукционные датчики, в которых вращающийся ротор - постоянный магнит создает в неподвижной статорной обмотке ЭДС, пропорциональную скорости. При обрыве тянущего элемента реле скорости дает сигнал на отключение электропривода. В механизмах, транспортирующих людей (к примеру, канатные дороги), дополнительно включаются ловители, не позволяющие кабине разогнаться под уклон. Защита от чрезмерного увеличения скорости работает аналогично и выполняется с помощью реле центробежного типа.

Пуск конвейеров из-за больших инерционных масс и статических нагрузок отличается значительной продолжительностью и сопровождается существенным нагревом двигателей. Перегрузка конвейера, пониженное напряжение питания, некоторые виды неисправности в механическом и электрическом оборудовании могут приводить к дополнительному затягиванию процесса пуска и вследствие этого к недопустимому превышению температуры двигателя.

Вместе с тем перегрузка ленточных или канатных конвейеров может привести к пробуксовыванию тягового элемента на приводном органе. При этом закончившийся процесс пуска двигателя не выводит конвейер на рабочую скорость, а затянувшееся буксование приводит к порче тягового элемента, в связи с этим во всех случаях затянувшегося пуска конвейера сверх регламентированного времени привод крайне важно отключить. Это осуществляется автоматически с помощью узла контроля пуска (рис 2.3.3.11).

Контактор пуска КП включает силовую цепь двигателя, а также реле контроля пуска РКП, выдержка времени срабатывания, которого незначительно превышает время нормального пуска. В конце процесса пуска цепь РКП разрывается контактом контактора последней ступени ускорения при условии ток двигателя снизился до расчетного значения и реле перегрузки РП отключилось; тяговый элемент приобрел рабочую скорость и размыкающий контакт реле скорости РС разомкнулся.

При отключении цепи питания реле РКП оно прекращает отсчет времени и его контакт в цепи КП остается замкнутым. При затянувшемся пуске цепь питания РКП остается включенной через контакт РП при перегрузке двигателя или через контакт РС при буксовании приводного элемента. По истечении выдержки времени РКП оно срабатывает, отключает контактор и пуск прекращается.

Чтобы избежать завалов перегрузочных устройств в многосекционном ленточном конвейере, требуется определенная последовательность включения и отключения его двигателей. При пуске секции конвейера включаются поочередно, начиная с хвостового участка разгрузки, в порядке, противоположном направлению грузопотока. При остановке секции конвейера отключаются в порядке следования участков по направлению грузопотока, начиная от головного участка загрузки.

Поочередное включение двигателей позволяет одновременно уменьшить пусковые токи в питающей сети. Поочередный пуск конвейерных линий целесообразно выполнять в функции скорости тягового элемента. Это гарантирует включение каждой последующей секции после выхода предшествующей на уровень рабочей скорости. Остановка конвейеров при условии полной разгрузки всех секций и исключения завалов перегрузочных бункеров выполняется по принципу времени. При этом сначала прекращается загрузка головной секции, а выдержки времени на поочередное отключение секций соответствуют длительности, крайне важной для полной

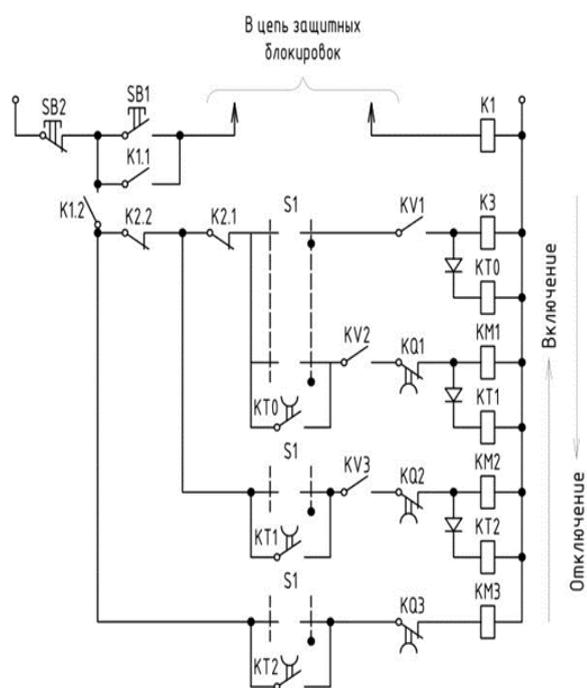
разгрузки каждой секции. В случае если в процессе работы отключится одна из линий, то должны поочередно отключиться все предшествующие по направлению грузопотока линии.

Принципиальная схема управления, обеспечивающая указанные операции для трех конвейерных линий, изображена на рис. 3. Пуск конвейера осуществляется с центрального пульта универсальным переключателем УП при условии, что защитная цепь реле готовности пуска РГП замкнута. При этом, как следует из схемы, вначале включается пусковой контактор двигателя хвостового участка КПЗ. Двигатель второго участка включится после того, как скорость третьего участка достигнет рабочего значения и сработает реле скорости РСЗ.

Двигатель загрузочного участка включится после окончания пуска второго участка, когда сработает реле скорости РС2 и получит питание КП1. В последнюю очередь включается реле загрузочного бункера РЗБ, подающее команду на загрузку конвейера.

Отключение двигателей с помощью УП происходит в обратном порядке, но уже в функции времени. С начала отключается РЗБ, дающее команду на закрывание загрузочного бункера, далее через выдержки времени реле РВ0, РВ1, РВ2 поочередно отключаются КП1, КП2, КП3 и соответствующие им двигатели.

В схеме предусмотрена защита от завалов перегрузочных бункеров, отключающая с помощью контактов РБ1 и РБ2 участки конвейеров, которые предшествуют переполненному бункеру, а также загрузочный бункер.



- SB1-кнопка «пуск»
- SB2-кнопка «стоп»
- S1- универсальный выключатель
- K1- реле готовности
- K2- реле защиты от завалов перегрузки бункеров
- K3- реле загрузочного бункера
- KV1- реле скорости первого участка
- KV2- реле скорости второго участка
- KV3- реле скорости хвостового участка
- KQ1- реле контроля пуска первого участка
- KQ2- реле контроля пуска второго участка
- KQ3- реле контроля пуска хвостового участка
- KM1- реле пуска первого участка
- KM2- реле пуска второго участка
- KM3- реле пуска хвостового участка
- KTO – реле времени
- KT1 – реле времени
- KT2 – реле времени

Рисунок 2.3.3.12. Схема управления поочередным пуском многосекционного ленточного конвейера

Для данной защиты находит применение электродный датчик уровня материала в бункере (рис.2.3.3.13.). При замыкании электрода на землю транспортируемым материалом срабатывает реле РБ, подключенное к выходу усилительного устройства датчика ЭУ. Высокая чувствительность датчика (до 30 мОм) позволяет его использовать практически для любого транспортируемого материала.

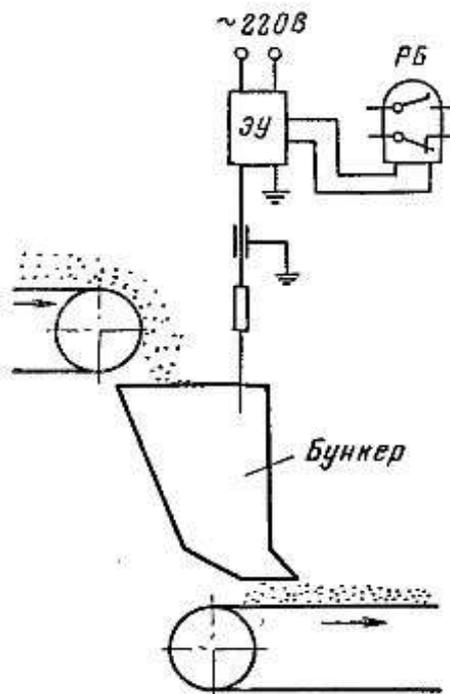


Рисунок 2.3.3.13. Электродный датчик уровня загрузки бункера.

Нарушения в работе оборудования могут привести к нарушению всего технологического процесса (конвейеры) или к опасности для жизни людей (канатные дороги, эскалаторы). По этой причине в схемах автоматизации данных установок применяется большое число защитных блокировок. Наиболее типовые из них, обусловленные особенностями работы данных механизмов, выполняют следующие функции:

1. Контроль исправного состояния тягового элемента (ленты, каната, цепи) и отключение установки при чрезмерной вытяжке тягового элемента, слабом натяжении, сходе с направляющих роликов, отводных барабанов и шкивов.
2. Отключение установки при чрезмерном повышении скорости.
3. Отключение установки при затянувшемся пуске.
4. Предупреждение завалов бункеров загрузочных и перегрузочных устройств.
5. Обеспечение требуемой последовательности пуска и остановки механизмов технологического комплекса.

Контрольные вопросы:

1. Какие механизмы непрерывного транспорта вы знаете?
2. Расскажите про конструкцию ленточного конвейера.

3. Как работает схема устройства плавного пуска?

4. Раскройте основные принципы автоматизации конвейерных линий.

2.3.4. Устройство и принцип работы электрооборудования компрессоров, вентиляторов, насосов

Насосные установки применяются на производстве для обеспечения технологического процесса предприятия и жизнедеятельности работающего коллектива.

Насосы работают в системе водоснабжения и канализации, перекачивают агрессивные, нефтехимические продукты, технологические жидкости и т.п.

По принципу действия насосные установки можно разделить на три группы: поршневые, центробежные, вихревые и оседиагональные.

Поршневые предназначены для перекачивания жидкости при больших высотах всасывания (до 6 м) с небольшой производительностью.



Рисунок 2.3.4.1. Вид поршневого насоса

Простейший принцип работы определяет длительную и стабильную работу. Стоит учитывать, что поток, создаваемым подобным устройством, может двигаться с различной скоростью. Слишком большой объем рабочей камеры приводит к тому, что поток будет передвигаться скачками. Для того чтобы исключить появление подобного эффекта проводится установка устройства с несколькими поршнями.

Принцип работы поршневого насоса:

1. Механизм имеет подвижный элемент, который совершает возвратно-поступательное движение. Он изготавливается при применении современных материалов, за счет которых существенно повышаются изоляционные качества.
2. Подвижный элемент находится в изоляционном контейнере цилиндрической формы. При движении поршень создает разреженный воздух в рабочей камере, за счет чего происходит всасывание жидкости из трубопровода.

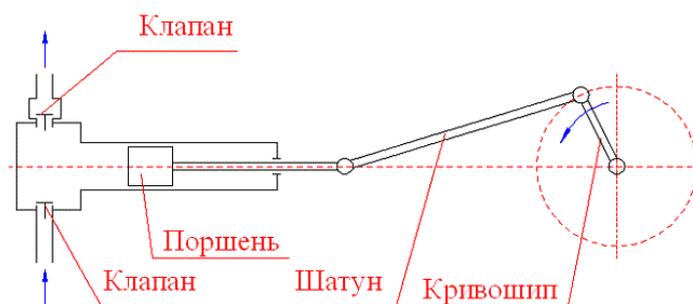


Рисунок 2.3.4.2. Принцип действия поршневого насоса

3. Обратное движение подвижного элемента приводит к выдавливанию жидкости в отводящую магистраль. Устройство клапанов не позволяет попасть жидкости во всасывающую магистраль на момент ее выталкивания.

Все поршневые насосы характеризуются неравномерностью хода и пульсации нагрузки (при всасывании жидкости - холостой ход, а при сжатии - рабочий), поэтому жидкость в напорном трубопроводе течет неравномерно.

Для сглаживания пульсаций нагрузки и повышения равномерности хода в одном насосе применяют несколько рабочих цилиндров, а на валу устанавливают маховик.

Поршневые насосы во избежание гидроудара и поломки пускаются только при открытых задвижках на напоре.

Поршневой насос запускается в ход под нагрузкой, что требует установку электропривода с повышенным пусковым моментом.

Для нормальной эксплуатации поршневых насосных установок необходимы вспомогательные системы (системы водяного охлаждения и смазки).

Центробежные предназначены для перекачивания жидкости при малых высотах всасывания с большой производительностью.

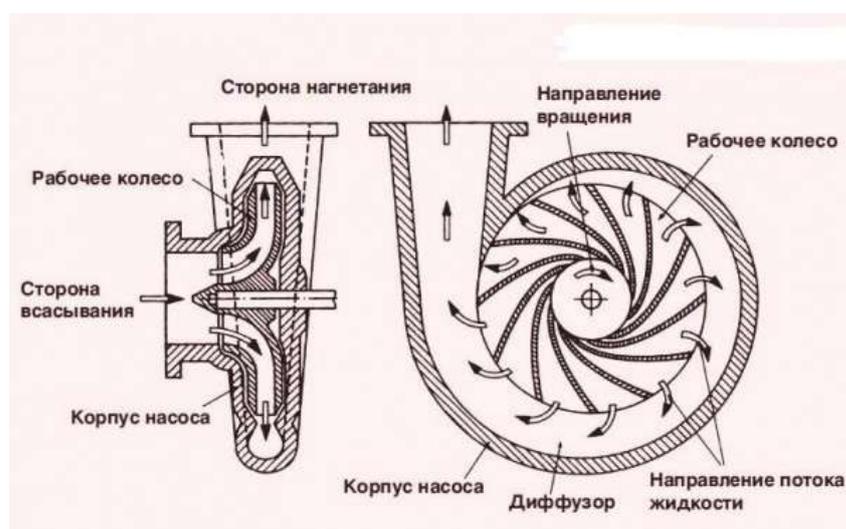


Рисунок 2.3.4.3. Вид центробежного насоса

В данном виде устройств основным рабочим элементом является диск, на котором зафиксированы лопатки. Они имеют наклон в сторону, противоположную направлению движения. Лопатка закрепляется на валу, который приводится в движение электрическим двигателем. В конструкции может быть использовано одно или два колеса. Во втором случае лопатки соединяют их между собой.

Принцип действия центробежного насоса основан на том, что вода через входной патрубок поступает в рабочую камеру. Среда, захваченная вращающимися лопатками, начинает двигаться вместе с ними.

Центробежная сила перемещает воду от центра колеса к стенкам камеры, где создается повышенное давление. За счет него вода выбрасывается через выходное отверстие. Благодаря тому, что вода движется постоянно, насосы такого типа не создают пульсацию в водопроводе.

Особенностью насосов является необходимость заполнения полости жидкостью перед пуском, в противном случае, насос не будет перекачивать жидкость из-за «разрыва струи».

Производительность центробежных насосов можно регулировать следующими способами:

- дросселированием трубопровода (например, закрывать задвижки на напорной магистрали);
- изменением угловой скорости, приводного электродвигателя, например- изменением напряжения в цепи статора АД;
- изменением числа работающих на магистраль агрегатов;
- изменением положения рабочего органа механизма (поворот лопаток рабочего колеса).

На насосных агрегатах небольшой мощности обычно применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, питаемые от сети 380 В. Для привода насосов мощностью свыше 100 кВт устанавливают асинхронные и синхронные двигатели на 6 и 10кВ с прямым пуском, т. е. с включением на полное напряжение сети.

В настоящее время для возбуждения СД применяют только полупроводниковые статические или бесщеточные системы возбуждения.

Наряду с аппаратурой общего назначения для пуска, переключения и управления, в системах автоматизации применяется специальная аппаратура.

Электрооборудование и автоматизация компрессоров. Наибольшее применение для приводов компрессоров получили асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и синхронные двигатели. Регулирование производительности компрессоров в этих случаях осуществляется путем автоматического открывания всасывающих клапанов с помощью регулятора давления. Регулирование производительности может осуществляться периодическим включением компрессорных агрегатов с учетом графика нагрузки и давления в воздухопроводах, которое контролируется специальным манометром, контакты манометра вводятся в схему управления двигателем.

Компрессоры предназначены для получения сжатого воздуха или газа с повышенным давлением с целью его использования в пневматических устройствах (пневмоустановки, пневмоинструмент, пневмоавтоматика и т.п.).

Центробежные компрессоры создают давление воздуха на напоре от $1,5 \div 10,5$ МПа при высокой производительности и не требуют дополнительных систем для обеспечения нормальной работы.

Они просты по устройству, надежны в эксплуатации.

Турбинные и ротационные центробежные компрессоры отличаются конструкцией роторов и корпусов.

Пластинчатые компрессоры выполняются для подач до 500 м³/мин и при двух ступенях сжатия с промежуточным охлаждением создают давление до 1,5 МПа.

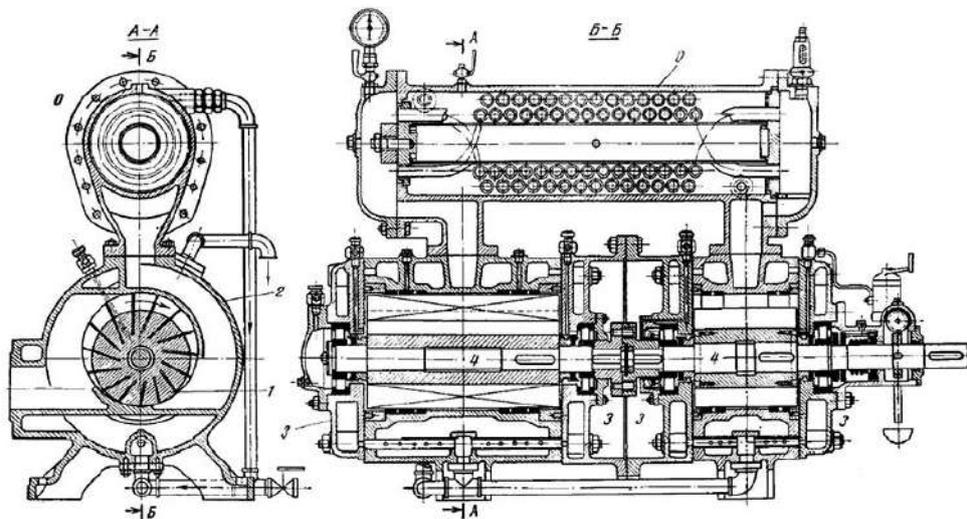


Рисунок 2.3.4.6. Вид центробежного компрессора

Основные элементы конструкции: ротор 1, корпус 2, крышки 3, охладитель О и валы 4. Корпус и крышки компрессора охлаждаются водой. У конструктивных элементов имеются некоторые особенности. Для уменьшения потерь энергии механического трения концов пластин о корпус в нем располагают два свободно вращающихся в корпусе разгрузочных кольца.

С целью уменьшения сил трения в пазах, пластины располагают не радиально, а отклоняя их вперед по направлению вращения. При этом направление силы, действующей на пластины со стороны корпуса и разгрузочных колец, приближается к направлению перемещения пластины в пазах и сила трения уменьшается.

Винтовые компрессоры стоят на подаче до 20 000 м³/ч.

Роторно-лопастной компрессор чаще всего соединяют с электродвигателем напрямую, и частота его вращения составляет 1450, 960, 750 об/мин. Для регулирования подачи в этом случае требуется добавить между валами двигателя и компрессора вариатор скорости.

Частота вращения винтовых компрессоров очень высокая, достигающая в случае привода от газовых турбин 15 000 об/мин. Такой воздушный роторный компрессор обычного исполнения способен работать с частотой вращения 3000 оборотов в минуту.



Рисунок 2.3.4.7. Электродвигатели винтовых компрессоров

Ротационные компрессоры работают по тому же принципу, что и поршневые машины, т.е. по принципу вытеснения. Основная часть энергии, передаваемой газу, сообщается при непосредственном сжатии.

Сущность действия ротационного компрессора заключается в том, что независимо от его конструктивных особенностей, всасывание газа или воздуха производится той полостью компрессора, объем которой увеличивается при вращении ротора. Засасываемый газ попадает в замкнутую камеру, объем которой, перемещаясь при вращении ротора, уменьшается. Сжатие за счет уменьшения объема приводит к увеличению давления и выталкиванию газа в нагнетательный патрубок.

Ротационные нагнетатели, развивающие избыточное давление до 0,28 - 0,3 МПа (при атмосферном давлении на входе), называют воздуходувками, а создающие более высокое давление - компрессорами.

Ротационный компрессор и воздуходувки имеют ряд преимуществ перед поршневыми:

- уравновешенный ход из-за отсутствия возвратно-поступательного движения;
- возможность непосредственного соединения с электродвигателем;
- равномерная подача газа;
- меньший вес конструкции;
- отсутствие клапанов.

Вместе с тем, по сравнению с поршневыми, ротационные компрессоры имеют более низкий механический КПД, развивают более низкое давление, требуют более высокой точности изготовления.

Наибольшее распространение в различных отраслях пищевой промышленности получили два типа ротационных машин:

Ротационно-пластинчатые компрессоры – применяются для создания относительно высокого давления до 0,4 МПа. Если установить последовательно два ротационных пластинчатых компрессора с промежуточным охлаждением воздуха, то можно обеспечить давление до 0,7 МПа и более. Одноступенчатый пластинчатый компрессор работая как вакуум-насос, может создавать вакуум до 90%, а при особой тщательности изготовления и монтажа – до 95%.



Рисунок 2.3.4.8. Вид ротационного винтового компрессора

Ротационный винтовой компрессор в настоящее время в основном используется в холодильной технике. Принцип его работы схож с работой винтового насоса и состоит в следующем. Когда вращаются винты, то на стороне выхода зубьев из зацепления освобождаются так называемые впадины – полости между зубьями. Из-за создаваемого компрессором разрежения эти полости заполняются паром, поступающим из всасывающего патрубка. В момент, когда на противоположном торце роторов полости полностью освобождаются от заполняющих их зубьев, объем полости всасывания достигает максимальной величины. Пройдя всасывающее окно, полости разъединяются с камерой всасывания.

По мере входа зуба ведомого ротора во впадину ведущего занимаемый газом объем уменьшается и газ сжимается. Процесс сжатия паров в парной полости продолжается до тех пор, пока уменьшающийся объем со сжатым паром не подойдет к кромке окна нагнетания.

Ротационный компрессор с двумя вращающимися поршнями используется как низконапорные воздуходувки с избыточным давлением 0,06 – 0,08 МПа. Такой компрессор, работая как вакуум насос, создает вакуум до 70%.

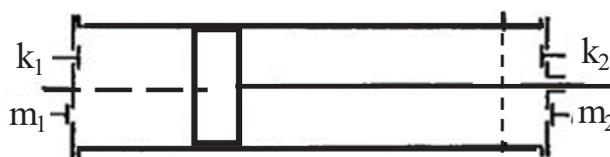


Рисунок 2.3.4.9. Принцип работы ротационного компрессора.

Ротор компрессора расположен эксцентрично в цилиндре. В роторе сделаны радиальные прорезы, в которых свободно перемещаются пластины. При вращении ротора по часовой стрелке через патрубок 1 происходит всасывание, а через патрубок 6 - нагнетание газа.

Благодаря эксцентричному расположению ротора при его вращении образуется серповидное пространство, разделенное пластинами на отдельные камеры. Пластины выходят из пазов ротора вследствие действия центробежной силы и прижимаются к стенкам цилиндра, т.к. крышки компрессора примыкают к торцевым поверхностям ротора с малым зазором, отдельные камеры, на которые делится серповидное пространство, оказываются изолированными, увеличивающимися до некоторого объема, а затем уменьшающимися.

Вследствие того, что объем газа в камерах левой части серповидного пространства увеличивается, всасывание происходит через патрубок 1, а нагнетание через патрубок 6, так как при дальнейшем перемещении ротора происходит уменьшение объема газа в камерах и его выталкивание. Для уменьшения трения центробежная сила пластин воспринимается двумя разгрузочными кольцами 2, которые охватывают пластины и свободно вращаются в цилиндре. В зазор между внешней поверхностью разгрузочных колец и внутренней поверхностью выточек в цилиндре через отверстия подается масло. Число пластин в таких компрессорах обычно бывает не менее двадцати, чтобы уменьшить перепад давления между камерами и этим ослабить перетекание газа и увеличить объемный КПД.

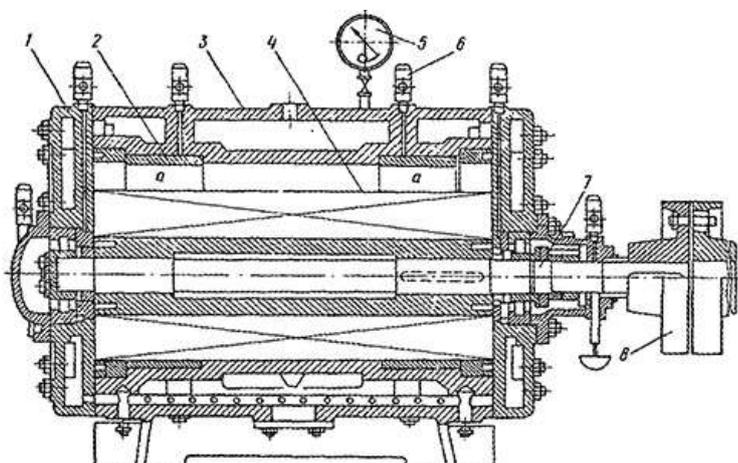


Рисунок 2.3.4.10. Вид пластинчатого компрессора

Для предотвращения чрезмерного износа цилиндра и пластин окружная скорость на внешней кромке пластин должна быть не больше 10 – 12 м/с. Для обеспечения плотного прилегания пластин к внутренней поверхности цилиндра необходимо, чтобы минимальная окружная скорость была в пределах 7-7,5 м/с. Поэтому изменение частоты вращения ротационных компрессоров допустимо только в определенных пределах.

Для обоих типов оборудования в составе компрессорной установки применяются способы регулирования подачи дросселированием на

всасывании, перепуском сжатого газа во всасывающий трубопровод и периодическими остановками.

Устройства автоматизации. Основным устройством, контролирующим давление воздуха в магистрали и формирующим сигнал в схему управления является электроконтактный манометр.

Компрессорные установки большой мощности и большого давления (поршневые) обслуживаются вспомогательными системами, обеспечивающие защиту компрессорной установки при отказе.

Отказ системы водяного охлаждения контролируется струйным реле, а системы смазки - реле давления масла.

При сжатии воздух нагревается, то необходимо не только его охлаждать, но и контролировать температуру воздуха датчиками температуры и формировать аварийно-предупредительные сигналы.

Все сигналы, сформированные устройствами автоматизации, вводятся в релейно-контактные схемы управления электроприводом.

Электрооборудование и автоматизация вентиляторов

Вентиляторы предназначены для вентиляции производственных помещений, отсасывания газов, подачи воздуха или газа в камеры электропечей и поддержания температуры в заданных пределах подразделяются на приточные, вытяжные и приточно-вытяжные.

Устройство вентиляционной установки приточного типа имеет свои конструктивные особенности. В стандартную комплектацию приточной установки входят:

- вентилятор (осевой, центробежный, радиальный);
- воздухозаборный клапан (ручной или с электроприводом), перекрывающий поступление наружного воздуха при отключении системы вентиляции;
- фильтр очистки приточного воздуха;
- водяной или электрический калорифер (нагреватель);
- в отдельных случаях – охладитель;
- шумоглушитель;
- автоматика.

Вытяжная установка предназначена для удаления из помещения отработанного воздуха. Она может быть общей или локальной. Локальные вытяжки устанавливаются в местах повышенного скопления вредных веществ (над плитами, духовыми шкафами, мойками, в цехах с вредными факторами производства и т.п.)

Самая простая механическая система вытяжной вентиляции состоит из одного канального вентилятора, «высасывающего» воздух из помещения через вытяжной воздуховод. Более сложная конструкция предусматривает прокладку разветвленной сети воздуховодов, через которые с помощью канального вентилятора удаляется отработанный, загрязненный воздух из помещений.

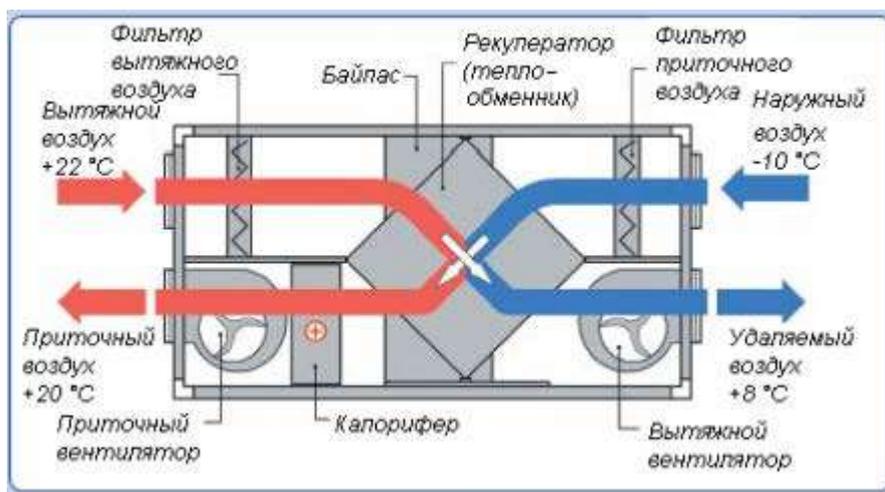


Рисунок 2.3.4.11. Схема приточно-вытяжной системы

Оптимальным вариантом устройства вентиляционной установки является монтаж приточно-вытяжной вентиляции.

Приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает требуемый уровень воздухообмена и наиболее эффективный расход электроэнергии. Приточно-вытяжная установка – многофункциональное устройство, при помощи которого одновременно удаляется отработанный воздух, происходит теплообмен между входящим и исходящим воздушным потоком, приточный воздух очищается от загрязнений и нагревается (охлаждается) до нужной температуры и только после этого попадает в помещение.

Устройство вентиляционной установки приточно-вытяжного типа включает в себя:

- приточный и вытяжной вентиляторы;
- водяной или электрический калорифер;
- приточный и в некоторых случаях – вытяжной фильтр очистки;
- шумоглушитель;
- воздушные клапаны (приточный и вытяжной).

Центробежные и осевые вентиляторы отличаются конструкцией воздушной полости и расположением приводного электродвигателя.

У осевого - электродвигатель расположен внутри воздушной полости (раструба), что обеспечивает его охлаждение потоком воздуха. У центробежных воздушная полость выполнена в виде «улитки» при расположении электродвигатель вне этой полости.

Рабочее колесо осевого вентилятора по форме сходно с воздушным или гребным винтом, которые создают тягу (поток) воздуха через раструб.

Конструкция моделей осевого вентилятора характеризуется простотой исполнения и малыми габаритами. Основные элементы: цилиндрический корпус, колесо с лопастями и привод. Внутренний диаметр цилиндра должен обеспечивать беспрепятственные обороты рабочего колеса. Интервал между лопастями и корпусом ограничивается 1,5% длины вращающейся лопатки.

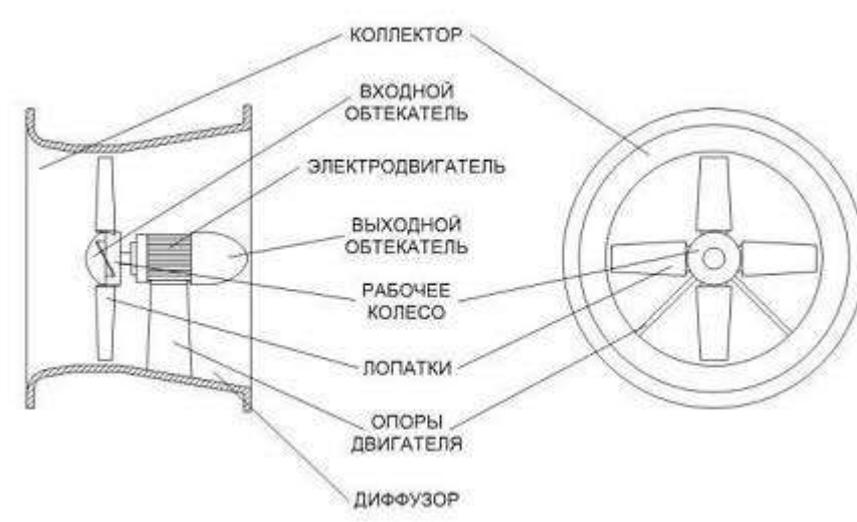


Рисунок 2.3.4.12. Конструктивный вид осевого вентилятора.

С целью понижения гидравлических потерь и улучшения аэродинамических характеристик конструкцию дополняют коллектором, диффузором и обтекателем с двух сторон рабочего колеса.

Принцип действия: вращающиеся лопасти захватывают воздух и выталкивают его вдоль оси крыльчатки. Перемещение воздушных потоков в радиальном направлении почти отсутствует. Производительность оборудования регулируется поворотом лопаток.

Отличительные особенности аксиальных моделей:

- не требуют большой площади для установки;
- экономное потребление электроэнергии;
- низкий уровень шума;
- простота эксплуатации и ремонта;
- невысокая стоимость.

Преимущества работы и использования осевых вентиляторов обусловили их широкую популярность в быту. Массово применяются корпусные модели для охлаждения электроприборов и переносные аксиальные агрегаты с решеткой.

Для усиления воздухообмена в стеновые проемы и другие несущие конструкции устанавливаются осевые вентиляторы с настенной панелью. Приборы способны функционировать в двух режимах: всасывание и нагнетание воздуха.

Рабочее колесо центробежного вентилятора расположено в корпусе эксцентрично, что позволяет повысить давление на напоре.

Центробежные вентиляторы являются основным элементом различных вентиляционных установок.

Центробежные (радиальные) вентиляторы высокоэффективны - агрегаты способны генерировать высокие давления и эксплуатироваться в жестких условиях. Конструкция оборудования включает следующие элементы.

Корпус: кожух-диффузор изготавливается из листового металла клепанным или сварным. Пустотелый корпус имеет спиралевидную форму улитки, в конструкции предусмотрены всасывающий и нагнетательный патрубки. Для придания жесткости кожух усиливается оребрением или поперечными полосами



Рисунок 2.3.4.13. Конструктивный вид насоса.



Рисунок 2.3.4.15. Внешний вид вентиляционной системы.

Центробежные агрегаты применяются в приточно-вытяжных комплексах крупных предприятий, различного рода помещений, гаражах, торговых центрах и зданий, где требуется непрерывная мощная вентиляция.

Они обеспечивают технологический процесс производства (подача газа в рабочие объемы) и условия трудовой деятельности (кондиционеры, общецеховая система вентиляции).

Вентиляционные установки достаточно просто поддаются автоматизации по сигналам изменения режима и реагируют на них без участия обслуживающего персонала путем переключения в схемах управления.

Это позволяет задачи обслуживающего персонала свести к периодическому контролю за установками и плановой профилактике.

Основным параметром регулирования таких установок, на который надо воздействовать, является угловая скорость приводного электродвигателя. Процесс регулирования сводится к изменению количества воздуха (газа) на выходе вентиляционной установки.

Для механизмов данной группы типичен продолжительный режим работы, поэтому их электроприводы, как правило, неререверсивные с редкими пусками. В отличие от механизмов непрерывного транспорта компрессоры и вентиляторы имеют небольшие пусковые статические моменты до 20-25% от номинального. В зависимости от назначения, мощности и характера производства, где установлены механизмы этой группы, они могут требовать или небольшого, но постоянного подрегулирования производительности при отклонении параметров воздуха или газов от заданных значений, а также регулирования производительности в широких пределах.

Для вентиляционных установок цеховых помещений и большинства поршневых компрессоров не требуется регулирования угловой скорости приводных двигателей, поэтому здесь применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и синхронные двигатели. При мощности более 50-100кВт привод с синхронным двигателем обычно оказывается экономически выгоднее, чем привод с асинхронным двигателем. Хотя синхронные двигатели сложнее по устройству и дороже, чем асинхронные, применение их целесообразно для одновременного улучшения cosφ предприятия.

Для привода вентиляторов низкого и среднего давления и малой производительности обычно применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Для вентиляторов большой производительности и высокого давления устанавливают асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором высокого напряжения и синхронные двигатели.

Производительность вентиляционной установки можно регулировать следующими способами:

- изменением скорости приводного электродвигателя (для среднего диапазона регулирования);
- изменением количества работающих вентиляторов на общую магистраль (для широкого диапазона регулирования);

На производстве они применяются как наиболее эффективны.

Для изменения скорости приводного асинхронного двигателя обычно изменяют подводимое к статору напряжение ступенчатым переключением отпаек автотрансформатора или дросселя, включенных в цепь статора. Регулятор температуры является основным устройством поддержания заданной температуры в помещении изменением расхода воздуха.

Контрольные вопросы:

1. На какие группы по принципу действия насосные установки можно разделить?
2. Раскройте принцип работы поршневого насоса.

3. Раскройте принцип работы центробежного насоса.
4. Раскройте принцип работы центробежного компрессора.
5. Раскройте принцип работы винтового компрессора.
6. Раскройте принцип работы ротационного компрессора.

2.3.5. Условия и режимы работы электрооборудования металлургических заводов

Условия работы электрооборудования - это совокупность значений параметров электрооборудования, характеризующих его работу в данный момент и при заданных условиях эксплуатации.

Электрооборудование промышленных предприятий имеет специфику своей работы, которая устанавливает электрооборудование по технологическому процессу производства, где производится ремонт и обслуживания при помощи «Правил устройств электроустановок» (ПУЭ). В нынешнее время трудно себе представить работу и технологических процессов предприятий, заводов без использования электрического оборудования.

Конструктивное исполнение такого оборудования обусловлено свойством самого производства, соотношении состояния окружающей среде и характеристика технологического процесса проводимых в производственных зданиях.

Комплекс электрооборудования промышленных предприятий включает в себя производство работ монтажа, ремонта, технического обслуживания электрических сетей и трансформаторных подстанций, монтажа заземления, эксплуатация электродвигателей, различные устройства защиты и наладочные работы.

Силовое электрооборудование промышленных предприятий включает в себя большое количество устройств:

- трансформаторы;
- индукционные и нагревательные печи;
- электрогазоочистительные и электролизные установки;
- сварочные аппараты;
- асинхронные двигатели;
- высоковольтные и низковольтные аппараты;
- электрические машины и т.п.

Используемое оборудование должно обеспечивать возможность производства электромонтажных и подготовительных работ на объекте, а также их механизацию.

Для выбора самой конструкции, вида и способа монтажа, силовое электрооборудование промышленных предприятий должно обладать соответствующим номинальным напряжением питающей сети, а также стоит учитывать и условия окружающей среды. Его мощность должна быть таковой, чтобы не было перегрева при нормальных режимах работы.

Синхронные электродвигатели рекомендовано применять для механизмов с продолжительным временем работы, с регулированием частоты вращения. Обусловлено это их высоким коэффициентом полезного действия и небольшим эксплуатационным расходом. Электрические двигатели применяют на промышленных предприятиях тогда, когда нужно осуществлять регулировку частоты вращения и в больших пределах.

При выборе электрического оборудования стоит акцентировать внимание на уровень его шума и вибрации. На разную степень их накладываются ограничения, связанные с режимом работы производственных механизмов, а также условий труда работающего там персонала. При проектировании электроустановки стоит брать во внимание и расходы на его утилизацию после прекращения его эксплуатации.

В оборудование могут входить такие материалы, как ртутные лампы. Во время эксплуатации электрооборудования на предприятии стоит периодически осуществлять его ремонт. Он бывает трех видов: текущий, средний и капитальный. Детальный осмотр электрического оборудования осуществляется при последнем виде ремонтных работ. Устраняются такие дефекты, которые связаны с заменой отдельных узлов и деталей. Средний и текущий ремонт не требует полной разборки электрического оборудования (очистка, замена изношенных частей, регулировка различных узлов и т.п.). Осуществляют ремонт электрооборудования промышленных предприятий в специально предназначенных помещениях: электромонтажные мастерские или цеха, которые имеют соответствующее ремонтное оборудование.

Режимы работы электрооборудования отличаются по характеру и длительности рабочих циклов, по значениям нагрузок и температурным режимам, по величине потерь, особенностям пуска и работы в установившихся режимах.

Особое внимание уделяют номинальным режимам, для которых рассчитывается серийное оборудование. Данные, содержащиеся в паспорте электрооборудования, относятся именно к номинальному режиму и называются номинальными данными. Заводы-изготовители дают гарантии при условии работы электрооборудования в номинальном режиме, при номинальной нагрузке и полном соответствии теплового состояния нормативным значениям. Для более точного определения нагрузок электроприемника их подразделяют по группам по сходству графиков эксплуатации.

Режим S_1 – продолжительный номинальный рисунок 2.3.5.1, длительность (N) которого такая, что при неизменных значениях нагрузки (P), потерь (ΔP) и при практически неизменной температуре окружающей среды превышение температуры (θ_{\max}) всех частей машины достигает установившихся значений.

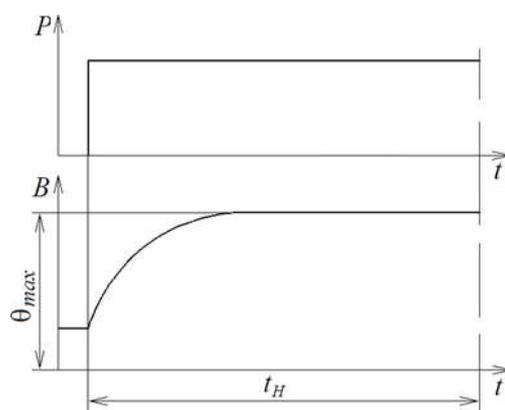


Рисунок 2.3.5.1 График режима работы продолжительного номинальный.

То есть температура при неизменных внешних условиях практически не меняется, а если изменяется, то не более чем на 1°C в час при газообразной охлаждающей среде и на $0,5^{\circ}\text{C}$ – при жидкой.

Режим S_2 – кратковременный номинальный рисунок 2.3.5.2. В этом режиме периоды постоянной нагрузки ЭО чередуются с периодами отключения. Все периоды нагрузки - непродолжительны, и температура всех частей машины не успевает достичь установившегося значения, а периоды пауз столь продолжительны, что все части машины успевают остыть до температуры, отличающейся от температуры окружающей среды не более чем на $\pm 3^{\circ}\text{C}$, т.е. машина находится практически в холодном состоянии. Стандартные значения периодов работы ЭО - 15, 30, 60 и 90 мин, но могут быть и меньше.

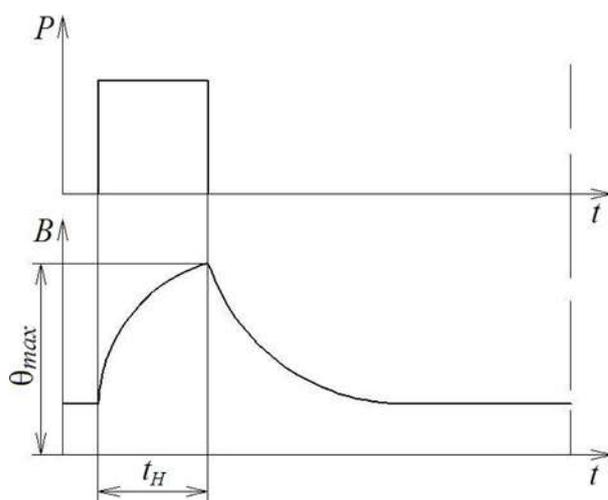


Рисунок 2.3.5.2 График режима работы кратковременный номинальный.

Режим S_3 – повторно-кратковременный номинальный рисунок 2.3.5.3. В этом режиме цикл работы равен сумме рабочего периода t_p (время работы

ЭО, час) и паузы t_p (время паузы, час). При этом пусковой ток не успевает вызвать превышения температуры.

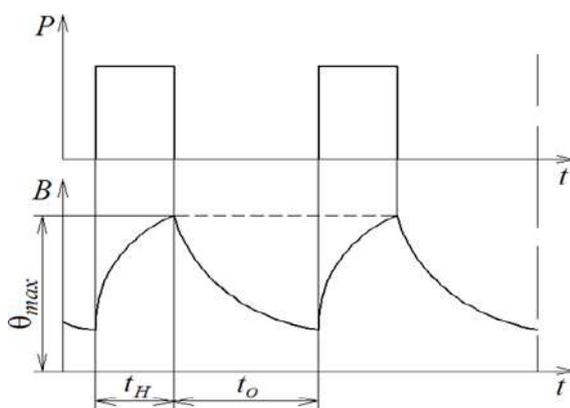


Рисунок 2.3.5.3 График режима работы повторно-кратковременный номинальный

Продолжительность цикла недостаточна для достижения теплового равновесия и не превышает 10 мин.

Режим характеризуется продолжительностью включения (ПВ):

$$ПВ = (t_p / (t_p + t_H)) \cdot 100\%,$$

Режимы работы электродвигателей S1-S10 по ГОСТ Р 52776-2007 (МЭК 60034-1-2004) Машины электрические вращающиеся

Стандартными считаются ПВ = 15; 25; 40 и 60%. Продолжительность цикла 15% принимается равной 10 мин. В период паузы машина должна быть отключена и остановлена. Испытания проводятся до достижения практически повторяющейся температуры частей машины, т.е. такой температуры, изменения которой в моменты включения или отключения не превышают 2°C в 1 час.

Режим S4 - повторно-кратковременный режим работы с влиянием пусковых процессов - это номинальный повторно - кратковременный режим с частыми пусками рисунок 2.3.5.4, который состоит из последовательности идентичных циклов работы. Каждый цикл включает: время пуска, достаточное, чтобы пусковые потери оказывали влияние на температуру частей машины; время работы при постоянной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры; время останова, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды.

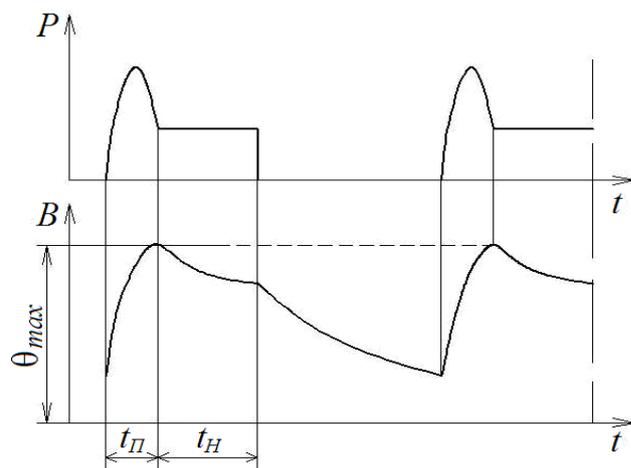


Рисунок 2.3.5.4 График режима работы повторно-кратковременный с влиянием пусковых процессов

Режим S5 - повторно-кратковременный номинальный с частыми пусками и электрическим торможением (с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением) (рис.2.3.5.5). В этом режиме каждый рабочий период заканчивается отключением машины и ее электрическим торможением длительностью $t_{п}$. Для этого режима характерны одинаковые циклы работы.

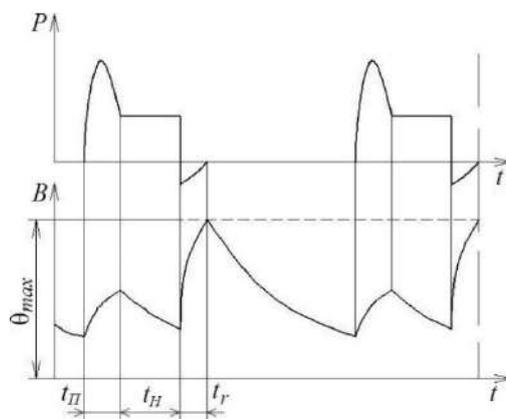


Рисунок 2.3.5.5 График режима работы повторно-кратковременный номинальный с частыми пусками и электрическим торможением

Каждый цикл содержит:

- достаточно длительное время пуска;
- время работы, за которое машина не нагревается до установившейся температуры;
- время быстрого электрического торможения и время останова, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды.

Режим S6 – перемежающийся номинальный (рис.2.3.5.6). В этом режиме рабочие периоды с неизменной номинальной кратковременной нагрузкой чередуются с периодами холостого хода, причем длительность

этих периодов такова, что температура машины не достигает установившегося значения.

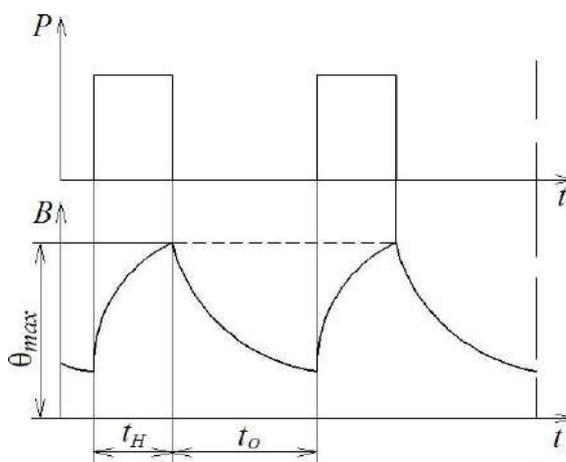


Рисунок 2.3.5.6 График режима работы перемежающийся номинальный

Режим характеризуется относительной продолжительностью нагрузки, которая определяется, как отношение продолжительности рабочего периода N к продолжительности $t_{ц}$ полного цикла:

$$ПН = (N/t_{ц}) 100, \%$$

Обычно ПН = 15; 25; 40 и 60 %, а продолжительность одного цикла составляет 10 мин рисунок 2.3.5.6.

Режим S7 - перемежающийся номинальный с влиянием пусковых процессов, с частыми реверсами и электрическим торможением рисунок 2.3.5.7. Режим не содержит пауз, имеет идентичные циклы, каждый из которых включает достаточно длительный пуск, работу с постоянной нагрузкой и быстрое электрическое торможение, а затем без перерыва производится реверс и начинается следующий рабочий период. Число реверсов достигает 30÷360 циклов в час.

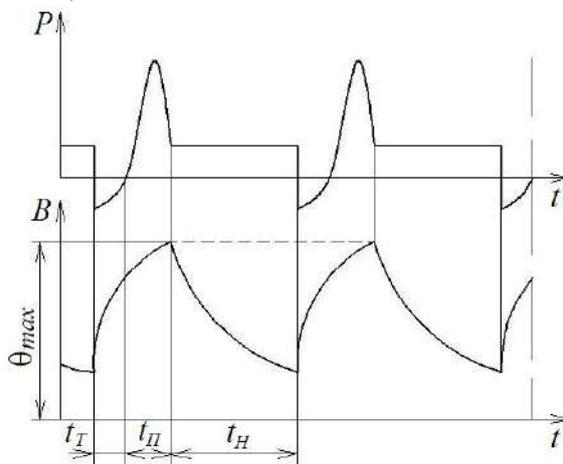


Рисунок 2.3.5.7 График режима работы перемежающийся номинальный с влиянием пусковых процессов, с частыми реверсами и электрическим торможением

Режим S8 - перемежающийся номинальный с двумя частотами и больше (например, для электродвигателя с периодически изменяющейся частотой вращения, рисунок 2.3.5.8. Режим не содержит пауз и включает идентичные циклы, каждый из которых имеет время работы с неизменной нагрузкой и неизменной частотой вращения, затем следует один или несколько периодов при других нагрузках, каждому из которых соответствует своя частота вращения (например, это работа асинхронного двигателя с переключением числа пар полюсов).

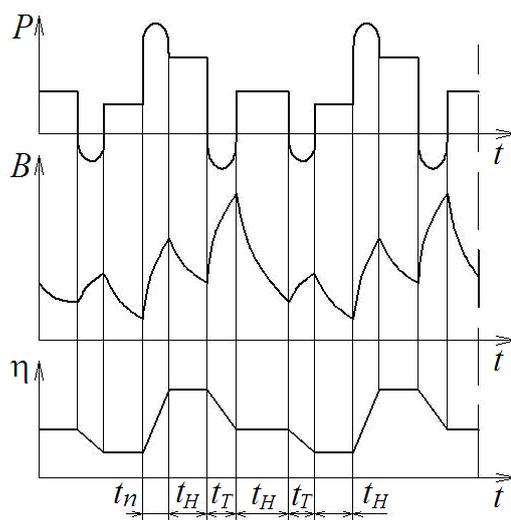


Рисунок 2.3.5.8 График режима работы перемежающийся номинальный с двумя частотами и больше

Состоит из непрерывно чередующихся циклов (количество циклов в час - 30; 60; 120; 240), каждый из которых имеет несколько рабочих периодов $N1 \div N3$, разные частоты вращения ($n1 \div n3$) и нагрузки. Режим S8 иногда называют «кратковременный».

В последние годы дополнительно рассматривают еще два режима:

Режим S9 - работа электродвигателя с неперiodическими изменениями нагрузки и частоты вращения. Этот режим часто содержит перегрузки, которые могут значительно превышать базовую нагрузку. Для этого типа режима постоянная нагрузка, выбранная соответствующим образом и основанная на типовом режиме S1, берется как базовая для определения перегрузки.

Режим S10 - работа электродвигателя с дискретными нагрузками и частотами вращения. При этом каждая комбинация нагрузки/частоты вращения сохраняется достаточное время для того, чтобы машина достигла практически установившегося теплового состояния. Минимальная нагрузка в течение рабочего цикла может иметь и нулевое значение (холостой ход, покой или бестоковое состояние). Для этого режима постоянная нагрузка, выбранная в соответствии с режимом S1, принимают за базовую для дискретных нагрузок. Дискретные нагрузки являются, как правило,

эквивалентной нагрузкой, интегрированной за определенный период времени. Нет необходимости, чтобы каждый цикл нагрузки точно повторял предыдущий, однако каждая нагрузка внутри цикла должна поддерживаться достаточное время для достижения установившегося теплового состояния, и каждый нагрузочный цикл должен интегрировано давать ту же вероятность относительного ожидаемого термического срока службы изоляции машины.

Знание режима работы определяет выбор электродвигателя для конкретных электроприёмника. Мощности двигателей, указанные в каталогах, показаны для режима $S1$ и нормальных условий работы, кроме двигателей с повышенным скольжением. Если двигатель работает в режиме $S2$ или $S3$, он нагревается меньше, чем в режиме $S1$, и поэтому он допускает большую мощность на валу. Так, при работе в режиме $S2$ допустимая мощность может быть повышена на 50 % при длительности нагружения 10 мин, на 25 % - при длительности нагружения 30 мин, на 10% - при длительности нагружения 90 мин.

Контрольные вопросы:

1. Какие режимы работы электрооборудования вы знаете?
2. Опишите режимы работы электрооборудования.

2.3.6. Схемы управления и автоматизации оборудования цехов предприятий металлургии

Схемы управления и автоматизации оборудования цехов предприятий металлургии разрабатывают в проектах силового электрооборудования и электроснабжения промышленных предприятий. Автоматизация оборудования неразрывно связано с управлением технологического процесса с механизмами электроприводов. Для этого требуется разработка отдельных схем управления этими электроприводами включая автоматизации технологических процессов.

В качестве электроприводов механизмов автоматизируемого технологического оборудования (насосов, вентиляторов задвижек, клапанов и т.п.) в основном используют реверсивные и нереверсивные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Построение этих схем управления осуществляется в основном на базе релейно-контактных аппаратов. Это обусловлено наличием большого выбора выпускаемой релейно-контактной аппаратуры с контактными устройствами различных исполнений и обмотками, работающими на различных напряжениях.

Знание типовых решений значительно облегчает чтение конкретных схем управления.

Чтение принципиальных схем управления электроприводами технологических механизмов следует начинать с изучения технических требований, предъявляемых к схеме, установления условий и

последовательности действия схемы. Важное место при этом занимает изучение принятой схемы организации управления электроприводами.

Схема организации управления электроприводами предусматривает местное, дистанционное и автоматическое управление.

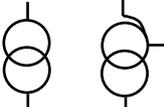
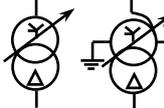
Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др.

Эти схемы дают детальное представление о работе системы и служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При разработке систем автоматизации технологических процессов принципиальные электрические схемы обычно выполняют применительно к отдельным самостоятельным элементам, установкам или участкам автоматизируемой системы, например выполняют схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т.п. Используя эти схемы, составляют в случае необходимости принципиальные электрические схемы, охватывающие целый комплекс отдельных элементов, установок или агрегатов, которые дают полное представление в связях между всеми элементами управления, блокировки, защиты и сигнализации этих установок или агрегатов. Примером таких схем может служить принципиальная электрическая схема управления насосной установкой, состоящей из насоса, вакуум-насоса и нескольких электрифицированных задвижек.

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит определенные элементы творчества и требует умелого применения элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую схему с учетом удовлетворения предъявляемых к схемам требований, а также возможного упрощения и минимизации схем. В практике проектирования принципиальных электрических схем на базе опыта проектирования монтажа, наладки и эксплуатации различного рода систем автоматизации сложились некоторые общие принципы построения электрических схем. Вопрос о методах разработки принципиальных электрических схем в процессе проектирования систем автоматизации технологических процессов следует рассматривать в общем комплексе вопросов, связанных с контролем, управлением и регулированием данного объекта. Во всех случаях помимо полного удовлетворения требований, предъявляемых к системе управления, каждая схема должна обеспечивать высокую надежность, простоту и экономичность, четкость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, четкость оформления.

Таблица 2.3.6.1 Обозначения условные буквенно-цифровые и графические на электрических схемах

Наименование элемента схемы	Графическое обозначение	Буквенный код
Машина электрическая. Общее обозначение. Примечание. Внутри окружности допускается размещение квалифицирующих символов и дополнительной информации, при этом диаметр окружности при необходимости изменяют		G, M
Генератор переменного трёхфазного тока с отмоткой статора, соединенной в звезду с параллельными ветвями		G
Синхронный компенсатор		GC
Электродвигатель переменного тока		M
Генератор постоянного тока (возбудитель)		GE
Обмотка статора (каждой фазы) машины переменного тока		—
Обмотка возбуждения синхронного генератора		LG
Трансформатор (автотрансформатор) силовой. Общее обозначение. Примечание. Внутри окружности допускается размещение квалифицирующих символов и дополнительной информации. Допускается увеличение диаметра окружности		T
Трансформатор и автотрансформатор с РПН с указанием схемы соединений обмоток		T
Трансформатор силовой, трёхобмоточный. Трансформатор собственных нужд основного напряжения		T
Трансформатор силовой, двухобмоточный с расщеплением обмотки НН на две, с РПН		T
Обмотка (одной фазы) трансформатора, дросселя. Начало обмотки указывается точкой		T
Трансформатор напряжения		TV
Два однофазных трансформатора натяжения, соединённых в открытый треугольник		TV

Продолжение таблицы 2.3.6.1

Наименование элемента схемы	Графическое обозначение	Буквенный код
Трансформатор напряжения трёхфазный, трёхобмоточный.		TV
Трансформатор напряжения обходной системы шин		TVB
Трансформатор тока измерительный		TA
Дугогасительный реактор		L
Реактор токоограничивающий		LR
Реактор сдвоенный		LR
Выключатель высокого напряжения Выключатель генератора (синхронного компрессора)		Q QG
Разъединитель		QS
Разъединитель заземляющий		QSG
Отделитель		QR
Короткозамыкатель		QN
Выключатель нагрузки		QW
Предохранитель плавкий		F
Выключатель автоматический в силовых цепях (автомат), в цепях управления		QF SF
Выключатель неавтоматический (рубильник)		S
Контактор, магнитный пускатель		KM
Сборные шины распределительных устройств высокого напряжения		K1 K2
Секция сборных шин Секция сборных шин с.н. 6...10 кВ		K1, K2 BA, BB, BC
Секция сборных шин с.н. 0,4 кВ		CV, CP, CN
Сборные шины распределительных устройств высокого напряжения		K1 K2
Шиносоединительный выключатель		QK

Продолжение таблицы 2.3.6.1

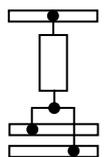
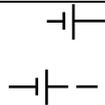
Наименование элемента схемы	Графическое обозначение	Буквенный код
Секционный выключатель		QK
Обходной выключатель		QB
Аккумуляторная батарея		GB

Таблица 2.3.6.2. Обозначения условные буквенно-цифровые и графические на электрических схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.

Наименование	Графическое обозначение
Катушка электромеханического устройства: общее обозначение	
Примечание. Выводы катушки допускается изображать с одной стороны	
с одной обмоткой	
трёхфазного тока	
Катушка электромеханического устройства с дополнительным графическим полем	
Катушка электромеханического устройства с указанием вида обмотки: обмотка тока	
обмотка напряжения	
обмотка максимального тока	
обмотка минимального напряжения	
Катушка поляризованного реле	
Воспринимающая часть электротеплового реле	

Перечень стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем, обозначению цепей, распространяемых на выполнение принципиальных электрических схем проектов автоматизации технологических процессов, приведены в разделе «Справочные материалы» методического обеспечения курса.

Стандарты устанавливают условные графические обозначения элементов схем. ГОСТ 2.710-81 - к буквенно-цифровым обозначениям элементов схем. ГОСТ 2.701-84 помимо классификации схем, общих требований к их выполнению содержит также определение основных понятий, используемых в стандартах.

В зависимости от сложности проектируемого объекта указанные различные цепи могут изображаться совмещённо на одном чертеже или нескольких, либо для каждой из цепей разрабатываются отдельные схемы, например, принципиальные электрические схемы управления, сигнализации и т. п.

Принципиальные электрические схемы электропитания выполняют, как правило, отдельно для питающей и распределительной сетей. Схема питающей и распределительной сетей могут изображаться на отдельных листах либо на одном, если распределительная сеть состоит из небольшого числа групп питания.

Для примера приведем для образца принципиальные схемы.

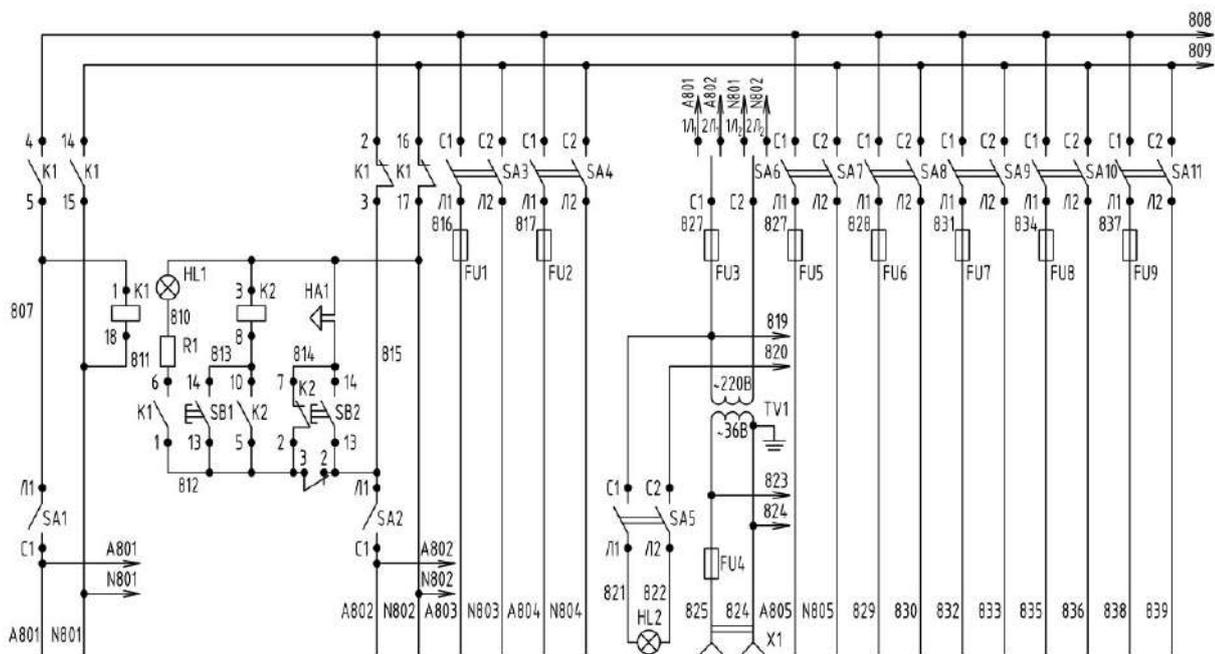


Рисунок 2.3.6.1 Пример выполнения принципиальной электрической схемы распределительной сети

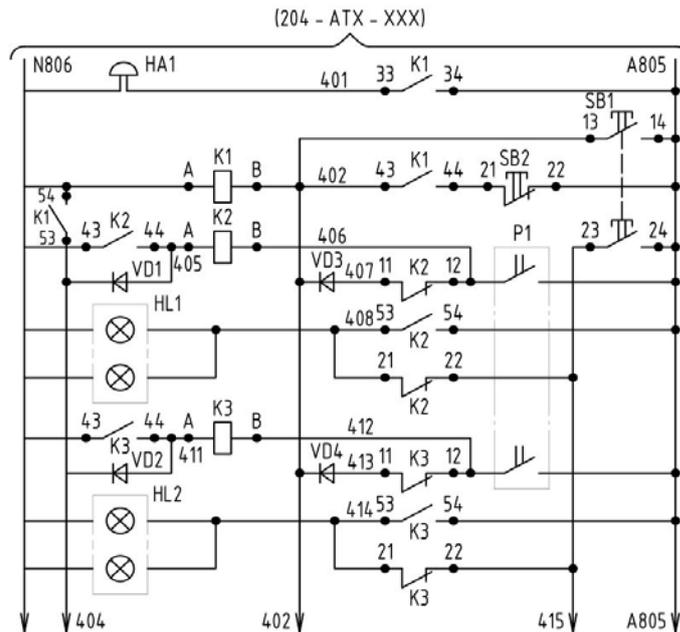


Рисунок 2.3.6.2 Пример выполнения принципиальной электрической схемы сигнализации

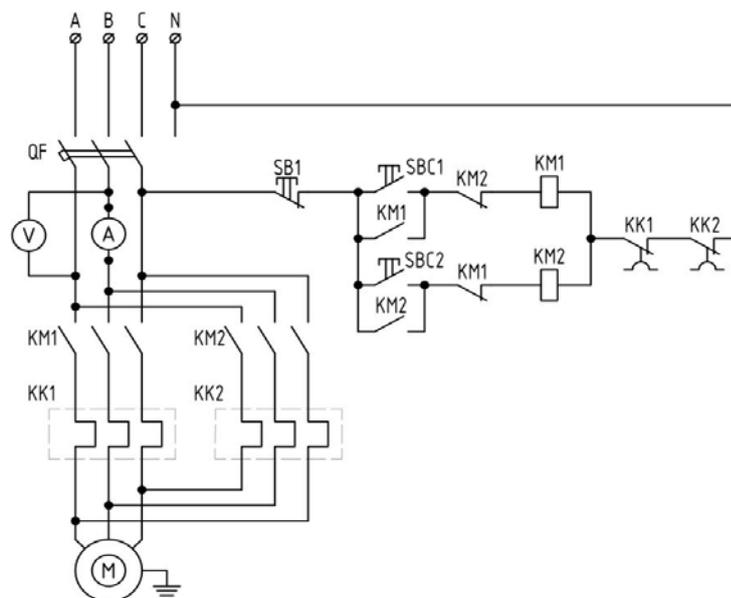


Рисунок 2.3.6.3. Пример схемы управления реверсивного 3^x-фазного асинхронного электродвигателя с электроизмерительными приборами в силовой цепи.

Контрольные вопросы:

1. С чего необходимо начинать чтение принципиальных схем управления электроприводами?
2. Какие условные обозначения буквенно-цифровые и графические на электрических схемах вы знаете?

2.3.7. Правила безопасной эксплуатации электрооборудования в взрыво и пожароопасных помещениях

В целях организации работы по предупреждению аварий и производственного травматизма организации, имеющие в своем составе взрывопожароопасные объекты, разрабатывают систему стандартов предприятия по управлению промышленной безопасностью и обеспечивают их эффективное функционирование и актуализацию.

Категорию взрывоопасности технологического процесса определяемую расчетом, следует принимать на одну выше, если вещества в процессе (сырье, полупродукт, готовый продукт) относятся к I или II классу опасности или обладают механизмом остронаправленного действия.

Для приобретения практических навыков безопасного выполнения работ, предупреждения аварий и ликвидации их последствий на технологических объектах с I и II категории взрывоопасности все рабочие и инженерно-технические работники, непосредственно занятые ведением технологического процесса и эксплуатацией оборудования на этих объектах, проходят курс подготовки с использованием современных технических средств обучения и отработки навыков (тренажеров, учебно-тренировочных полигонов и т.д.). С этой целью указанные организации должны иметь компьютерные тренажеры, включающие максимально приближенные к реальным динамические модели процессов и реальные средства управления (функциональные клавиатуры, графические экранные формы и т.д.). Обучение и отработка практических навыков на компьютерных тренажерах должны обеспечивать освоение технологического процесса и системы управления, пуска, плановой и аварийной остановки в типовых и специфических нештатных и аварийных ситуациях.

Для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности электрооборудования во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок взрывоопасных производств применяется преимущественно взрывозащищенное оборудование.

Количество взрывозащищенного электрооборудования, устанавливаемого во взрывоопасных зонах, должно быть по возможности минимальным, а электрооборудование, особенно с нормально искрящими частями, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон.

Взрывозащищенное электрооборудование, применяемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено от воздействия указанных свойств среды.

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

Взрывозащищенное электрооборудование, применяемое в наружных установках, должно быть пригодно для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т.п.). В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями с температурой вспышки выше 61°C, но нагретыми в условиях производства до температуры вспышки и выше, может применяться любое взрывозащищенное оборудование, предназначенное для любых категорий и групп взрывоопасных смесей, если температура нагрева поверхности электрооборудования не превышает температуру самовоспламенения данной жидкости.

Допуск к самостоятельной работе персонала должен осуществляться на основании документально оформленных результатов проведенного обучения и тренинга.

Выбор электрооборудования, электропроводок и кабельных линий для взрывоопасных зон производится в соответствии с ПУЭ с учетом классификации взрывоопасных зон и взрывоопасности смесей. Определяющим при выборе взрывозащищенного электрооборудования являются уровень, группа и температурный класс.

Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон. Любой вид промышленного производства насыщены электродвигателями, различного вида электроосветительными приборами, пускорегулирующей аппаратурой и т.д. И все это электрооборудование (ввиду возможного нагревания и искрения) может стать источником воспламенения окружающей пожаро- и взрывоопасной среды. В связи с этим к конструкции электрооборудования, правилам эксплуатации ремонту и надзору за ним предъявляются повышенные требования.

В «Правилах устройства электроустановок» (ПУЭ) предусмотрена классификация производственных помещений и наружных установок по взрывоопасным и пожароопасным зонам.

Согласно ПУЭ по содержанию горючих газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей взрывоопасные зоны помещений разделяют на три класса - В-1, В-1а и В-1б; к классу В-1г относятся наружные установки с открытым сливом и подачей легковоспламеняющихся жидкостей, к классам В-П и В-Па - помещения, где в воздухе находится взрывоопасная пыль различного содержания. Наиболее опасными являются зоны, относящиеся к классам В-1 и В-П.

Зоны класса В-1- это зоны, расположенные в помещениях, где выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей, обладающие способностью образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании жидкостей, находящихся в открытых сосудах и т. п.

Зоны класса В-1а - зоны, расположенные в помещениях, где взрывоопасные смеси горючих паров или газов или паров

легковоспламеняющихся жидкостей с воздухом или другими окислителями образуются лишь в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-1б - те же зоны, что и относящиеся к классу В-1а, но имеющие одну из следующих особенностей:

1) помещения, в которых находящиеся там горючие газы обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при ПДК (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);

2) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых исключается образование взрывоопасной смеси в количестве, превышающем 5 % свободного объема помещения. Однако это не распространяется на электромашинные помещения, где расположены турбогенераторы с водородным охлаждением, обеспеченные вытяжной вентиляцией с естественным побуждением;

3) зоны лабораторных и других помещений, в которых количество присутствующих горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей недостаточно для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и где работа с этими веществами не сопровождается применением открытого пламени; эти зоны не считают взрывоопасными, если работа с указанными веществами осуществляется в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны класса В-1г - это пространства возле наружных технологических установок, содержащих горючие газы или легковоспламеняющиеся жидкости (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок), наземных и подземных резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями или горючими газами (газгольдеров), эстакад для слива и налива легковоспламеняющихся жидкостей; открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.д.

Сюда относятся также пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-I, В1а и В-II (за исключением проемов окон, заполненных стеклоблоками), пространства рядом с наружными

осаждающими конструкциями при наличии устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса или находящиеся в пределах наружной взрывоопасной зоны, а также пространства около предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и легковоспламеняющимися жидкостями.

Зоны класса В-II - это зоны в помещениях, где выделяются переходящие во взвешенное состояние горючая пыль или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-IIa - это зоны в помещениях, где возникновение взрывоопасных ситуаций, свойственных зонам класса В-II, возможно только в результате аварий или неисправностей. Сюда относятся и пространства внутри и вне помещений, в пределах которых постоянно или периодически при нормальном технологическом режиме находятся горючие (сгораемые) вещества, и которые в случае нарушений становятся пожароопасными зонами.

Согласно ПУЭ, пожароопасные зоны подразделяют на несколько классов.

Зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, где обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C .

Зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючая пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 в воздухе.

Зоны класса П-IIa - зоны, расположенные в помещениях, где обращаются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-III - зоны, расположенные вне помещений, где обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

Во взрывоопасных зонах помещений разрешается устанавливать только взрывозащищенное электрооборудование.

Пожарная опасность электроустановок. Электроустановки во взрывоопасных зонах. Под электроустановками понимают совокупность машин, аппаратов и линий вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, где они установлены), которые предназначены для производства, преобразования, трансформации, передачи и распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид.

При рассмотрении вопросов пожарной опасности электроустановок исходят из наличия двух составляющих пожара: источника зажигания и горючего вещества. Источником зажигания в электроустановках служит высокий потенциал, способный как в нормальном, так и в аварийном режиме (при перегрузке, коротком замыкании и т.п.) образовывать высокотемпературные участки. Последние могут воспламенять сгораемую изоляцию и защитную оболочку электроизделий, сгораемые конструктивные элементы зданий и сооружений, по которым они проложены или возле которых они установлены. Наличие двух составляющих пожара - источника пожара и горючего вещества - позволяет с уверенностью сказать, что любое' электроизделие является потенциально пожароопасным. Поэтому основной задачей пожарной профилактики электроустановок является их изоляция от сгораемых материалов с помощью конструктивных (технических) средств. Именно на это и направлены требования нормативно-технических документов в области обеспечения пожарной безопасности электроустановок.

Электроустановки должны монтироваться и эксплуатироваться в соответствии с ПУЭ, Правилами эксплуатации электроустановок потребителей и Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителями и другими нормативными документами. Под другими нормативными документами понимают стандарты, строительные нормы и правила, нормы технологического проектирования, отраслевые и правила пожарной безопасности, и другие, утвержденные в установленном порядке нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности к электроустановкам. При этом отраслевые и региональные правила пожарной безопасности, а также другие, утвержденные в установленном порядке нормативные документы, не должны снижать требований основных правил при эксплуатации электроустановок потребителей.

Электроустановки в помещениях, где по окончании рабочего времени отсутствует дежурный, должны быть обесточены.

Под напряжением могут оставаться только дежурное освещение, установки пожаротушения и противопожарного водоснабжения, а также пожарная и охранно-пожарная сигнализации.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяют на установки напряжением до 1 кВ и напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

Открытыми (или наружными) называют электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий; электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т.п., рассматривают как наружные.

К закрытым или внутренним относят электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойки в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

Помещения и наружные установки в зависимости от обращающихся в них веществ и материалов подразделяют на взрывоопасные и пожароопасные. В соответствии с этим к ним предъявляются дополнительные требования пожарной безопасности.

Взрывоопасной зоной называется помещение или ограниченно пространство в помещении или в наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси. Согласно ПУЭ, если объем взрывоопасной смеси составляет более 5 % свободного объема помещения, то все помещение относят к соответствующему классу взрывоопасности.

Если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения, то взрывоопасной считается зона в помещении в пределах 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров легковоспламеняющихся жидкостей. Помещения за пределами этой зоны

считают невзрывоопасными, если нет других факторов, создающих взрывоопасность.

Взрывоопасные зоны в зависимости от частоты и продолжительности присутствия в них взрывоопасной газовой смеси подразделяют на три класса.

Зона класса 0-зона, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительного времени.

Зона класса 1- зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой смеси при нормальных условиях эксплуатации.

Зона класса 2- зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси при нормальных условиях эксплуатации, а если такая смесь все же образуется, что бывает очень редко, то имеется в наличии крайне непродолжительное время.

Под помещением понимают пространство, осажденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Пространство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не относят к помещениям.

Взрывоопасной называют смесь с воздухом горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей, горючей пыли или волокон с нижним концентрационным пределом распространения пламени не более 65 г/м^3 (перешедших во взвешенное состояние), которая при определенной концентрации способна взорваться при наличии источника инициирования взрыва. К взрывоопасным относится также смесь горючих газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей с кислородом или другими окислителями (например, хлором).

Во взрывозащищенном электрооборудовании предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды при его эксплуатации.

Во взрывоопасных зонах, где, согласно ПУЭ, требуется установка взрывозащищенного электрооборудования, запрещается эксплуатировать электрооборудование, не имеющее маркировки по взрывозащите, если на это не получено свидетельство, утвержденное Госгортехнадзором. Выбор электрооборудования зависит от класса зоны взрывоопасности

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяют на две группы.

Взрывоопасные зоны оснащают только взрывозащищенным электрооборудованием, которое подразделяют в зависимости от уровня взрывозащиты:

- на электрооборудование повышенной надежности (при маркировке его обозначают цифрой (2), взрывозащита которого обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы;
- взрывобезопасное электрооборудование (1) - его взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и
- при вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации (за исключением повреждений средств взрывозащиты);

- особовзрывобезопасное (0) - электрооборудование с дополнительными средствами взрывозащиты (предусмотренными стандартами).

Уровень взрывозащиты электрооборудования (электротехнических устройств) - это степень его взрывозащиты при установленных нормативными документами условиях. Назначение уровни взрывозащиты зависит от класса взрывоопасной зоны, а вид взрывозащиты - от взрывоопасных свойств вещества. Эти свойства определяются категорией и группой.

Согласно ПУЭ под безопасным экспериментальным понимают величину максимального зазора между фланцами оболочки, через который не происходит передачи взрыва и I оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе. Взрывоопасные смеси в зависимости от этой величины разделены на следующие категории:

Взрывозащищенное электрооборудование для внутренних и наружных установок может иметь различные виды взрывозащиты

Вид взрывозащиты электрооборудования - это совокупность средств его взрывозащиты. Взрывозащиту электрооборудования подразделяют на следующие виды: взрывонепроницаемая оболочка (d), искробезопасная электрическая цепь (i), защита вида «е» - заполнение (или продувка) оболочки под избыточным давлением защитным газом (p), масляное заполнение оболочки с токоведущими частями (o), кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями (q), специальный вид защиты (s).

Электрооборудование выбирают с учетом класса взрывоопасной зоны и свойств взрывоопасной смеси.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы, располагаются на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяются от них несгораемыми экранами.

Если в пожароопасных зонах любого класса используются электронагревательные приборы, то нагреваемые рабочие части таких приборов должны быть защищены от соприкосновения с горючими веществами. Кроме того, их следует устанавливать на поверхности из негорючих материалов. Для защиты от теплового излучения на электронагревательных приборах необходимо размещать экраны из несгораемых материалов.

Все токоведущие части, распределительные устройства, аппараты и измерительные приборы, а также предохранительные устройства разрывного типа, рубильники и все прочие пусковые аппараты, и приспособления электроустановок монтируются только на негорючих основаниях (мрамор, текстолит, гетинакс).

Соединения, оконцевания и ответвления жил проводов и кабелей во избежание опасных в пожарном отношении переходных сопротивлений производятся при помощи опрессовки, сварки, пайки или специальных зажимов.

Места соединения и ответвления жил проводов и кабелей, а также соединительные и ответвительные зажимы изолируются, равноценно изоляции жил целых мест этих проводов и кабелей.

Соединение и ответвление проводов и кабелей, за исключением проводов, проложенных на изолирующих опорах, выполняются в соединительных и ответвительных коробках, изоляционных корпусах соединительных и ответвительных зажимов, специальных нишах строительных конструкций, внутри корпусов электроустановочных изделий, аппаратов и машин. При прокладке на изолирующих опорах соединение или ответвление проводов выполняются непосредственно у изолятора, клицы или на них, а также на ролике.

Соединительные и ответвительные коробки обеспечиваются защитными крышками.

Электрические установки и электрические приборы в помещениях по окончании рабочего времени (смены) обесточиваются.

Остаются под напряжением аварийное освещение, установки пожаротушения и противопожарного водоснабжения, пожарная и охранно-пожарная сигнализация. Другие электрические установки и электротехнические изделия (в том числе в жилых помещениях) допускается оставлять под напряжением, если это обусловлено их функциональным назначением и (или) предусмотрено требованиями инструкции по эксплуатации.

Не допускаются прокладка и эксплуатация воздушных линий электропередачи над горючими кровлями, навесами, а также открытыми складами (штабелями, скирдами) горючих веществ, материалов и изделий.

Электрические двигатели, светильники, проводки, распределительные устройства очищаются от горючей пыли не реже двух раз в месяц, а в помещениях со значительным выделением пыли - не реже четырех раз в месяц.

При эксплуатации электрических установок не допускается:

- 1) использовать электрические сети и приемники электрической энергии с нарушением требований безопасности, изложенных в инструкции предприятия-изготовителя, электрические приемники с неисправностями, которые могут привести к пожару (вызвать искрение, короткое замыкание, сверхдопустимый нагрев изоляции кабелей и проводов, отказ автоматических систем управления, противоаварийной и противопожарной защиты), а также эксплуатировать электрические провода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

- 2) пользоваться поврежденными и незакрепленными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями;

3) применять электронагревательные приборы при отсутствии или неисправности терморегуляторов, предусмотренных конструкцией;

4) обертывать электролампы и светильники бумагой, тканью и другими горючими материалами, а также эксплуатировать светильники с лампами накаливания со снятыми плафонами (рассеивателями) и защитными сетками, предусмотренными конструкцией светильника;

5) пользоваться электроутюгами, электроплитками, электрочайниками и другими электронагревательными приборами без специальных подставок (цоколей питания, нагревательных дисков), исключающих опасность возникновения пожара, если их наличие предусмотрено инструкцией предприятия-изготовителя;

6) применять электронагревательные приборы во всех взрывопожароопасных и пожароопасных помещениях;

7) применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузки и короткого замыкания;

8) размещать (складировать) у электрических щитов, электрических двигателей и пусковой аппаратуры горючие (в том числе легковоспламеняющиеся) вещества и материалы;

9) применять во взрывоопасных и пожароопасных зонах электрическое оборудование, не имеющее обозначения уровня и вида защиты от взрыва и (или) пожара завода-изготовителя;

10) оставлять неизолированными соединения и концы электрических проводов и кабелей.

Проверка состояния стационарного оборудования, электропроводки силовой и осветительной сети, испытания и измерение сопротивления изоляции проводов, кабелей и заземляющих устройств проводятся при вводе в эксплуатацию, а в дальнейшем по графику, но не реже одного раза в три года. Результаты замеров оформляются актом (протоколом).

При установке и эксплуатации софитов не допускается использование горючих материалов в качестве крепежных конструкций и светозадерживающих и отражающих экранов.

Прожекторы и софиты размещаются на расстоянии не менее 0,5 м от горючих конструкций и материалов, а линзовые прожекторы - не менее 2 м.

Светофильтры для прожекторов и софитов изготавливаются из негорючих материалов.

В помещениях и коридорах закрытых распределительных устройств не допускаются размещение помещений для хранения, а также хранение электротехнического оборудования, запасных частей, емкостей с горючими жидкостями и баллонов с различными газами.

Двери секционных перегородок кабельных сооружений предусматриваются samozакрывающимися, открывающимися по ходу эвакуации из здания и обеспечиваются уплотнениями в притворах.

При эксплуатации кабельных сооружений указанные двери находятся и фиксируются в закрытом положении.

Допускается по условиям вентиляции кабельных помещений фиксировать самозакрывающиеся двери в открытом положении, если для их закрытия используются автоматические устройства, срабатывающие при пожаре от импульса пожарной сигнализации в соответствующем отсеке сооружения.

Кабельные линии, проложенные в металлических коробах, уплотняются негорючими материалами, а сам короб разделяется перегородками с пределом огнестойкости не менее EI 45 в следующих местах:

- 1) при входе в другие кабельные сооружения;
- 2) на горизонтальных участках кабельных коробов через каждые 30 м, а также при ответвлениях в другие короба с электрическими кабелями;
- 3) на вертикальных участках кабельных коробов через каждые 20 м.

При прохождении через перекрытия такие же огнестойкие уплотнения дополнительно выполняются на каждой отметке перекрытия.

Места уплотнения кабельных линий, проложенных в металлических коробах, обозначаются красными полосами на наружных стенках коробов. В необходимых случаях выполняются дополнительные поясняющие надписи.

Антикоррозийные покрытия, применяемые для защиты металлических оболочек кабелей и металлических поверхностей, по которым они прокладываются, предусматриваются негорючими.

В помещениях устройств, обеспечивающих подачу (подпитку) масла в маслонаполненные кабели, не допускается хранить горючие материалы и изделия, не относящиеся к данной установке.

При обнаружении неисправностей электроустановок и бытовых электроприборов (сверхдопустимый нагрев или повреждение изоляции кабелей и проводов, выделение дыма, искрение) они немедленно обесточиваются. Их повторное включение допускается только после устранения неисправностей.

Устройство и эксплуатация электросетей-временок не допускается. Исключением могут быть временные иллюминационные установки и электропроводки, питающие места производства строительных и временных ремонтно-монтажных работ. Напряжение временной электрической сети не должно превышать 36 Вольт, а в особо опасных местах (особо сырые участки, колодцы, металлические резервуары, котлы) не выше 12 Вольт.

Переносные светильники оборудуются защитными стеклянными колпаками и сетками. Для этих светильников и другой переносной электроаппаратуры применяются гибкие кабели и провода с медными жилами, специально предназначенные для этой цели, с учетом возможных механических воздействий.

Для питания автоматических установок пожаротушения, пожарной сигнализации, аварийного освещения предусматривается самостоятельная

электрическая сеть, начиная от вводно-распределительного устройства до потребителя электроэнергии.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется категория взрывоопасности технологического процесса?
2. Перечислите классификацию взрывоопасных зон?
3. Перечислите классификацию пожароопасных зон?
4. На какие электроустановки по условиям электробезопасности разделяют?

2.3.8. Схемы управления для электрического и электромеханического оборудования

Используемая в сетях и на предприятиях электрическая аппаратура отличается большим многообразием. К ней можно отнести все виды выключателей, рубильников, контакторов, реле, магнитных пускателей, контроллеров, командоаппаратов, реостатов, предохранителей, а также комплектные устройства из аппаратов, измерительных приборов и др.

Для качественного и бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией необходимы: надежное согласование всех элементов энергосистемы (источника электроэнергии, сети, нагрузки, устройств управления и защиты); развитая система их эксплуатации и контроля; правильно организованная периодичность профилактик, ревизий и ремонтов.

По уровню надежности электроснабжения всех потребителей электроэнергии разделяют на три категории. К первой категории относят электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Питание таких электроприемников обеспечивается от двух независимых взаимно резервирующих источников. Перерыв в электроснабжении допускается лишь на время автоматического восстановления питания при отказе одного из источников. Независимым называется источник питания, на котором в послеаварийном режиме сохраняется напряжение при исчезновении его на другом источнике питания.

Из электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования. Электроснабжение этой группы осуществляется от трех независимых взаимно резервирующих источников питания.

Ко второй категории относят электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. Такие электроприемники рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Перерыв в электроснабжении допустим лишь на время включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой. Питание электроприемников второй категории допускается и по одной воздушной линии, но в этом случае необходимо обеспечить аварийный ремонт линии за время не более одних суток.

К третьей категории относят все остальные электроприемники, электроснабжение которых может выполняться от одного источника питания при условии, что его перерывы, необходимые для ремонта и замены поврежденного элемента, не превышают одних суток. Исполнение электрической аппаратуры должно соответствовать условиям окружающей среды.

Основными задачами обслуживания сетей и аппаратуры являются: обеспечение надежной работы оборудования и его режимов работы в соответствии с техническими параметрами; соблюдение установленного порядка и последовательности выполнения оперативных переключений; контроль за своевременным проведением профилактических испытаний и ремонта оборудования; надзор и уход за вспомогательным оборудованием и помещениями.

Электротехнические устройства являются функциональными частями любых электрических схем, что впоследствии обеспечивают её общую работоспособность как целостной электрической системы, которая изначально собиралась для выполнения определённой задачи. Электроустройства являются элементами управления, выполнения, распределения, защиты, переключения, индикации и т.д. Именно на основе них появляется возможность создания любого электрооборудования, различной назначения и сложности.

К подобным электротехническим устройствам относятся автоматические выключатели, магнитные пускатели, различные реле, электродвигатели, датчики, счетчики и измерители, преобразователи и т.д., устанавливаются обычно, при выполнении электромонтажа и сборки внутри шкафов, панелей, щитков, стен и т.д. К примеру, обычные розетки, автоматы, выключатели, блоки управления, индикаторы и т.д.

Электротехнические устройства специального назначения. К этой разновидности устройств можно отнести всевозможные устройства и приборы, что способствуют выполнению специфических задач в различных сферах производства и науки, к ним относятся редукторы, насосы, преобразователи частоты, вентиляторы, электродвигатели,

электропылеулавливающие установки и электролиза, шкафы управления и автоматизации и т.д.

Схемы управления электрическим и электромеханическим оборудованием в общем случае разрабатывают в проектах силового электрооборудования и электроснабжения промышленных предприятий. Однако автоматизация большинства объектов неразрывно связана с комплексом оборудования участвующих в технологическом процессе. Для управления этих механизмов требуется разработка отдельных схем от более простых для запуска электрооборудования до более сложных, задействованных в управлении технологических процессов.

В качестве электроприводов механизмов автоматизируемого технологического оборудования (насосов, вентиляторов, задвижек, клапанов и т. п.) в основном используют реверсивные и нереверсивные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, схемы управления которыми будут в дальнейшем рассмотрены. Построение этих схем управления осуществляется в основном на базе релейно-контактных аппаратов. Это обусловлено наличием большого выбора серийно выпускаемой релейно-контактной аппаратуры с контактными устройствами различных исполнений и обмотками, работающими на различных напряжениях.

Анализ схем управления, в том числе и самых сложных, показывает, что схемы управления электроприводами технологических механизмов представляют собой определенные сочетания ограниченного числа узлов и простейших электрических цепей, связывающих эти узлы. Знание типовых решений значительно облегчает чтение конкретных схем управления.

Чтение принципиальных схем управления электроприводами технологических механизмов следует начинать с изучения технических требований, предъявляемых к схеме, и установления условий и последовательности действия схемы. Важное место при этом занимает изучение принятой схемы организации управления электроприводами, на которой целесообразно остановиться более подробно.

На рисунке 2.3.8.1 представлена схема, применяемая при установочном (толчковом) режиме работы электропривода.

Нажатие на кнопку SB обеспечивает кратковременное, небольшое перемещение (толчком) тому или иному движущемуся элементу машины. Данный принцип управления электродвигателем используется в подъемно-транспортных механизмах, металлорежущих станках.

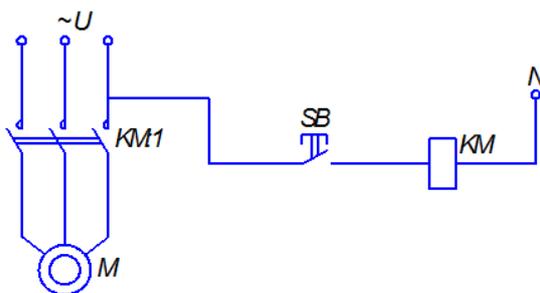


Рисунок 2.3.8.1 Схема включения двигателя, работающего в толчковом (установочном) режиме.

На рисунке 2.3.8.2 предоставлено схема, обеспечивающая управление двигателем одним и тем же приводом в длительном и установочном режимах.

При нажатии на кнопку SB3 включается пускатель КМ, который контактами КМ1 запускает двигатель М. Двигатель работает в толчковом режиме аналогично схеме на рисунке 2.3.8.1.

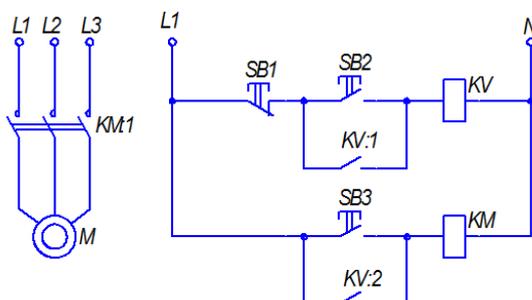


Рисунок 2.3.8.2. Схема включения двигателя для работы в длительном и толчковом (установочном) режимах.

При нажатии кнопки SB2 включается промежуточное реле KV, которое контактом KV:1 шунтирует кнопку SB2, контактом KV:2 включается пускатель КМ и двигатель М начинает работать в длительном режиме. Для остановки двигателя необходимо нажать кнопку SB1.

В электрических системах ряда установок встречаются схемы, позволяющие при помощи одной кнопки управлять несколькими электрическими цепями. В этом случае используют многоконтактное промежуточное реле. На рисунке 2.3.8.3 представлена схема, в которой при нажатии на кнопку SB2 происходит включение контакторов КМ1 и КМ2, следовательно, обеспечивается одновременный пуск двигателей М1 и М2. Для одновременной остановки двигателей служит кнопка SB1. Схема предусматривает также возможность отдельного включения и отключения каждого электродвигателя. Данный режим обеспечивается нажатием соответствующих кнопок SB3 и SB4, SB5 и SB6. Совместное управление приводами применяют, например, для включения станочной линии, состоящей из нескольких станков. Раздельная работа приводов предусматривается для наладочных и ремонтных работ.

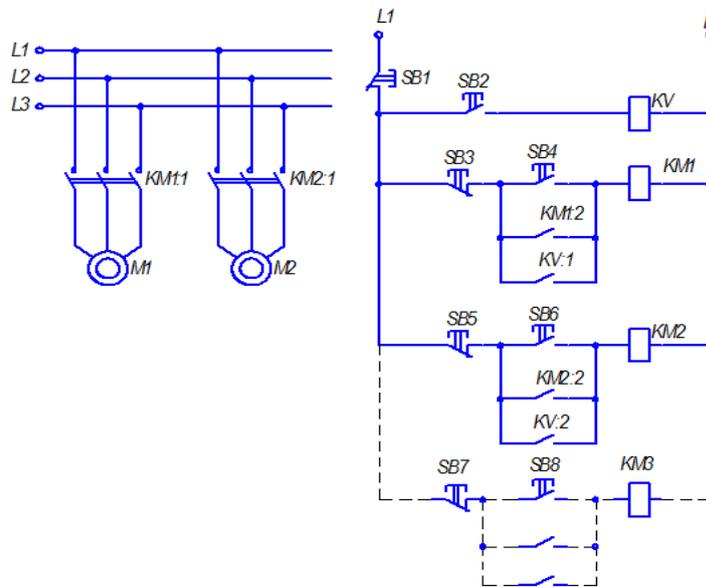


Рисунок 2.3.8.3. Схема одновременного включения нескольких электродвигателей

Управление приводами включает в себя пуск электродвигателя в работу, регулирование скорости вращения, изменение направления вращения, торможение и останов электродвигателя. Для управления приводами применяются электрические коммутационные аппараты, такие как автоматические и неавтоматические выключатели, контакторы и магнитные пускатели. Для защиты электродвигателей от ненормальных режимов (перегрузок и коротких замыканий) применяются автоматические выключатели, предохранители и тепловые реле.

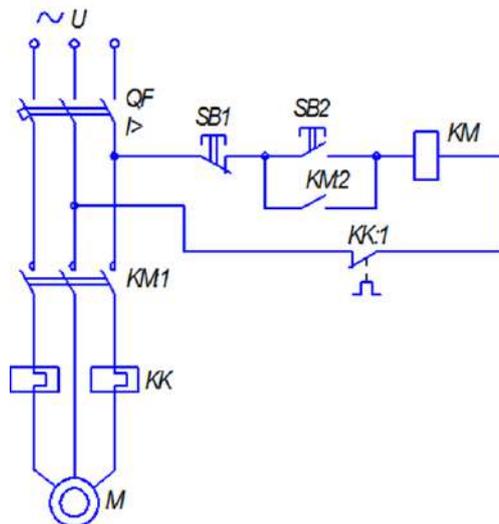


Рисунок 2.3.8.4. Схема включения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя:

Q - выключатель; *F* - предохранитель; *KM* - магнитный пускатель, *KK1*, - тепловое реле; *SB2* - кнопочный выключатель включения двигателя; *SB1* - кнопочный выключатель отключения двигателя

Магнитные пускатели широко применяются для двигателей мощностью до 100 кВт. Они применяются в продолжительном и повторно-кратковременном режиме работы привода. Магнитный пускатель позволяет осуществлять дистанционный пуск. Для включения электродвигателя М первым включается выключатель Q. Пуск двигателя в работу осуществляется включением кнопочного выключателя SBС. Катушка (электромагнит включения) магнитного пускателя КМ получает питание от сети и замыкает контакты КМ в главной цепи и в цепи управления. Вспомогательный контакт КМ в цепи управления шунтирует кнопочный выключатель SBС и обеспечивает продолжительную работу привода после снятия нагрузки нажатия с кнопочного выключателя. Для защиты электродвигателя от перегрузки в магнитном пускателе имеется тепловое реле КК1, включаемые в две фазы электродвигателя. Вспомогательные контакты этих реле включаются в цепь питания катушки КМ магнитного пускателя. Для защиты от коротких замыканий в каждой фазе главной цепи электродвигателя устанавливаются автоматический выключатель QF. Отключение электродвигателя осуществляется нажатием на кнопочный выключатель SBT.

Во многих случаях при управлении электроприводом необходимо изменять направление вращения электродвигателя. Для этого применяются реверсивные магнитные пускатели.

На рисунке 2.3.8.5. приведена схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя. Для включения электродвигателя М должен быть включен выключатель Q. Включение электродвигателя для одного направления, условно «Вперед», производится нажатием кнопочного выключателя SB3 в цепи питания катушки КМ1 магнитного пускателя. При этом катушка (электромагнит включения) магнитного пускателя КМ1 получает питание от сети и замыкает контакты КМ1 в главной цепи и в цепи управления. Вспомогательный контакт КМ1 в цепи управления шунтирует кнопочный выключатель SB3 и обеспечивает продолжительную работу привода после снятия нагрузки нажатия с кнопочного выключателя.

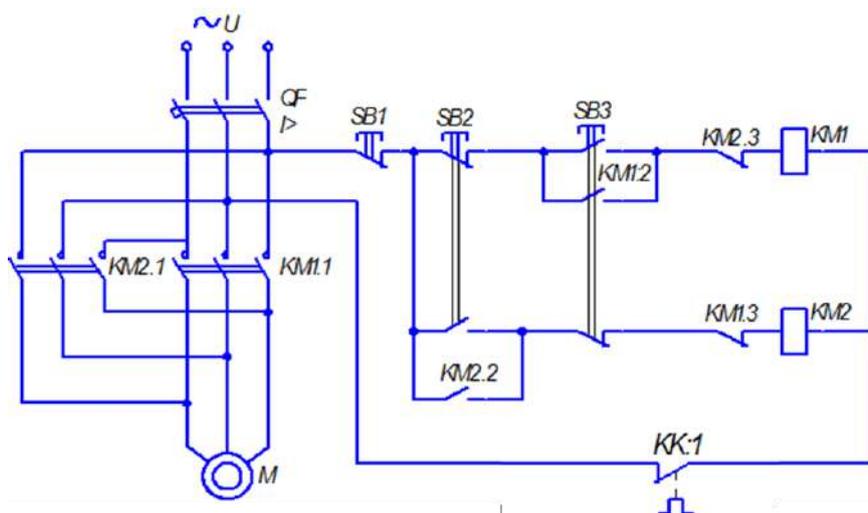


Рисунок 2.3.8.5. Схема управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя: *Q* - выключатель; *F* - предохранитель; *KM1*, *KM2* - магнитный пускатель; *SB2*, *SB3* - кнопочный выключатель включения двигателя; *KK1* - тепловое реле; *SB1* - кнопочный выключатель отключения двигателя

Для пуска электродвигателя в противоположном направлении, условно «Назад», необходимо нажать кнопочный выключатель *SB2*. Кнопочные выключатели *SB2* и *SB3* имеют электрическую блокировку, исключающую возможность одновременного включения катушек *KM1* и *KM2*. Для этого в цепь катушки *KM1* включается вспомогательный контакт пускателя *KM2.3*, а в цепь катушки *KM2* - вспомогательный контакт *KM1.3*.

Для отключения электродвигателя от сети при его вращении в любом направлении необходимо нажать на кнопочный выключатель *SB1*. При этом цепь любой катушки и *KM1* и *KM2* разрывается, их контакты в главной цепи электродвигателя размыкаются, и электродвигатель останавливается.

Схема реверсивного включения может в обоснованных случаях применяться для торможения двигателя противовключением.

В системах управления электроприводами широко используются блокировочные связи. Блокировкой обеспечивают фиксацию определенного состояния или положения рабочих органов устройства или элементов схемы. Блокировка обеспечивает надежность работы привода, безопасность обслуживания, необходимую последовательность включения или отключения отдельных механизмов, а также ограничение перемещения механизмов или исполнительных органов в пределах рабочей зоны.

Различают механическую и электрическую блокировки.

Примером простейшей электрической блокировки, применяемой практически во всех схемах управления, является блокировка кнопки «Пуск» *SB2* рисунком 2.3.8.5. контактом *KM2*. Блокировка этим контактом позволяет после включения двигателя кнопку *SB2* отпустить, не прерывая цепи питания катушки магнитного пускателя *KM*, которое идет через блокировочный контакт *KM2*.

В схемах реверсирования электродвигателей (при обеспечении движения механизмов вперед-назад, вверх-вниз и т.д.), а также при торможении применяются реверсивные магнитные пускатели. Реверсивный магнитный пускатель состоит из двух нереверсивных. При работе реверсивного пускателя необходимо исключить возможность их одновременно включения. Для этого в схемах предусматриваются и электрическая, и механическая блокировки (рисунок 2.3.8.6). Если реверсирование двигателя выполняется двумя нереверсивными магнитными пускателями, то роль электрической блокировки играют контакты КМ1:3 и КМ2:3, а механическая блокировка обеспечивается кнопками SB2 и SB3, каждая из которых состоит из двух контактов, связанных между собой механически. При этом один из контактов-замыкающий, другой - размыкающий (механическая блокировка).

Схема работает следующим образом. Предположим, что при включении пускателя КМ1 двигатель М вращается по часовой стрелке и против часовой - при включении КМ2. При нажатии кнопки SB3 сначала размыкающий контакт кнопки разорвет цепь питания пускателя КМ2 и только потом замыкающий контакт SB3 замкнет цепь катушки КМ1.

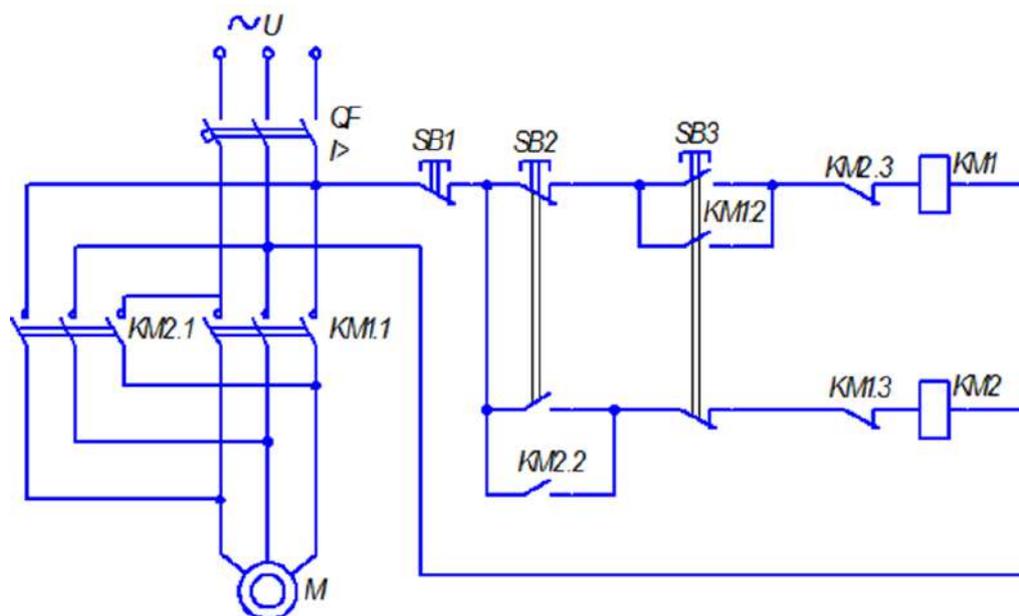


Рисунок 2.3.8.6. Механическая и электрическая блокировки при реверсировании привода

Пускатель КМ1 включается, запускается с вращением по часовой стрелке двигатель М. Контакт КМ1.3 размыкается, осуществляя электрическую блокировку, т.е. пока включен КМ1, цепь питания пускателя КМ2 разомкнута и его нельзя включить. Для осуществления реверса двигателя необходимо его остановить кнопкой SB1, а затем, нажав кнопку SB2, запустить в обратную сторону. При нажатии SB2 сначала размыкающим контактом SB2 разрывается цепь питания катушки КМ1 и далее замыкается цепь питания катушки КМ2 (механическая блокировка). Пускатель КМ2

включается и реверсирует двигатель М. Контакт КМ2:3, размыкаясь, осуществляет электрическую блокировку пускателя КМ1.

Чаще реверсирование двигателя выполняется одним реверсивным магнитным пускателем. Такой пускатель состоит из двух простых пускателей, подвижные части которых между собой связаны механически с помощью устройства в виде коромысла. Такое устройство называется механической блокировкой, не позволяющей силовым контактам одного пускателя КМ1 одновременно замыкаться силовым контактам другого пускателя КМ2 (рисунок 2.3.8.7).

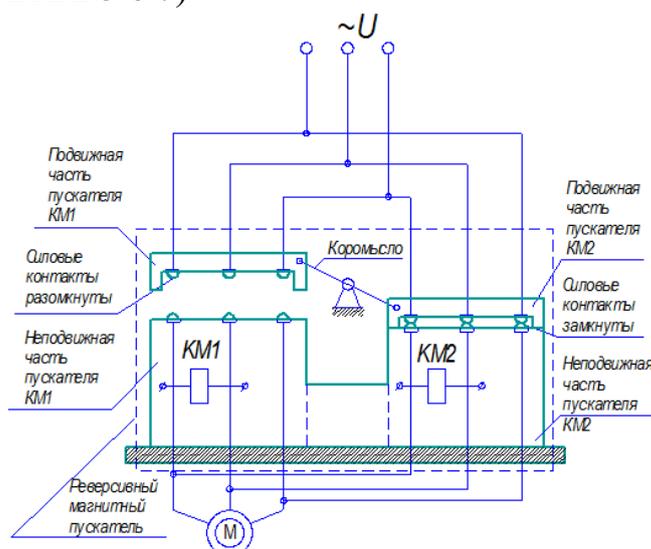


Рисунок 2.3.8.7. Механическая блокировка «коромыслом» подвижных частей двух пускателей единого реверсивного магнитного пускателя

Электрическая схема управления реверсом двигателя при помощи двух простейших пускателей единого реверсивного магнитного пускателя такая же, как и электрическая схема управления реверсом двигателя с использованием двух нереверсивных магнитных пускателей (рисунок 2.3.8.6), с применением в электрической схеме таких же электрических и механических блокировок.

Анализ схем управления, в том числе и самых сложных, показывает, что схемы управления электроприводами технологических механизмов представляют собой определенные сочетания ограниченного числа типизированных узлов и простейших электрических цепей, связывающих эти узлы. Знание типовых решений значительно облегчает чтение конкретных схем управления.

Чтение принципиальных схем управления электроприводами технологических механизмов следует начинать с изучения технических требований, предъявляемых к схеме, и установления условий и последовательности действия схемы. Важное место при этом занимает изучение принятой схемы организации управления электроприводами, на которой целесообразно остановиться более подробно.

2.3.9. Организация рабочего места

Организация рабочего места - комплекс мероприятий, обеспечивающих на рабочем месте необходимые условия для высокопроизводительного и безопасного труда работников, выпуска продукции высокого качества, а также наиболее полное использование оборудования, повышение содержательности и привлекательности труда, сохранение здоровья работников.

При организации рабочего места необходимо решать следующие задачи: оснащение рабочего места средствами труда и предметами труда в соответствии с заданными технологическими процессами; рациональная планировка рабочего места; обеспечение безопасности работы, нормальных условий труда.

Если рабочее место организовано в соответствии с требованиями нормативных правовых актов по охране труда, уменьшается время, необходимое работникам для выполнения своих обязанностей, устраняются их ненужные передвижения в рабочее время, экономно используются площади. Хорошие условия труда снижают напряженность и утомляемость работников, что способствует повышению их производительности труда и сохранению здоровья.

Монтаж вторичных цепей на панелях, пультах и в шкафах в мастерских можно механизировать, на уже установленных объектах монтируют только ручную, при этом требуется большое количество квалифицированных рабочих.

Организация работы членов бригады должна исключать потери рабочего времени.

Перед началом работы электромонтер обязан привести в порядок спецодежду, обувь, одеть респиратор и каску, проверить наличие необходимого для работы инструмента, проверить пригодность защитных средств, тщательно осмотреть состояние инструмента и приспособлений, убедиться в их исправности. Перед применением электрозащитных средств, электромонтёр должен проверить их исправность, отсутствие внешних повреждений, очистить и обтереть от пыли, проверить по штампу срок годности, а также соответствует ли защитное средств по напряжению электроустановке, где оно будет применяться. Оперативно-ремонтному персоналу производство всех видов работ в помещениях распределительных устройств выполнять в специализированных средствах индивидуальной защиты.

Рабочее место электромонтеров должно быть обеспечено удобным инвентарем: бригадными шкафами, ящиками для инструмента и мелких деталей, которые одновременно служат для сидения рабочего во время работы, столами для рассмотрения чертежей, контейнером для хранения материалов и инструмента бригадного пользования, ящиком для обрезков проводов и т.п.

Применяемые для ремонтных работ подмости, лестницы должны быть исправны, испытаны и выполнены согласно правилам, на лестницах должны быть указаны инвентарный номер, дата следующего испытания, принадлежность участку. Применение металлических лестниц в электроустановках не допускается.

Ремонтные работы производить только после полной остановки оборудования и отключения его. Запрещается эксплуатация оборудования без ограждения и заземления.

Рабочее место электромонтера должно содержаться в чистоте. На рабочем месте должны находиться только те предметы и инструменты, которые необходимы для выполнения данной работы.

Инструмент, заготовки должны располагаться таким образом, чтобы было удобно брать их при выполнении работы.

Подача каких-либо предметов работающему наверху должна производиться при помощи веревки, к середине которой привязывается предмет, второй конец веревки должен находиться в руках у работающего внизу. Канаты, шнуры и веревки, применяемые при такелажных работах, должны быть снабжены бирками, на которых указан инвентарный номер, допустимая грузоподъемность и дата следующего испытания. Подбрасывание предметов для подачи работающим наверху, запрещается.

При выполнении ремонтных работ на электроустановках, необходимо выполнить технические мероприятия:

- произвести необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой вывешены запрещающие плакаты;
- проверить отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложить заземление (включить заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установить переносные заземления);
- вывесить предупреждающие и предписывающие плакаты, оградить при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части. В зависимости от местных условий токоведущие части ограждаются до или после наложения заземлений.

При монтаже вторичных цепей выполняют следующие операции: отмеряют концы кабелей или проводов; снимают оболочки с кабелей, изоляцию с жил кабелей и с проводов; надевают защитную трубку или наносят защитное покрытие на жилы кабеля; прозванивают концы проводов и жил кабелей; прокладывают кабели по полкам и стойкам; прокладывают провода и жилы кабелей в панелях; крепят кабели, провода и жилы кабелей;

маркируют (временно и постоянно) кабели, жилы кабелей, проводов и подключают их.

Кабельные трассы. До начала прокладки кабелей в лотках, кабельных траншеях и туннелях необходимо убедиться, что все строительные работы по трассе выполнены.

Строительная организация представляет исполнительные чертежи на кабельные сооружения. Кабельные трассы под монтаж принимают в присутствии представителя эксплуатирующей организации.

При всех способах прокладки кабелей налаживают четкую сигнализацию, рабочие должны знать значение сигналов. Сигналы могут передавать рабочие - сигнальщики, не участвующие непосредственно в прокладке кабелей. Сигнализация может быть световой и звуковой. При прокладке кабелей при помощи лебедок обязательно устанавливают световую и звуковую сигнализацию от места установки барабана к лебедке. Желательно такую же сигнализацию иметь из нескольких точек трассы. Сигналы должны подаваться по всей трассе до начала работы лебедки (предупреждающий сигнал) и при требованиях на остановку лебедки. Особенно эффективна сигнализация на остановку лебедки, сблокированная с пускателем двигателя лебедки, отключающая лебедку автоматически одновременно с подачей сигнала.

Кабельные барабаны расстанавливают вдоль трассы в зависимости от длины кабеля на барабанах, направления раскатки кабеля и удобства площадки для размещения барабанов. Кабель раскатывают с барабана, установленного на домкратах или специальных приспособлениях.

Рабочих расстанавливают на всех поворотах трассы (рабочий должен находиться на внешнем углу поворота), на переходах и в местах, где имеется пересечение с действующими кабелями и другими препятствиями. Рабочим показывают места прохождения кабелей, находящихся под напряжением. Уложенные кабели сразу предъявляют заказчику и после осмотра немедленно закрывают.

Работа в электротехнических помещениях. К электротехническим помещениям относятся: подстанции, распределительные устройства, щитовые помещения, машинные залы, аккумуляторные и конденсаторные помещения, кабельные этажи, каналы, туннели, колодцы.

Электромонтажные работы в электротехнических помещениях начинают после окончания строительных и отделочных работ. До начала электромонтажных работ должны быть закончены монтажом вспомогательные установки - отопление, вентиляция, водоохлаждение и т.п. Чтобы не испортить строительную часть помещений при монтаже электрических устройств, а также для своевременной укладки трубных и других элементов проводок в фундаментах и перекрытиях, выполняют монтажные работы первого этапа: установку закладных частей для крепления оборудования, проводок монтажных узлов, блоков и комплектных устройств;

закладку труб в фундаменты и перекрытия; установку всевозможных конструкций и другие подобные работы.

Помещения, в которых монтируют вторичные цепи, должны быть хорошо освещены. Если на рабочем месте (за щитом, в пульте и т.п.) требуется дополнительное освещение, применяют переносные лампы на напряжение не выше 36 в, а в особо опасных местах - не выше 12 в.

Преждевременное начало монтажных работ в незаконченных строительством помещениях ведет к перерывам в производстве электромонтажных работ и порче оборудования. Это особенно относится к работам по монтажу вторичных цепей - очистка и ремонт загрязненных и запыленных щитов требуют большого количества рабочего времени для приведения щитов в надлежащий вид.

Выводы

Второй модуль учебного пособия «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» предназначен для получения навыков и знаний, необходимые для выполнения проверки и наладки электрооборудования, являющихся общими для различных отраслей электроэнергетики. В данном разделе учебного пособия Вы изучили:

- Схемы управления технологических механизмов и установок;
- Расчет мощности и выбор электродвигателя для различного рода рабочих машин;
- Расчет и выбор силового электрооборудования, пусковой и защитной аппаратуры;
- Расчет электрических и электромеханических параметров электроприводов для различного рода рабочих машин;
- Классификация и выбор системы электроосвещения по техническим параметрам;
- Расчет и выбора системы электроосвещения точечным методом;
- Расчет и выбора системы электроосвещения методом коэффициента использования светового потока;
- Выбор марки провода и способы прокладки для подключения силового и осветительного электрооборудования к групповым щиткам цеха;
- Прокладка провода к групповым щиткам цеха;
- Устройство и принцип работы электротермических установок;
- Устройство и принцип работы электрооборудования подъемно – транспортных механизмов;
- Устройство и принцип работы электрооборудования механизмов непрерывного транспорта;
- Устройство и принцип работы электрооборудования компрессоров, вентиляторов, насосов;
- Условия и режимы работы электрооборудования металлургических заводов;

- Схемы управления и автоматизации оборудования цехов предприятий металлургии;
- Правила безопасной эксплуатации электрооборудования в взрыво и пожароопасных помещениях;
- Схемы управления для электрического и электромеханического оборудования;
- Организация рабочего места.

Список рекомендуемой литературы

1. Маскаленко В.В. «Система автоматизированного управления электропривода», М: ИНФРА-М, 2004г.
2. Павлович С.Н., Фигаро Б.И. «Ремонт и обслуживание электрооборудования», М: Высшая школа 2005г.
3. Поярков К.М. «Электрические станции, подстанции, линии и сети» Мн.: Высшая школа 1994г.
4. «Правила устройства электроустановок», М: МЮ РК от 29 апреля 2015 года № 1085.
5. «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», М: МЮ РК от 19 марта 2015 года № 222.
6. Пятницкая В.Р. «Практические и тестовые задания по технической эксплуатации электрооборудования», М: 2005г.
7. Сибикин Ю.Д. «Обслуживание электроустановок промышленных предприятий», М:2000г.
8. Сибикин Ю.Д. «Справочник электромонтажника», М:2003г.
9. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. «Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий», М: «Высшая школа» 2001г.
10. Касаткин А.С., Немцев М.В. «Электротехника», М: «Высшая школа» 2002г.
11. Кудрин Б.И. «Электроснабжение промышленных предприятий», М: Интернет Инженеринг, 2006г.
12. Кноринг Г.М. «Осветительные установки», М: «ЭНЕРГОИЗДАТ» 1981г.
13. Кравченя Э.М., Козель Р.Н., Свирид И.П., «Охрана труда и основы энергосбережения»: ТеатраСистемс, М: 2005г.

Ссылки:

1. <http://se33.ru/menu-direct-current-motor/26-direct-current-motor/132-2p-90-100.html>
2. <https://megavattspb.ru/prod1-1-th.html>
3. sales@finans.ru
4. www.electricalschool.info/main/ekspluat
5. www.ypag.ru

3. ПРОВЕРКА И НАЛАДКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цели обучения

После прохождения данного модуля Вы сможете:

1. Знать специальные измерения.
2. Выполнять оценку состояния действующего электрооборудования.
3. Знать измерения при производстве наладочных работ.
4. Знать проверку и испытание электрооборудования

Схема курса

ПМ 08 Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности

ПМ 09 Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования

ПМ 10 Проверка и наладка электрооборудования

ПМ 11 Устранение и предупреждение аварий и неполадок электрооборудования

ПМ 12 Выполнение основных видов работ по квалификации электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

ЭЛЕКТРОМОНТЕР ПО РЕМОНТУ И
ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля Вам рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям по квалификации «Электрослесарь (слесарь) дежурный и по ремонту оборудования» и модулей «Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности», «Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования» согласно Типового учебного плана по специальности «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования (по видам)».

Введение

Данный модуль описывает знания, умения и навыки, необходимые для применения схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности.

В результате изучения модуля, обучающиеся осваивают:

- методику выполнения специальных измерений;
- методы оценки состояния действующего электрооборудования;
- методы измерений при производстве наладочных работ;
- методику проверки и испытаний электрооборудования;
- методику проверки и испытаний аппаратуры распределительных устройств.

При изучении модуля обучающиеся учатся:

- производить оценку состояния электрооборудования по результатам проверок измерений и испытаний;
- производить оформление протоколов проверки и испытаний, отчетов;
- производить оформление результатов оценки состояния электрооборудования;
- проводить электрические измерения;
- снимать показания приборов;
- определять соответствия номинальных параметров электродвигателя паспортным данным;
- производить измерение характеристик изоляции масляного трансформатора определением коэффициента абсорбции и тангенса угла диэлектрических потерь;
- проводить испытания электрооборудования;
- производить испытание изоляции обмоток трансформатора повышенным напряжением;
- давать обоснование выбора методов испытания электрооборудования;
- включать и соблюдать нагрузочные режимы при испытании и пробном пуске электрооборудования;
- проводить испытания электрооборудования
- заполнять технологическую документацию;
- проверять электрооборудование на соответствие чертежам, электрическим схемам, техническим условиям;
- демонстрировать практические навыки сборки схем для производства пусконаладочных работ.

3.1. Специальные измерения

3.1.1. Назначение измерительных приборов

Назначение. Электроизмерительные приборы служат для контроля режима работы электрических установок, их испытания и учета расходуемой электрической энергии. В зависимости от назначения электроизмерительные приборы подразделяют на амперметры (измерители тока), вольтметры (измерители напряжения), ваттметры (измерители мощности), омметры (измерители сопротивления), частотомеры (измерители частоты переменного тока), счетчики электрической энергии и др. Различают две категории электроизмерительных приборов: рабочие - для контроля режима работы электрических установок в производственных условиях и образцовые - для градуировки и периодической проверки рабочих приборов.

Типы приборов. В зависимости от способа отсчета электроизмерительные приборы разделяют на приборы непосредственной оценки и приборы сравнения.

Приборами непосредственной оценки, или показывающими, называются такие, которые позволяют производить отсчет измеряемой величины непосредственно на шкале. К ним относятся амперметры, вольтметры, ваттметры и др. Основной частью каждого такого прибора является измерительный механизм. При воздействии измеряемой электрической величины (тока, напряжения, мощности и др.) на измерительный механизм прибора подается соответствующий сигнал на отсчетное устройство, по которому определяют значение измеряемой величины.

По конструкции отсчетного устройства показывающие приборы делятся на приборы с механическим указателем (стрелочные), со световым указателем (зеркальные), с пишущим устройством (самопишущие) и электронные приборы со стрелочным или цифровым указателем отсчета. В стрелочных приборах измерительный механизм поворачивает стрелку на некоторый угол, который определяет значение измеряемой величины (шкала прибора проградуирована в соответствующих единицах: амперах, вольтах, ваттах и пр.).

В электроизмерительных приборах сравнения измерения осуществляются путем сравнения измеряемой величины с какой-либо образцовой мерой или эталоном. К ним относятся различные мосты для измерения сопротивления и компенсационные измерительные устройства (потенциометры). Последние измеряют разность между измеряемым напряжением или ЭДС. и компенсирующим образцовым напряжением (э. д. с). В качестве сравнивающего прибора обычно используют гальванометр.

Действие электроизмерительных приборов непосредственной оценки основано на различных проявлениях электрического тока (магнитном, тепловом, электродинамическом и пр.), используя которые можно при

помощи различных измерительных механизмов вызвать перемещение стрелки.

В зависимости от принципа действия, положенного в основу устройства измерительного механизма, электроизмерительные приборы относятся к различным системам: магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, тепловой, индукционной и др. Приборы каждой из этих систем имеют свои условные обозначения.

Приборы могут выполняться с противодействующей возвратной пружиной и без пружины. В последнем случае они называются *логометрами*.

Точность приборов. Каждый механический электроизмерительный прибор имеет некоторую погрешность, которая определяется трением в его осях, технологическими допусками отдельных его деталей, гистерезисом в магнитной системе и т. д. Для оценки точности измерений используют понятие *относительная погрешность* $\Delta x\%$. Она представляет собой отношение абсолютной погрешности Δx , которая имеет место при измерениях (разность между измеренной величиной $x_{из}$ и ее действительным значением $x_{д}$), к действительному значению измеряемой величины в процентах:

$$\Delta x\% = (x_{из} - x_{д})/x_{д} \cdot 100 \quad (3.1)$$

Эта погрешность различна при разных значениях измеряемой величины, т. е. для различных делений шкалы прибора. Поэтому точность электроизмерительных приборов оценивают по *основной приведенной погрешности* Δ , которая равна отношению наибольшей абсолютной погрешности Δx_{max} для данного прибора к наибольшему (номинальному) значению $x_{ном}$ той величины (тока, напряжения, мощности и пр.), которую может измерять прибор:

$$\Delta\% = \Delta x_{max}/x_{ном} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Основной приведенной погрешностью считается погрешность прибора при нормальных условиях его работы. При отклонении от этих условий возникают дополнительные погрешности: температурная (от изменения окружающей температуры), от влияния внешних магнитных полей, от изменения частоты переменного тока и прочих.

По степени точности электроизмерительные приборы непосредственной оценки подразделяются на восемь классов:

Класс прибора 0,05 0,1 0,2 0,5 1,0 1,5 2,5 4,0

Основная приведенная погрешность, %

$\pm 0,05 \pm 0,1 \pm 0,2 \pm 0,5 \pm 1,0 \pm 1,5 \pm 2,5 \pm 4,0$

К первым трем классам относят точные лабораторные приборы. Приборы классов 0,5; 1,0 и 1,5 используют для различных технических

измерений. Они обычно переносные, подключаемые к электрическим установкам только во время измерений.

Приборы классов 2,5 и 4,0 устанавливаются постоянно на щитах и панелях управления электрическими установками.

Ошибка в показаниях прибора определяется его классом точности. Например, амперметр класса 1,5 со шкалой на 100 А может дать погрешность $(100 \cdot 1,5) / 100 = 1,5 \text{ А}$.

Таблица 3.1 Классификация приборов

	Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой
	Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом
	Электродинамический прибор
	Электромагнитный прибор
	Ферродинамический прибор
	Индукционный прибор
	Электростатический прибор
	Вибрационный (язычковый) прибор
	Тепловой прибор (с нагреваемой проволокой)
	Биметаллический прибор
	Термоэлектрический прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом
	Выпрямительный прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом

Погрешность прибора не следует смешивать с погрешностью измерений. Так как погрешность для рассматриваемого прибора, равная 1,5 А, задается независимо от измеряемого им тока, то при токе 50А погрешность измерений будет составлять 3%, а при токе 5А - 30%. Поэтому при измерениях рекомендуется так выбирать приборы, чтобы значения измеряемой величины не были существенно меньшими наибольшего ее значения, указанного на шкале прибора.

Обозначения на шкале. На шкале каждого прибора проставляют соответствующие условные обозначения, характеризующие назначение прибора (амперметр, вольтметр и т. д.), его класс точности, род тока, при котором он может применяться, систему прибора, нормальное его положение при измерениях, испытательное напряжение, при котором проверялась изоляция прибора, и пр. Для указания назначения прибора в его условное обозначение вписывают буквенные символы измеряемых величин, например А (амперметр), V (вольтметр), W (ваттметр).

3.1.2. Меры безопасности при выполнении электрических измерений

Общие требования при электрических испытаниях и измерениях сформулированы в ГОСТ 12.3.019-80. При испытании электрических машин наряду с ТБ, указанными в ГОСТ 11828-86, должны соблюдаться "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей". Ниже приводятся некоторые выработанные практикой рекомендации по монтажу измерительных схем и проведению измерений:

Для испытательных установок постоянного тока желательно заземление одного полюса (обычно отрицательной полярности). Для установок переменного тока должен заземляться один провод однофазной схемы или нулевая точка в схеме λ .

Амперметры и токовые обмотки ваттметров должны, как правило, включаться в заземленные провода. Если это невозможно, то для переменного тока 220 В и более применяются ТТ с заземлением корпусов и одного зажима вторичной (измерительной) цепи.

К заземленной точке должны присоединяться один зажим вольтметра и один зажим обмотки напряжения ваттметра, а не зажим их добавочных сопротивлений.

Обмотки ваттметров должны включаться таким образом, чтобы между ними была минимальная разность потенциалов (т. е. один из зажимов тока и один зажим напряжения должны подключаться к одному проводу сети), а если это невозможно, то минимальная разность потенциалов не должна превышать предельное напряжение, указанное на зажимах ваттметра.

Для напряжений более 220 В вольтметры и обмотки напряжения ваттметров включаются через ТН, корпуса которых и один полюс вторичной (измерительной) цепи заземляются.

Провода, присоединяемые к приборам, должны иметь наконечники с изолированной частью достаточной длины, предупреждающие прикосновение к токоведущей части. Целесообразно применение используемых рядом испытательных станций изоляционных цилиндров, надвигаемых с помощью пружины на наконечник после отключения провода.

Приборный отсек должен закрываться застекленной крышкой, при открывании которой подается световой или звуковой предупредительный сигнал "осторожно - напряжение", а при необходимости снимается напряжение с измерительных цепей. Между амперметрами и вольтметрами (ваттметрами) целесообразно иметь изоляционные перегородки.

Амперметры, в случае их включения в заземленных проводах, могут размещаться в соседнем отсеке без блокировки застекленной крышки.

Корпуса приборов (например, электронных с питанием от сети и др.) должны быть заземлены в соответствии с инструкцией по их эксплуатации. Во всех случаях, когда измерительные приборы могут оказаться под напряжением, опасным для персонала, возможность прикосновения к ним должна быть исключена.

Обязательным условием для допуска к работе на испытательной установке является, кроме знания общих правил техники безопасности, детальное знакомство со всеми электрическими схемами данной установки, что подтверждается соответствующими удостоверениями, выданными на основе периодической проверки знаний техники безопасности с присвоением квалификационной группы по электробезопасности.

Персонал испытательных станций там, где это необходимо, должен быть также знаком с техникой безопасности при перемещении грузов и сочленении испытуемых электрических машин.

3.1.3. Методика работы с комбинированными электроизмерительными приборами

Мультиметр - это универсальный комбинированный измерительный прибор, который сочетает в себе функции нескольких измерительных приборов, то есть может измерять целый диапазон электрических величин.

Самый малый набор функций мультиметра - это измерение величины напряжения, тока и сопротивления. Однако современные производители на этом не останавливаются, а добавляют в набор функций, такие, как измерение емкости конденсаторов, частоты тока, прозвонка диодов (измерение падения напряжения на р-п переходе), звуковой пробник, измерение температуры, измерение некоторых параметров транзисторов, встроенный низкочастотный генератор и многое другое. При таком наборе

функций современного мультиметра действительно встает вопрос как же все-таки им пользоваться?

Кроме того, мультиметры бывают цифровые и аналоговые.

Основные функции цифрового мультиметра М-831 и назначения органов управления прибором

Рассмотрим внимательно внешнюю панель мультиметра. Здесь мы видим в верхней части семисегментный жидкокристаллический индикатор, на котором и будут отображаться измеряемые нами величины.



Рисунок 3.1.3.1 Мультиметр

1 - выключение мультиметра.

2 - режим измерения значений переменного напряжения, имеет два диапазона измерений 200 и 600 вольт.

В других моделях мультиметров может применяться обозначение ACV - AC Voltage - (анг. Alternating Current Voltage) - переменное напряжение

3 -режим измерения значений постоянного тока в следующих диапазонах: 200 мкА, 2000 мкА, 20 мА, 200 мА.

В других моделях мультиметров может применяться обозначение DCA - (анг. Direct Current Amperage) - постоянный ток.

4 -режим измерения больших значений постоянного тока до 10 ампер.

5 - звуковая прозвонка проводов, звуковой сигнал включается при сопротивлении прозваниваемого участка менее 50 Ом.

6 - проверка исправности диодов, показывает падение напряжения на р-п переходе диода.

7 - режим измерения значений сопротивления, имеет пять диапазонов: 200 Ом, 2000 Ом, 20 кОм, 200 кОм, 2000 кОм.

8 -режим измерения значений постоянного напряжения, имеет пять диапазонов 200 мВ, 2000 мВ, 20 В, 200 В и 600 В.

В других моделях мультиметров может применяться обозначение DCV - DC Voltage - (анг. Direct Current Voltage) - постоянное напряжение (рис.3.1.3.1).

В нижнем правом углу лицевой панели мультиметра имеется три гнезда, для подключения входящих в комплект шнуров со щупами.

Будьте внимательны, при измерении тока больше 200 мА плюсовой провод подключать только в верхнее гнездо!

Мультиметр питается от 9-вольтовой батарейки типа «Крона» или согласно типоразмеру - 6F22.

Измерение мультиметром электрических величин

Итак, настало время узнать, как пользоваться мультиметром. Будем учиться измерять электрические величины на примере все того же мультиметра М-831. Еще раз напомним, что с помощью данного мультиметра можно измерить постоянное и переменное напряжение до 600 вольт, значения только постоянного тока до 10 ампер и значения электрического (активного) сопротивления до 2 мегаом.

Напомним, что для измерения напряжения на элементе (участке) электрической цепи прибор включается параллельно этому элементу (или участку цепи).

Для измерения тока в цепи прибор включается в разрыв измеряемой цепи (то есть последовательно с элементами цепи).

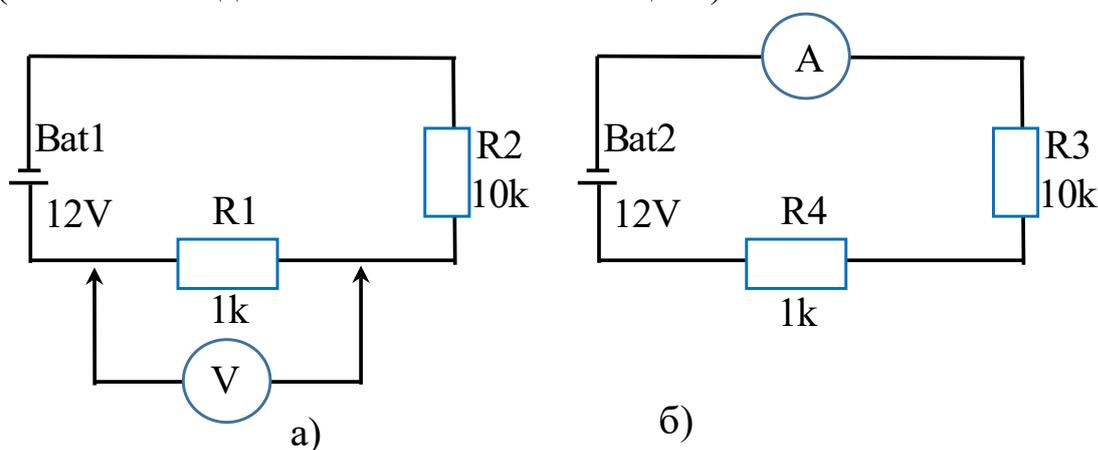


Рисунок 3.1.3.2 Схема измерения

Как пользоваться мультиметром при измерении постоянного напряжения.

Теперь давайте пошагово рассмотрим, как измерить постоянное напряжение нашим мультиметром рисунок 3.1.3.2 а.

Первое, что необходимо сделать, это выбрать род измеряемого напряжения и предел измерения. Для измерения постоянного напряжения мультиметр имеет целый диапазон значений постоянного напряжения, которые устанавливаются с помощью переключателя пределов.

Для установки предела измерения сначала определим приблизительно, какое значение напряжения мы хотим измерить. Тут надо действовать по обстановки, если измеряете, напряжение элементов питания (батареек, аккумуляторов), то ищите надписи на элементах, если измеряете, напряжение в различных электрических схемах, то раз уж туда «полезли», значит, вы и так знаете, как пользоваться мультиметром!

Допустим нам необходимо измерить постоянное напряжение на аккумуляторе от какого-то электронного устройства (можно взять аккумулятор видеокамеры).

1. Изучаем внимательно надписи на аккумуляторе, видим, что напряжение АКБ равно 7,4 вольта.

2. Устанавливаем предел измерения больше этого напряжения, но желательно близкий к этому значению, тогда измерения будут точнее.

Для нашего примера предел измерения 20 вольт.

Все же при измерении напряжения, например в схемах, советуем ставить предел больше напряжению питания схемы, дабы не привести прибор к выходу из строя.

3. Подключаем мультиметр к клеммам аккумулятора (или параллельно тому участку, где вы проводите измерение напряжения).

- щуп черного цвета один конец к гнезду СОМ мультиметра, другой к минусу измеряемого источника напряжения;

- щуп красного цвета к гнезду V Ω mA и к плюсу измеряемого источника напряжения.

4. Снимаем значение постоянного напряжения с ЖК-индикатора.

Примечание: если вам не известно примерная величина измеряемого значения напряжения, то измерение необходимо начинать с установки самого большого предела, то есть для М-831 – 600 вольт, и последовательно приближаться к пределу наиболее близкому к измеряемому значению напряжения.

Как пользоваться мультиметром при измерении переменного напряжения.

Измерение переменного напряжения производится по такому же принципу, что и измерение постоянного напряжения.

Переключите прибор в режим измерения переменного напряжения, выбрав соответствующий предел измерения переменного напряжения.

Далее подключите щупы к источнику переменного напряжения и снимите показания с индикатора.

Желательно мультиметр в режиме измерения тока рисунок 3.1.3.2 б подключать в цепь при снятом напряжении в цепи, причем на пределе 10А это является обязательной операцией, так как при больших токах это совсем не безопасно.

И последний нюанс: в характеристиках приборов некоторых производителей не рекомендуется включать мультиметр для измерения тока на пределе 10 А более 15 секунд.

Как пользоваться мультиметром при измерении сопротивления.

Для измерения сопротивления с помощью мультиметра, последний необходимо переключить в один из пяти пределов измерения сопротивления.

Причем правила выбора предела измерения, следующие:

1. Если вам заранее известно значение измеряемого сопротивления (например, в случае проверки резистора на предмет «исправен» или

«неисправен»), то предел измерения выбирается больше значения измеряемого сопротивления, но как можно ближе к нему. Только в этом случае вы сведете к минимуму погрешность измерения сопротивления.

2. Если вам заранее не известно значение измеряемого сопротивления, то необходимо установить максимальный предел измерения (для М-831 это 2000 кОм) и изменяя пределы последовательно приближаться к измеряемому значению сопротивления.

Примечание: если на экране мультиметра отображается «1», то значение измеряемого сопротивления больше установленного предела измерения, в этом случае необходимо переключить предел в сторону его увеличения.

Для измерения сопротивления просто подключите щупы прибора к элементу, сопротивление которого вы хотите измерить и снимите показания с индикатора прибора.

3.1.4. Принципы телеизмерений. Измерение неэлектрических величин электрическими методами

Измерение различных неэлектрических величин (перемещений, усилий, температур и т. п.) электрическими методами выполняют с помощью устройств и приборов, преобразующих неэлектрические величины в зависимые от них электрические, которые измеряют электроизмерительными приборами со шкалами, градуированными в единицах измеряемых неэлектрических величин.

Преобразователи неэлектрических величин в электрические, или датчики, разделяют на параметрические, основанные на изменении какого-либо электрического или магнитного параметра (сопротивления, индуктивности, емкости, магнитной проницаемости и т. п.) под действием измеряемой величины, и генераторные, в которых измеряемая неэлектрическая величина преобразуется в зависимую от нее э. д. с. (индукционные, термоэлектрические, фотоэлектрические, пьезоэлектрические и другие). Параметрическим преобразователям необходим посторонний источник электрической энергии, а генераторные сами являются источниками энергии.

Один и тот же преобразователь можно использовать для измерения различных неэлектрических величин и, наоборот, измерение какой-либо неэлектрической величины можно выполнить с помощью преобразователей различных типов.

Кроме преобразователей и электроизмерительных приборов, установки для измерения неэлектрических величин имеют промежуточные звенья - стабилизаторы, выпрямители, усилители, измерительные мосты и т. п.

Для измерения линейных перемещений применяют индуктивные преобразователи - электромагнитные устройства, у которых параметры электрических и магнитных цепей изменяются при перемещении

ферромагнитного магнитопровода или якоря, соединенного с перемещающейся деталью.

Для преобразования значительных перемещений в электрическую величину используют преобразователь с подвижным ферромагнитным поступательно движущимся магнитопроводом рисунок 3.1.4.1, а. Поскольку положение магнитопровода определяет индуктивность преобразователя (рисунок 3.1.4.1,б, а следовательно, и его полное сопротивление, то при стабилизированном напряжении источника электрической энергии переменного напряжения неизменной частоты, питающего цепь преобразователя, можно по току судить о перемещении детали, механически связанной с магнитопроводом. Шкалу прибора градуируют в соответствующих единицах измерения, например в миллиметрах (мм).

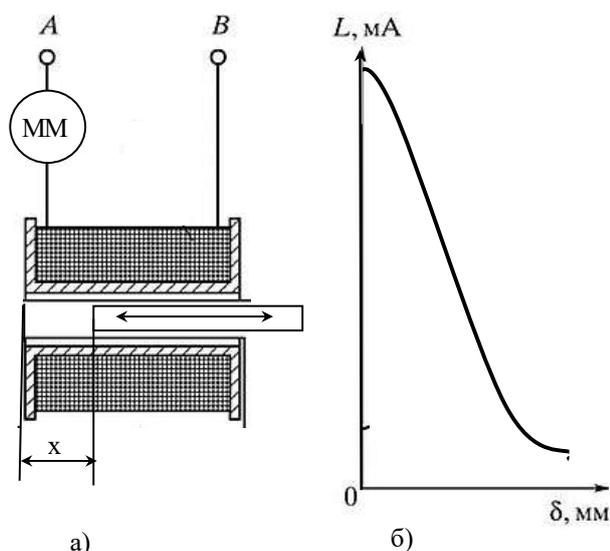


Рисунок 3.1.4.1 Индуктивный преобразователь с подвижным ферромагнитным магнитопроводом: а - схема устройства, б - график зависимости индуктивности преобразователя от положения его магнитопровода.

Для преобразования малых перемещений в удобную для электрического измерения величину применяют преобразователи с изменяющимся воздушным зазором в виде подковы с обмоткой и якорем рисунок 3.1.4.2, а, который жестко связан с перемещаемой деталью.

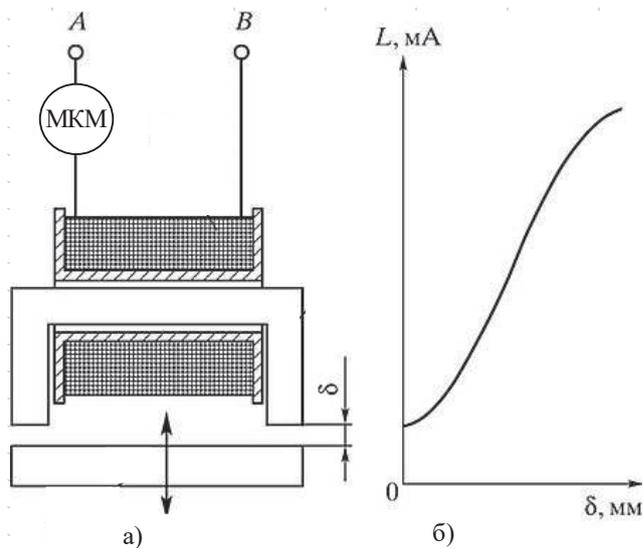


Рисунок 3.1.4.2 Индуктивный преобразователь с изменяющимся воздушным зазором: а - схема устройства, б - график зависимости тока обмотки преобразователя от воздушного зазора в магнитной системе.

Всякое перемещение якоря приводит к изменению тока / в обмотке рисунка 3.1.4.2, б, что позволяет при неизменном переменном напряжении стабильной частоты градуировать шкалу электроизмерительного прибора в единицах измерения, например в микрометрах (мкм).

Большой чувствительностью обладают дифференциальные индуктивные преобразователи с двумя одинаковыми магнитными системами и одним общим якорем, расположенным симметрично относительно обоих магнитопроводов с воздушным зазором одинаковой длины (рис. 3.1.4.3), у которых линейное перемещение якоря из его среднего положения одинаково изменяет оба воздушных зазора, но с разными знаками, что нарушает равновесие предварительно уравновешенного моста переменного тока из четырех обмоток. Это дает возможность судить о перемещении якоря по току измерительной диагонали моста, если он получает питание при стабилизированном переменном напряжении неизменной частоты.

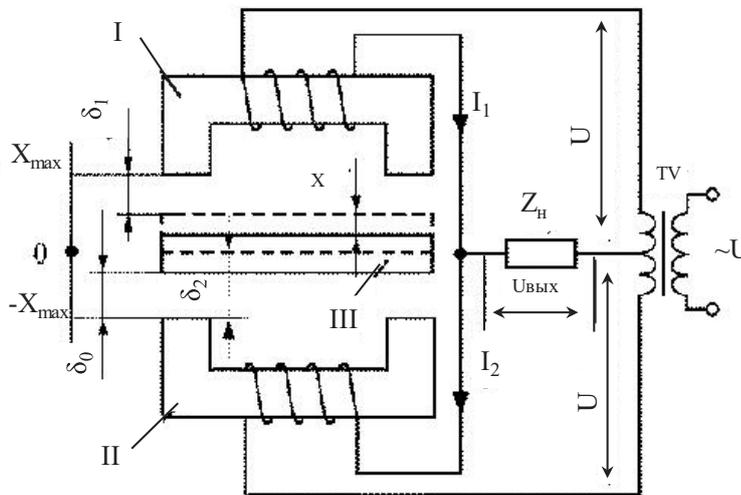


Рисунок 3.1.4.3 Схема устройства дифференциального индуктивного преобразователя.

Для измерения механических усилий, напряжений и упругих деформаций, возникающих в деталях и узлах различных конструкций, применяют проволочные преобразователи - тензорезисторы, которые деформируясь, вместе с исследуемыми деталями, меняют свое электрическое сопротивление. Обычно сопротивление тензорезистора составляет несколько сотен ом, а относительное изменение его сопротивления - десятые доли процента и зависит от деформации, которая в пределах упругости прямо пропорциональна приложенным усилиям и возникающим механическим напряжениям.

Тензорезисторы изготавливают в виде зигзагообразно расположенной проволоки большого удельного сопротивления (константан, нихром, манганин) диаметром 0,02 - 0,04 мм либо из медной специально обработанной фольги толщиной 0,1 - 0,15 мм, которые заклеивают бакелитовым лаком между двумя слоями тонкой бумаги и подвергают термической обработке рисунок 3.1.4.4, а.

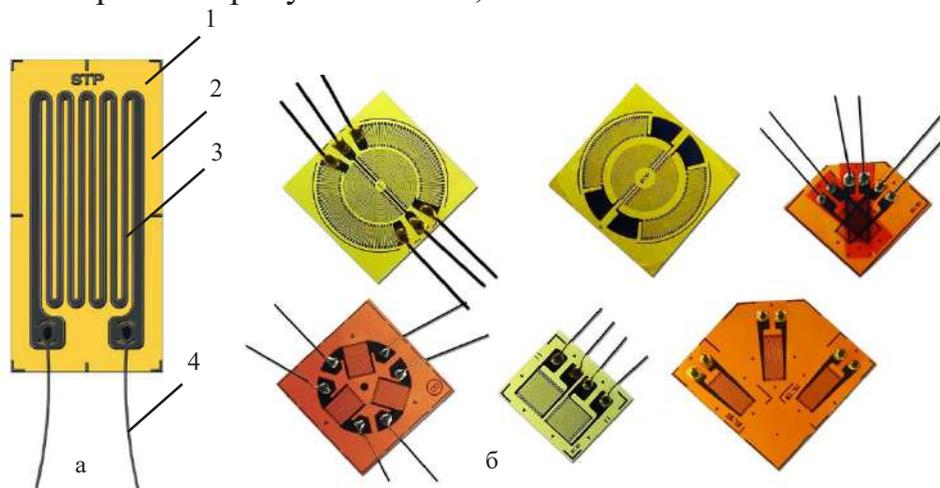


Рисунок 3.1.4.4. Тензорезистор: а - схема устройства: 1 - деформируемая деталь, 2 - тонкая бумага, пропитанная клеем, 3 - проволока, 4 - выводы, б –разновидность конструкций

Изготовленный тензорезистор приклеивают к тщательно очищенной деформируемой детали очень тонким слоем изоляционного клея так, чтобы направление ожидаемой деформации детали совпало с направлением длинных сторон петель проволоки. При деформации тела приклеенный тензорезистор воспринимает эту же деформацию, что изменяет его электрическое сопротивление вследствие изменения размеров проволоки датчика, а также структуры ее материала, которая сказывается на удельном сопротивлении проволоки.

Поскольку относительное изменение сопротивления тензорезистора прямо пропорционально линейной деформации исследуемого тела, а следовательно, и механическим напряжениям внутренних сил упругости, то, пользуясь показаниями гальванометра измерительной диагонали предварительно уравновешенного моста резисторов, одним из плеч которого

является тензорезистор, можно судить о значениях измеряемых механических величин.

Применение неуравновешенного моста резисторов требует стабилизации напряжения источника питания или применения в качестве электроизмерительного прибора магнитоэлектрического логометра, на показания которого изменение напряжения в пределах $\pm 20\%$ номинального, указанного на шкале прибора, существенного влияния не оказывает.

Для измерения температуры различных сред применяют термочувствительные и термоэлектрические преобразователи. К термочувствительным преобразователям относятся металлические и полупроводниковые терморезисторы, сопротивление которых в значительной степени зависит от температуры (рисунок 3.1.4.5, а).

Наибольшее распространение получили платиновые терморезисторы для измерения температуры в диапазоне от -260 до $+1100^\circ\text{C}$ и медные терморезисторы - для интервала температур от -200 до $+200^\circ\text{C}$, а также полупроводниковые терморезисторы с отрицательным коэффициентом электрического сопротивления - термисторы, отличающиеся высокой чувствительностью и малыми размерами по сравнению с металлическими терморезисторами, для измерения температур от -60 до $+120^\circ\text{C}$.

Для защиты термочувствительных преобразователей от повреждений их помещают в тонкостенную стальную трубу с запаянным дном и устройством для присоединения выводов к проводам неуравновешенного моста резисторов рисунок 3.1.4.5, б, что позволяет по току измерительной диагонали судить об измеряемой температуре. Шкалу магнитоэлектрического логометра, используемого в качестве измерителя, градуируют в градусах Цельсия ($^\circ\text{C}$).

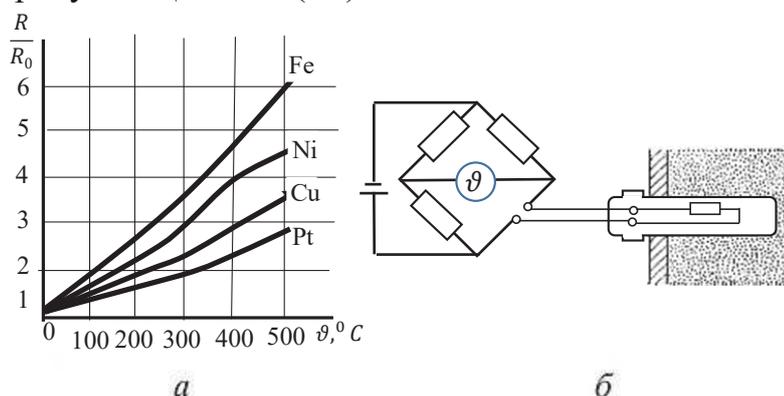


Рисунок 3.1.4.5 Терморезисторы: а - графики зависимости изменения относительного сопротивления металлов от температуры, б - схема включения терморезисторов в плечо неуравновешенного моста резисторов

Термоэлектрические преобразователи температуры - термопары, генерирующие небольшую э. д. с. под влиянием нагрева места соединения двух разнородных металлов, помещают в защитную пластмассовую, металлическую или фарфоровую оболочку в зоне измеряемых температур рисунок 3.1.4.6, а, б.

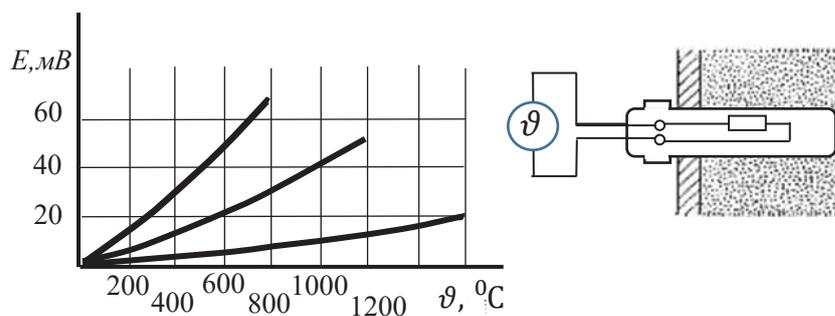


Рисунок 3.1.4.6 Термопары: а - графики зависимости э. д. с. от температуры термопар: ТПП - платинородий-платиновой, ТХА - хромель-алюмелевой, ТХК-хромель-копелевой, б - схема установки для измерения температуры с помощью термопары

Свободные концы термопары соединяют однородными проводниками с магнитоэлектрическим милливольтметром, шкала которого проградуирована в градусах Цельсия. Наибольшее распространение получили следующие термопары: платинородий - платиновая для измерения температур до 1300 $^{\circ}\text{C}$ и кратковременно до 1600 $^{\circ}\text{C}$, хромель-алюмелевая для температур соответственно указанным режимам - 1000 $^{\circ}\text{C}$ и 1300 $^{\circ}\text{C}$ и хромель-копелевая, предназначенная для длительного измерения температур до 600 $^{\circ}\text{C}$ и кратковременного - до 800 $^{\circ}\text{C}$.

Электрические методы измерения различных неэлектрических величин широко применяют в практике, поскольку они обеспечивают высокую точность измерений, отличаются широким диапазоном измеряемых величин, позволяют выполнять измерения и регистрацию их на значительном расстоянии от места расположения контролируемого объекта, а также дают возможность проводить измерения в труднодоступных местах.

3.1.5. Измерения в кабельных и воздушных линиях

В целях своевременного выявления и устранения дефектов изоляции кабеля предупреждения аварийных повреждений кабельные линии в процессе эксплуатации подвергают профилактическим испытаниям, которые проводят не реже одного раза в год. Кабели, находящиеся в благоприятных условиях по нагрузке (температурному режиму), способу прокладки (исключена возможность механических повреждений), испытывают не реже одного раза в 3 года.

Внеочередные испытания кабельных линий проводят после ремонтных работ и окончания земляных работ на трассе кабельных линий. Во время проведения профилактических испытаний проверяют следующее:

- а) сопротивление изоляции;
- б) целостность жил и фазировку;
- в) температуру кабеля;
- г) сопротивление заземления концевых заделок;
- д) измеряют блуждающие токи.

Испытание кабелей проводят путем измерения сопротивления изоляции мегомметром на напряжение 2500 В, которое должно быть не ниже 0,5 МОм. Мегомметром проверяют не только качество изоляции, но и отсутствие обрывов жил, короткого замыкания между жилами и на землю и т. д. Испытание мегомметром - основное для кабельных линий после выполнения на них монтажных и ремонтных работ.

Многие повреждения изоляции кабелей начинаются с потери герметичности оболочек кабеля. В этих случаях проникновение влаги ускоряет ухудшение изоляции. Поэтому обычно профилактические испытания проводят в теплое время года, в период наибольшей вероятности ухудшения изоляции.

Целость жил и фазировку кабельной линии в эксплуатации проверяют после перемонтажа муфт или отъединения жил кабеля, пользуясь при этом мегомметром и указателем напряжения.

Температуру кабелей измеряют в соответствии с указаниями местных инструкций на тех участках трассы, на которых возможны перегревы кабелей. Температуру нагрева измеряют термомпарами, термосопротивлениями и лишь в крайнем случае термометрами.

В эксплуатации сопротивление заземления концевых заделок измеряют при капитальном ремонте заземляющих устройств. В остальных случаях проверяют целостность заземляющего проводника, соединяющего концевую заделку с шиной заземляющего, устройства.

Надежность работы кабельных линий определяется состоянием оболочек кабеля. Нарушение герметичности оболочек, проникновение воздуха и влаги во внутренние полости кабеля приводит к электрическому пробое изоляции. Металлические оболочки кабелей в процессе их эксплуатации могут разрушаться вследствие химического или электрического взаимодействия с окружающей средой. Наиболее подвержены разрушению оболочки кабельных линий, проложенных в земле, от электролитической коррозии, вызываемой блуждающими токами. Источником блуждающих токов является электрифицированный рельсовый транспорт, где в качестве обратного провода используются рельсовые пути. Вследствие большого активного сопротивления рельсовых путей и особенно в случаях нарушения контакта в стыках рельсов часть тока ответвляется в землю и, встречая на своем пути проводник с малым сопротивлением (металлические оболочки кабелей), идет по нему и вблизи тяговой подстанции уходит к отрицательному полюсу источника питания. В месте ухода тока с металлической оболочки в землю (анодная зона) происходит растворение металла. Количество растворяющегося металла пропорционально силе блуждающего тока, продолжительности его действия и зависит от вида металла, из которого выполнены оболочки кабельных линий. Так, согласно расчетам, при блуждающем токе в 1 А потери за год свинца составляют 33 кг, алюминия - 3,95 кг и железа - 9 кг. Для определения коррозионной опасности и разработки мер защиты

кабельной линии в первый год эксплуатации блуждающие токи измеряют не менее двух раз. Для этого на кабельных линиях проводят комплекс испытаний, в процессе которого определяют следующее:

- а) разность потенциалов между оболочками кабеля и землей;
- б) плотность тока, стекающего с кабеля в землю;
- в) силу и напряжение тока, протекающего по оболочке кабеля.

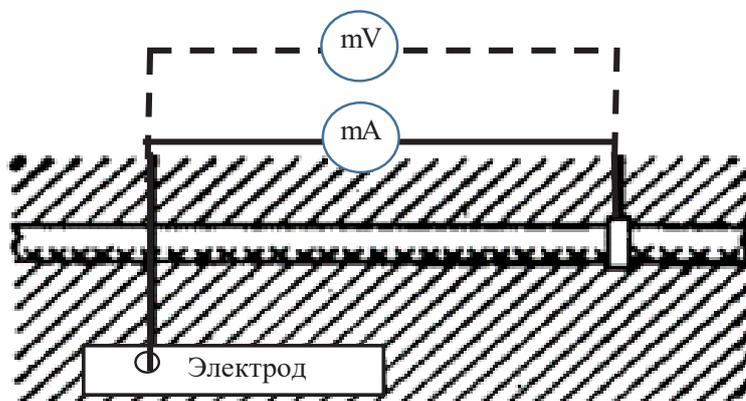


Рисунок 3.1.5.1 Схема измерения потенциалов на оболочках кабелей и плотности стекающих токов.

Периодичность измерений в последующие годы устанавливают на основании результатов первых измерений и анализа коррозионных зон.

Для обнаружения опасных зон, где оболочки кабеля имеют положительный потенциал по отношению к земле, измеряют разность потенциалов (относительно зоны с нулевым потенциалом). Опасными считаются участки в анодных и знакопеременных зонах, где бронированные кабели проложены в малоагрессивных грунтах (удельное сопротивление почвы более 20 Ом-м) при среднесуточной плотности тока утечки в землю более 0,15 мА/дм² и при любом токе утечки для кабелей, проложенных в агрессивных грунтах. При обнаружении опасных участков принимают меры по предотвращению разрушения кабелей электрокоррозией. Для этого применяют катодную поляризацию, протекторную защиту или электрический дренаж.

Наиболее опасными зонами являются места расположения тяговых подстанций, отсасывающих линий (линии, соединяющие различные точки рельсового пути непосредственно с отрицательной шиной источника питания), места пересечения и сближения трасс кабельных линий с рельсовыми путями.

Для проведения комплекса испытаний отрывают шурфы. При измерении потенциалов оболочек кабеля по отношению к земле по схеме, приведенной на рисунке 3.1.5.1, для избежания появления погрешностей от возможности появления гальванических пар заземляющий электрод выполняют из того же металла, что и оболочку кабеля (свинец, алюминий), на котором измеряют блуждающие токи.

Обычно в качестве электрода используют кусок кабеля длиной 300...500 мм. При измерении плотности тока вместо милливольтметра включают миллиамперметр. Измерив весь ток, стекающий с электрода в землю /з.э, и зная площадь поверхности электрода S , определяют удельную плотность тока (мА/дм²), стекающего в землю /уд: Сквозной ток, протекающий вдоль оболочки кабеля /ск желателно измерять компенсационным методом

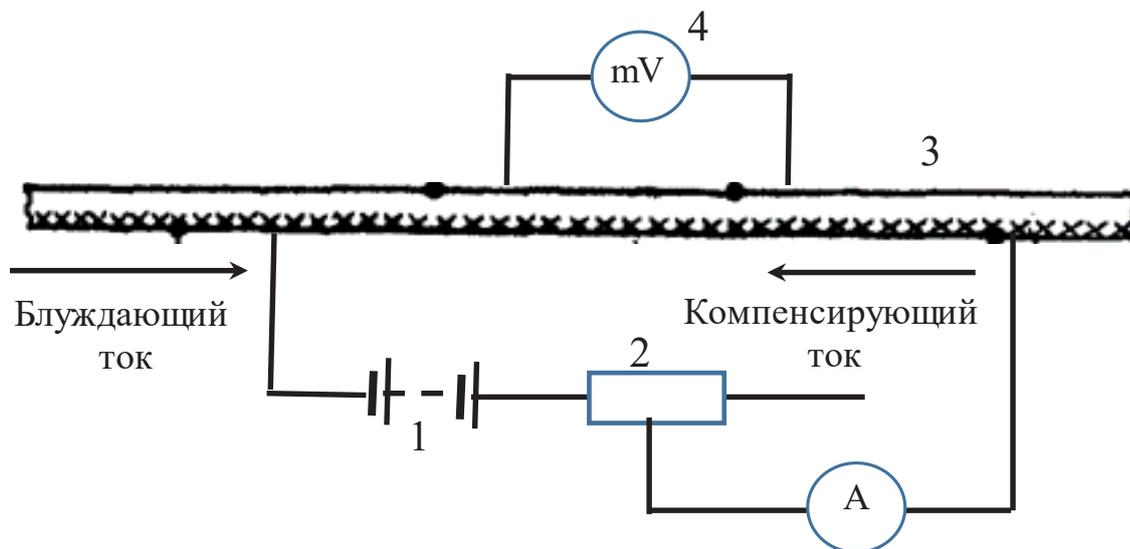


Рисунок 3.1.5.2 Схема измерения блуждающих токов, протекающих вдоль оболочки кабеля:

1 - вспомогательная батарея; 2 - реостат; 3 - кабель; 4 - прибор.

По оболочке кабеля пропускают от постороннего источника ток обратного направления, который компенсирует блуждающий ток, проходящий вдоль оболочки. В момент полной компенсации показание милливольтметра будет равно нулю, а ток, пропускаемый от постороннего источника, будет равен сквозному току, протекающему вдоль оболочки кабеля на рисунке 3.1.5.2. В связи с резко переменным характером блуждающих токов в каждом контрольном пункте их следует измерять в течение 10...20 мин, через равные промежутки времени, сделав за это время 40...50 контрольных отсчетов. По данным измерений определяют средние значения потенциалов и токов.

Полное представление о блуждающих токах в районе расположения кабельных сетей может быть получено после построения по результатам замеров диаграмм блуждающих токов на плане кабельных сетей. На основании анализа построенных диаграмм можно принять правильное решение по защите кабельных сетей от коррозии блуждающими токами.

Испытания воздушных линий электропередачи производятся с целью проверки их соответствия требованиям ПУЭ гл.1.8.41. и ПТЭЭП прил. 3 п. 7.

1 Проверка изоляторов.

Производится внешним осмотром и путём измерения сопротивления и испытания изоляции подвесных и опорных фарфоровых изоляторов.

При внешнем осмотре обращается внимание на отсутствие боя, ожогов, трещин, загрязненности, повреждения глазури, неправильной насадки штыревых изоляторов на штыри или крюки, повреждений защитных рогов; должны быть на месте гайки, замки или шплинты; не должно быть трещин в арматуре, перетиранья или деформации отдельных деталей;

2.Проверка соединений проводов.

Производится внешним осмотром и путём измерения переходного сопротивления в болтовых, опрессованных и сварных соединений.

При внешнем осмотре обращается внимание на состояние проводов и тросов: не должно быть обрывов и оплавлений отдельных проволок, набросов на провода и тросы, нарушений их регулировки, недопустимого изменения стрел провеса и расстояний от проводов до земли и объектов, смещения от места установки гасителей вибрации, предусмотренных проектом ВЛ.

Измерение переходного сопротивления болтовых, опрессованных и сварных соединений производится согласно п.1.8.27 ПУЭ

3. Проверка качества выполнения болтовых контактных соединений.

Производится выборочная проверка качества затяжки контактов и вскрытие 2-3% соединений. Измерение переходного сопротивления контактных соединений следует производить выборочно на 2-3% соединений. Контактные соединения на ток более 1000 А рекомендуется проверять в полном объеме.

Падение напряжения или сопротивление на участке шины (0,7-0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шин той же длины более чем в 1,2 раза.

Не должно быть повреждений или обрывов заземляющих спусков на опорах и у земли, нарушений контактов в болтовых соединениях молниезащитного троса с заземляющим спуском или телом опоры.

4.Проверка качества выполнения опрессованных контактных соединений.

Опрессованные контактные соединения бракуются, если:

а) их геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

б) на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

в) кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины;

г) стальной сердечник опрессованного соединителя смещен относительно симметричного положения более чем на 15% длины прессуемой части провода.

Следует произвести выборочное измерение переходного сопротивления 3-5% опрессованных контактных соединений. Падение напряжения или сопротивление на участке соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза.

Не должно быть повреждений или обрывов заземляющих спусков на опорах и у земли, нарушений контактов в опрессованных соединениях молниезащитного троса с заземляющим спуском или телом опоры.

5. Контроль сварных контактных соединений.

Сварные контактные соединения бракуются, если непосредственно после выполнения сварки будут обнаружены:

а) пережог провода наружного повива или нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

б) усадочная раковина в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода.

6. Проверка заземлителей опор, их оттяжек и тросов.

Проверка заземлителей опор, их оттяжек и тросов производится в соответствии с 1.8.39 и указаниями главы 2.3 ПТЭЭП.

7. Внешний осмотр.

Внешним осмотром проверяется состояние фундаментов, приставок: не должно быть оседания или вспучивания грунта вокруг фундаментов, трещин и повреждений в фундаментах (приставках), должно быть достаточное заглубление;

Внешним осмотром проверяется состояние опор: не должно быть их наклонов или смещения в грунте, видимого гнивания деревянных опор, обгорания и расщепления деревянных деталей, нарушений целостности бандажей, сварных швов, болтовых и заклепочных соединений на металлических опорах, отрывов металлических элементов, коррозии металла, трещин и повреждений железобетонных опор, птичьих гнезд, других посторонних предметов на них. На опорах должны быть плакаты и знаки безопасности; не должно быть повреждений или обрывов заземляющих спусков на опорах и у земли, нарушений контактов в болтовых соединениях молниезащитного троса с заземляющим спуском или телом опоры, разрушения коррозией элементов заземляющего устройства.

Внешним осмотром проверяется состояние заземляющего устройства в пределах доступности осмотру. Сечения и проводимости элементов заземляющего устройства, включая главную заземляющую шину, должны соответствовать требованиям настоящих Правил и проектным данным.

8. Проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами.

Следует проверить сечения, целостность и прочность проводников, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с заземлителем. Надежность сварки проверяется ударом молотка.

9. Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1 кВ.

Пробивные предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению электроустановки.

10. Измерение сопротивления заземляющих устройств опор, их оттяжек и тросов.

Значения сопротивления заземляющих устройств с подсоединенными естественными заземлителями должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих главах настоящих Правил и таблице 1.8.38.

3.1.6. Определение места повреждения воздушных и кабельных линий

Различают следующие виды повреждений кабельных линий:

1. повреждение изоляции, вызывающее замыкание одной жилы на землю;
2. повреждение изоляции, вызывающее замыкание двух или трех жил на землю либо двух или трех жил между собой;
3. обрыв одной, двух или трех жил без заземления или с заземлением оборванных и необорванных жил;
4. заплывающий пробой изоляции;
5. сложные повреждения, представляющие собой комбинации из указанных выше видов повреждений.

Для определения вида повреждения кабельной линии во многих случаях бывает достаточно измерить с обоих концов линии сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы по отношению к земле и сопротивление изоляции между токоведущими жилами, а также проверить целостность жил. Эти измерения производят мегомметром МС-06 на 2500В или М-1101 на 500 - 1000В.

Если мегомметром не удастся обнаружить вид повреждения изоляции, то дополнительно испытывают повышенным напряжением от испытательной установки поочередно изоляцию токоведущих жил по отношению к металлической оболочке кабеля и изоляцию между жилами. После того как произведены все необходимые измерения, составляют схему вида повреждения кабельной линии и заносят ее в протокол измерений.

Для определения места повреждения во многих случаях необходимо иметь малое переходное сопротивление в месте повреждения кабельной линии. Это сопротивление снижают до нужного предела, прожигая изоляцию в месте повреждения первоначально тоном от испытательной установки, затем от прожигательной установки и при необходимости током от генератора высокой частоты или трансформатора, присоединяемого к одному из концов линии.

В городских сетях прожигательная установка совмещается с испытательной и монтируется на автомашине смотри рисунок 3.1.6.1.



Рисунок 3.1.6.1 Внешний вид прожигательной установки, совмещенной с испытательной установкой

Монтаж проводов и отдельных частей установки выполняют открыто, чтобы можно было легко проконтролировать состояние и осуществить ремонт любого элемента схемы. Расположение оборудования, приборов и рукояток управления такое же, как в передвижной испытательной установке.

Процесс прожигания зависит от характера повреждения и состояния кабельной линии. Так, при повреждении кабеля с сухой изоляцией прожигание проходит спокойно и через 15 - 20 минут сопротивление изоляции снижается до нескольких десятков Ом, с увлажненной изоляцией - спокойно, но длится большее время и сопротивление удается снизить только до 2000 - 3000 Ом. При **повреждении кабельной линии** в муфте прожигание длится до нескольких часов, а иногда и суток, причем сопротивление резко меняется, то снижаясь, то возрастая, пока не начнет постепенно снижаться. В некоторых случаях в процессе прожигания место повреждения в муфте заплывает, изоляция восстанавливается и пробои прекращаются.

При прожигании мест повреждений кабельных линий, проложенных открыто, например, в туннелях, подвалах и других помещениях, необходимо выставлять наблюдателей для обнаружения мест повреждений и предотвращения возможности загорания других кабелей.

Установив характер повреждения, бригада по измерениям в составе мастера и монтера приступает к определению места повреждения кабельной линии. Сначала она определяет зону повреждения одним из следующих методов:

- импульсным,
- колебательного разряда,
- петлевым,
- емкостным,
- индукционным,
- акустическим,
- метод накладной рамки.

Для определения мест повреждений на линиях (обрывы проводов, замыкания между проводами, замыкания на землю) существуют приборы и методы, основанные на измерении времени распространения электрических импульсов по проводам линий и на измерении параметров аварийного

режима. При первом методе применяются неавтоматические локационные искатели типов ИКЛ-5, Р5-1А и др. Для определения расстояния от шин подстанции до места повреждения на линии локационный искатель подключают с помощью изолирующих штанг поочередно к проводам отключенной и заземленной со всех сторон линии (рис. 3.1.6.2). Затем со стороны подстанции, на которой производится проверка, с линии снимают заземление и в линию посылают электрический импульс. В месте повреждения импульс отражается от неоднородности волнового сопротивления и возвращается к началу линии.

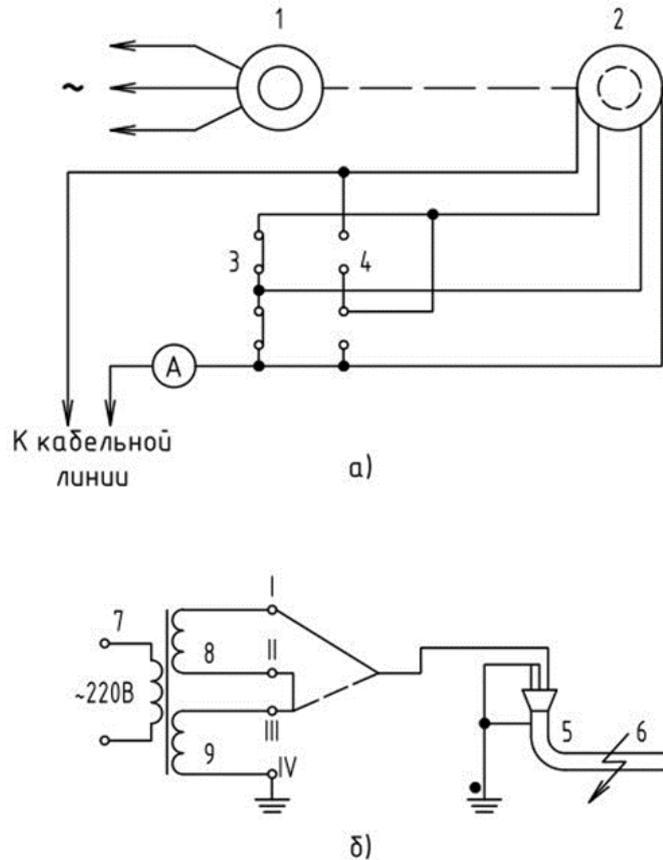


Рисунок 3.1.6.2. Принципиальные схемы прожигания на переменном токе:

а) - генератор высокой частоты, б) - резонансный трансформатор;

1 - электродвигатель ($P=5\text{кВА}$; $U=220\text{В}$; $n=2960\text{ об/мин}$), 2 - генератор повышенной частоты ГИС-2 ($P=3\text{кВА}$; $I=15\text{А}$; $U=220\text{В}$; $F=1000\text{Гц}$), 3 - положение переключателя для последовательного соединения обмоток, 4 - контакты для параллельного соединения обмоток ($I=30\text{А}$; $U=110\text{В}$), 5 - поврежденный кабель, 6 - место повреждения, 7 - первичная обмотка, 8 и 9 - вторичная высоковольтная обмотка, секционированная на две части с зажимом I-III и II-IV и с возможностью подключения двух секций или одной (показано пунктиром).

Трасса прохождения импульса изображена на рис. 3.1.6.3. Расстояние до места повреждения может быть подсчитано по формуле:

$$l = 0,5 t n, \quad (3.3)$$

где t - время между моментом посылки импульса и моментом его возвращения;

n - скорость распространения импульса.

Отраженные сигналы наблюдают на экране электронно-лучевой трубки, где по числу масштабных меток определяют расстояние до места повреждения.

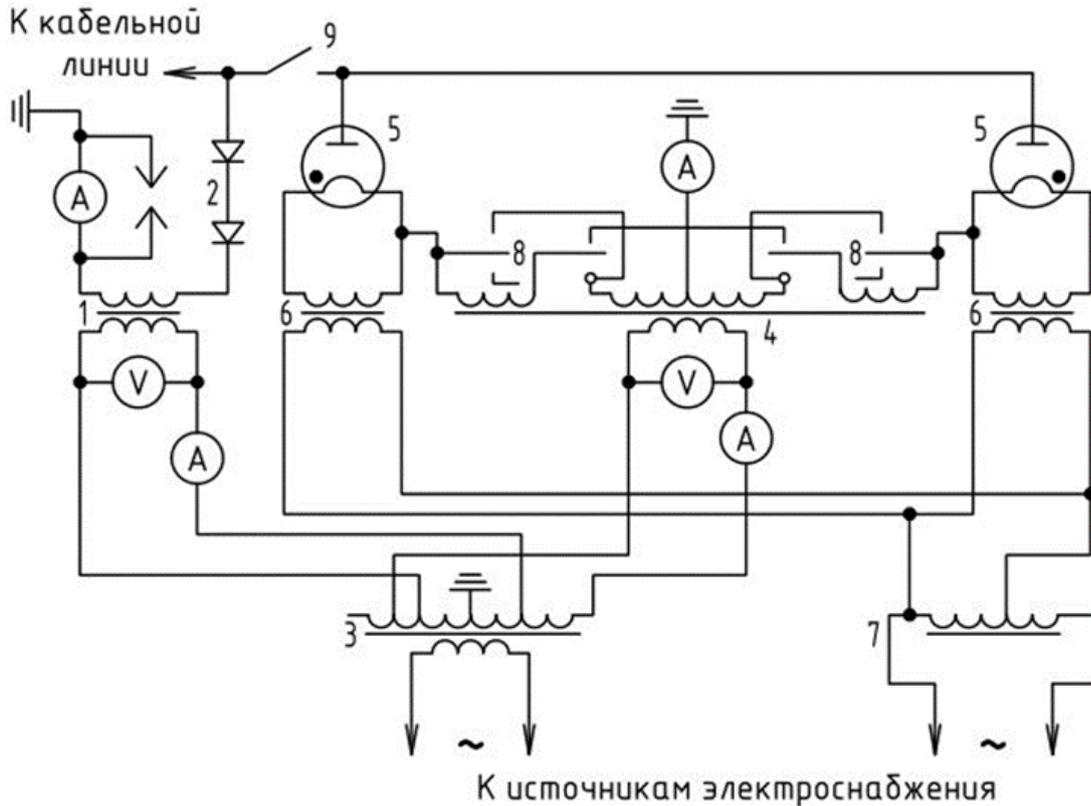


Рисунок 3.1.6.3. Принципиальная схема прожигательной установки на постоянном токе от выпрямителей:

1 - повышающий трансформатор ($P=6\text{кВА}$; $U=220/42\ 500\text{В}$), 2 - полупроводниковый выпрямитель (300 последовательно соединенных диодов Д226), размещенный в масляном баке трансформатора 1, 3 - регулировочный трансформатор ($P=7\text{кВА}$, $U=220/0-250\text{В}$) с двумя независимыми выводами со скользящими контактами, с заземлением середины вторичной обмотки для исключения высокочастотных перенапряжений при пробое кабеля, 4 - повышающий трансформатор ($P=6\text{кВА}$, $U=0,22/5$ и 10кВ), 5 - газотроны ВГ-237, соединенные по схеме двухполупериодного выпрямления, 6 - трансформаторы накала газотронов, 7 - регулировочный автотрансформатор ($P = 1,5\ \text{кВА}$, $U=220/0-250\text{В}$), 8- переключатель для параллельного соединения двух секций высоковольтной обмотки повышающего трансформатора, 9 - разъединитель для параллельной работы полупроводникового выпрямителя с газотронами.

Так как волновые характеристики воздушных линий зависят от рельефа местности, транспозиции проводов на опорах и других факторов, то во избежание внесения ошибок в результаты проверки рекомендуется иметь предварительно снятые характеристики каждой исправной линии. С этими характеристиками нормального состояния линии сравниваются снятые характеристики аварийного состояния. Точность определения мест повреждений локационными искателями находится в пределах 0,3-0,5% длины линии.

К недостаткам, которые часто встречаются в эксплуатации и мешают точному определению мест повреждений на линиях, относятся:

- дефекты воздушных проводок в открытых РУ;
- повреждения защитных фильтров, которые не были своевременно выявлены из-за нарушения сроков профилактики;
- отсутствие характеристик нормального состояния линий;
- необученность персонала работе с импульсными измерителями.

Все работы с локационными измерителями должны проводиться в строгом соответствии с требованиями техники безопасности (ТБ).

Широкое распространение в энергосистемах получил второй метод - определение места повреждения по параметрам аварийного режима. Фиксация этих параметров производится фиксирующими приборами (индикаторами), установленными с двух сторон (для линий 110 кВ и выше) или только с одного конца линии (для линий 6-35 кВ), во время возникновения КЗ. К числу таких приборов относятся индикаторы серий ФИП, ФПТ, ФПН, ЛИФП, ФИС.

Индикаторы серий ФИП и ЛИФП имеют две модификации: для измерения тока (модификация А), подключаемые к трансформаторам тока каждой контролируемой линии, и для измерения напряжения (модификация В), подключаемые к шинным трансформаторам напряжения. Показания, снимаемые с блоков отсчета индикаторов серии. ФИП, переводятся в именованные единицы (килоамперы, киловольты) с помощью специальных таблиц. Расстояние в километрах до места повреждения находится затем по этим параметрам на основе расчетных алгоритмов. Индикаторы ФИП с фильтрами тока и напряжения обратной последовательности получили название ФПТ (модификация А) и ФПН (модификация Н). Использование составляющих обратной последовательности расширило границы применения индикаторов. С их помощью возможно определение мест повреждений при всех видах КЗ, а также на линиях с ответвлениями и линиях, имеющих между собой сложную электромагнитную связь (например, на параллельных линиях с различной взаимоиנדукцией по трассе).

При эксплуатации фиксирующих индикаторов важно, чтобы персонал подстанций быстро и правильно регистрировал и передавал диспетчеру данные замеров. После снятия показаний с фиксирующих индикаторов их необходимо каждый раз возвращать в состояние готовности к последующей

работе.

Однофазные замыкания на землю в распределительных сетях 6-10 кВ составляют до 80% всех повреждений. Для отыскания воздушной линии, имеющей замыкание фазы на землю, без ее отключения применяют приборы "Поиск-1", "Волна", "Зонд".

3.2. Оценка состояния действующего электрооборудования

3.2.1. Назначение и виды наладочных работ: пусковые наладочные работы, планово-предупредительные эксплуатационные наладочные работы

Пусконаладочные работы - комплекс работ, выполняемых в период подготовки и проведения индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования. Работы по более тонкой и детальной настройке, выполняемые на смонтированном оборудовании, перед вводом в эксплуатацию.

Сущность системы планово-предупредительного ремонта (ППР) состоит в том, что после отработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации.

Система ППР предусматривает также комплекс профилактических мероприятий по содержанию и уходу за оборудованием.

Она исключает возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа, предусматривает предварительное изготовление деталей и узлов, планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах.

Положения о планово-предупредительных ремонтах разрабатываются и утверждаются отраслевыми министерствами и ведомствами и являются обязательными для выполнения предприятиями отрасли.

Основное содержание ППР – внутрисменное обслуживание (уход и надзор) и проведение профилактических осмотров оборудования, которое обычно возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал, а также выполнение плановых ремонтов оборудования.

Системой ППР предусматриваются также плановые профилактические осмотры оборудования инженерно-техническим персоналом предприятия, которые производятся по утвержденному графику.

Грузоподъемные машины, кроме обычных профилактических осмотров, подлежат также техническому освидетельствованию, проводимому лицом по надзору за этими машинами.

3.2.2. Методы выявления дефектов электрооборудования

При оценке состояния оборудования и возможности включения его в работу необходимо установить отсутствие или наличие дефектов в нем, при наличии последних - выявить их. Как уже говорилось выше, общие конструктивные элементы и узлы определяют и общие дефекты, из которых, как показывает практический опыт, основными являются следующие:

- у корпусов - повреждения их в процессе транспортировки и монтажа, дефекты сварных или болтовых соединений, неплотности в стыках, дефекты уплотнений и т. п.;

- у обмоток - увлажнение изоляции (имеет место чаще всего в результате длительного и неправильного

- хранения оборудования); механические повреждения; нарушения междувитковой изоляции, соединений в обмотках, токопроводах и выводах; несоответствие маркировки выводов требованиям ГОСТ;

- у устройств переключения силовых трансформаторов - механические повреждения, неправильное соединение отпаяк или неправильная работа переключателя;

- у магнитопроводов - замыкания отдельных листов стали между собой, нарушение изоляции стяжных болтов, если они есть, коррозия листов стали, засорение вентиляционных каналов (статоров и роторов электрических машин), слабая затяжка болтов (чаще силовых трансформаторов);

- у коллекторов машин постоянного тока - дефекты паяк «петушков», т. е. мест соединения отдельных секции обмотки якоря к пластинам коллектора, засорение промежутков между пластинами;

- у подшипников синхронных генераторов - нарушения изоляции их от фундаментной плиты, служащей для устранения паразитных «подшипниковых токов», которые возникают у генераторов, если изоляция нарушена, при их работе в контуре вал ротора - подшипники - фундаментные плиты - вал ротора из-за несимметрии магнитного поля ротора (вызывается неравномерностью воздушного зазора между ротором и статором; в результате в контуре возникает при работе генератора пульсирующее поле, вызывающее по закону Джоуля - Ленца пульсирующие токи, повреждающие подшипники и металл в местах их возникновения);

- у бетонных реакторов - увлажнение бетонных стоек, выполняющих одновременно функции изоляции между витками обмотки реактора и опорной конструкции;

- у устройств заземления - дефекты соединения заземляющих проводок с корпусом оборудования и между отдельными участками заземляющих устройств, несоответствие сопротивления растеканию контура требованиям ПУЭ и техники безопасности.

Для обеспечения надежной работы электрооборудования все его дефекты должны быть своевременно выявлены, оценены и устранены.

Общие дефекты оборудования определяют общие методы их выявления, которые могут быть объединены в следующие основные группы:

- методы определения состояния механической части электрооборудования;
- измерения и испытания, определяющие состояние магнитной системы;
- измерения и испытания, определяющие состояние токоведущих частей и контактных соединений;
- измерения и испытания, определяющие состояние изоляции токоведущих частей;
- методы проверки и испытаний устройств релейной защиты, автоматики, управления, сигнализации и других вторичных устройств;
- методы окончательной оценки пригодности электрооборудования к опробованию и эксплуатации.

3.2.3. Оценка состояния электрооборудования по результатам проверок измерений и испытаний

Оценка состояния механической части

Оценка состояния механической части начинается с его осмотра (ревизии). При осмотре оценивается общее состояние оборудования, выявляются все наружные дефекты, проверяется соответствие оборудования проекту и техническим требованиям по паспортным данным и заводской документации.

Осмотру подвергаются все виды электрооборудования, реле, приборы. При осмотре обращается внимание на отсутствие коррозии и механических повреждений, у маслонаполненных аппаратов - отсутствие течи масла, повреждения у магнитопроводов, выводов, контактных соединений, главной и между витковой изоляции.

Оборудование перед осмотром должно быть очищено от пыли, грязи, заводской смазки и ржавчины; монтаж его должен соответствовать нормативным требованиям. Перечень замеченных недостатков по внешнему состоянию оборудования предьявляется монтажному и эксплуатационному персоналу для принятия мер по их устранению. Дальнейшие работы по проверке, испытаниям и наладке производятся только после устранения дефектов.

Состояние механической части масляных выключателей определяется, кроме того, по целому комплексу проверок, из которых главными являются следующие: измерение скорости включения и отключения, «вжатия» контактов при включении, одновременности замыкания и размыкания контактов в пределах одной и всех трех фаз, измерение минимального напряжения срабатывания привода, опробование работы выключателей при повышенном, пониженном и нормальном напряжениях оперативного тока.

Состояние механической части воздушных выключателей дополнительно определяется измерением «сброса» давления воздуха при операциях включения и отключения, давления «строгания» главных контактов выключателя и давления завершения операции, расхода воздуха на утечку, осциллограммой различных циклов выключателя.

Механическое состояние электрических машин окончательно определяется результатами опробования их на холостом ходу и под нагрузкой с проверкой нагрева и вибрации, работы масляной и охлаждающей систем, а силовых трансформаторов - по результатам измерений сопротивления постоянному току обмоток и коэффициента трансформации, снятия «круговых диаграмм» (при наличии у трансформатора переключателя под нагрузкой), по работе системы принудительной циркуляции масла и обдува радиаторов для охлаждения обмоток (при их наличии).

Состояние устройств заземления определяется измерением их сопротивления, напряжения прикосновения переходных сопротивлений постоянному току отдельных «точек» присоединения.

Механическое состояние измерительных трансформаторов, различных сборок, щитов, неподвижных узлов комплектных распределительных устройств, реакторов и т.п. определяется, главным образом, только по результатам внешнего осмотра.

Оценка состояния электромагнитной системы

Существует зависимость тока намагничивания магнитопроводов с обмотками от качества стали и их сборки, и наличия короткозамкнутых витков в обмотке, т. е. от состояния обмотки. Эта зависимость и используется для определения состояния электромагнитной системы измерительных трансформаторов. Снятая у них характеристика зависимости тока намагничивания в обмотке от подаваемого на нее напряжения позволяет судить по характеру ее изменения и особенно в начальной части о наличии, например, у трансформатора тока (ТТ) междувиткового повреждения (короткозамкнутых витков).

Резкое снижение характеристики намагничивания в начальной части ее в этом случае объясняется значительным размагничиванием магнитопровода при малых значениях магнитного потока. Как видно из рисунка, кроме того, при незначительном количестве короткозамкнутых витков характеристика изменяется только в начальной части, при значительном- и в насыщенной части.

Снятые характеристики намагничивания ТТ сравниваются с типовыми или опытными. Значительные отклонения от типовых или опытных также являются признаком повреждения.

Существует также зависимость потерь холостого хода от повреждений обмоток и стали магнитопровода в силовых трансформаторах. Она используется для оценки состояния последних. Если подать на одну из обмоток трансформатора при разомкнутых других (холостой ход) ток, то в

первой ваттметром можно измерить мощность, определяющую «потери» на так называемое намагничивание трансформатора и нагрев обмотки током намагничивания.

Эта мощность регламентирована типом и конструкцией трансформатора и указывается в заводской документации его. Следовательно, измеренную при определенном напряжении мощность можно сравнить с паспортными или каталожными данными и установить, имеют ли место в трансформаторе заводские или явившиеся следствием транспортировки или монтажа на месте установки дефекты.

При наличии замыкания в обмотках или дефектов магнитопровода (нарушение изоляции между листами стали, использование некачественной стали) измеренные потери будут значительно превышать заводские или каталожные данные.

У трансформаторов напряжения для оценки состояния их измеряют ток холостого хода, т.е. ток во вторичной обмотке, имеющий место при номинальном напряжении. По аналогии с потерями в силовых трансформаторах этот ток также может быть использован для оценки состояния трансформаторов напряжения путем сравнения его с приведенным в заводской документации или в каталожных данных.

Состояние магнитопроводов электрических машин оценивается снятием характеристик холостого хода и короткого замыкания (у синхронных генераторов), а также нагрузочных характеристик (у машин постоянного тока) и сравнением полученных характеристик с заводскими, имеющимися в сопроводительной документации. По характеристикам одновременно определяются дополнительные параметры, необходимые для наладки устройств регулирования возбуждения и дальнейших расчетов, производимых при эксплуатации.

3.2.6. Оформление протоколов проверки и испытаний, отчетов оценки состояния электрооборудования

Основным методом оценки состояния нового электрооборудования, заканчиваемого монтажом и включаемого в эксплуатацию, является сравнение результатов измерений и испытаний с допустимыми, предусматриваемыми специальными нормами.

Основными нормативными документами являются нормы испытания электрооборудования (в дальнейшем Нормы) и Правила устройства электроустановок (ПУЭ).

В Нормах приведены требования в отношении необходимых видов проверок и испытаний и нормативные величины, которым должны удовлетворять результаты их для всех видов электрооборудования электроустановок. Нормами предусматриваются допустимое сопротивление обмоток, контактов и других токоведущих частей, допустимое состояние изоляции; испытательные напряжения и пр.

Согласно ПУЭ и Нормам заключение о возможности ввода оборудования в эксплуатацию производится на основании совокупности результатов приемо-сдаточных испытаний, так как часто, особенно в вопросах оценки состояния изоляции электрических машин, силовых трансформаторов и необходимости сушки, трудно найти решение по одному или даже двум критериям испытания трансформаторов тока и напряжения. Широко используется в производстве пусконаладочных работ при оценке состояния оборудования метод сравнения результатов измерений группы одного и того же типа оборудования исходя из предположения, что все проверяемое однотипное оборудование не может иметь одинаковых повреждений.

Так, например, если характеристики намагничивания группы измерительных трансформаторов тока одинаково ниже типовых, а ток холостого хода нескольких измерительных трансформаторов напряжения одинаково превышает допустимый, то это значит, что имеет место не повреждение изоляции обмоток или магнитопровода, а применение в магнитопроводе худшей стали при изготовлении трансформаторов на заводе или изменение габаритов стали.

Общие методы оценки состояния электрооборудования по результатам измерений и испытаний. Часто результаты испытаний и измерений (характеристики генераторов переменного и постоянного тока, измерения изоляции и т. п.) сравниваются для оценки с результатами предыдущих измерений и испытаний. для вновь вводимого в эксплуатацию оборудования такими являются результаты заводских измерений и испытаний.

Не всегда бывают достаточными проверки и испытания, предусматриваемые Нормами. Это относится к несерийному оборудованию или головным образцам. В таких случаях работы производятся в соответствии со специальной программой, составляемой разрабатывающими или проектирующими организациями или заводом-изготовителем, В составлении программ должны участвовать представители наладочной организации.

Окончательным способом оценки возможности включения электрооборудования или присоединения в работу является комплексное опробование его в работе.

3.2.7. Организация рабочего места

Применяемые средства защиты, средства измерения, приборы, приспособления:

Для испытания воздушных линий электропередачи напряжением до 750 кВ используются:

- перчатки диэлектрические;
- измеритель сопротивления, увлажненности и степени старения электроизоляции МИС-2500;

- измеритель сопротивления заземлений MRU-101.
- измеритель MMR-600 (для измерений малых активных сопротивлений)

Подготовка рабочего места и основные меры безопасности при проведении испытаний и измерений:

- ознакомление со схемой электроустановки и документацией, (тех. документация местных электросетей, проект, согласованный с УГЭН, протоколы предыдущих испытаний и т.п.);
- проверка средств защиты и испытательного оборудования;
- выполнение организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ в электроустановках.

Измерение наличия цепи (металлической связи) между заземлителями и заземленными элементами электроизмерительным прибором MMR 600.

Измерения проводятся по методике, изложенной в «Руководстве по эксплуатации» прибора.

Оформление результатов измерений.

Результаты измерений оформляются протоколом в соответствии ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Группа Т51, ГОСТ Р 50571.16-2007 с учетом погрешности используемого предела измерений.

Протокол должен отражать все вопросы, предписанные ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 п.5.10.2, п.5.10.3 и приложением G ГОСТ Р 50571.16-2007 часть 6 “Испытания” гл.61 “Приемо-сдаточные испытания”.

Оформление заключения о состоянии электроустановки и соответствии или несоответствии ее требованиям НТД.

Заключение о соответствии или не соответствии результатов измерений принимается на основании анализа измеренного значения с требованиями ПУЭ гл.1.8., ПТЭЭП приложение 3, а также с данными предприятия изготовителя.

3.3. Измерения при производстве наладочных работ

3.3.1. Измерения характеристик изоляции масляного трансформатора определением коэффициента абсорбции и тангенса угла диэлектрических потерь

Допустимые значения сопротивления изоляции R60 коэффициент абсорбции R60 /R15 тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ и отношения C2 /C50 и $\Delta C/C$ регламентируется указанной инструкцией "Трансформаторы силовые. Транспортировка, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию" (РТМ 16.800.723-80).

Температурный режим при проведении измерений. Характеристики изоляции допускается измерять не ранее, чем через 12 часов после окончания заливки трансформатора маслом.

Таблица 3.3.1.1. Схемы измерения характеристик силовых трансформаторов.

№	Двухобмоточные трансформаторы		Трехобмоточные трансформаторы		Автотрансформаторы		Шунтирующие реакторы		Заземляющие реакторы	
	Обмотки, на которых производят измерения	наЗаземляем части транс-ра	Обмотки, которых производят измерения	наЗаземляемые части трансф-ра	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансф-ра	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансф-ра	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансф-ра
1	НН	Бак, ВН	НН	Бак, СН, ВН	НН	Бак, ВН, СН	ВН	Бак	ВН	Бак, НН
2	ВН	Бак, НН	СН	Бак, ВН, НН	ВН+СН ВН+	Бак, НН	-	-	-	-
3	(ВН+НН)*	Бак	ВН	Бак, НН, СН	СН+ НН	Бак	-	-	-	-
4	-	-	(ВН СН)*	+Бак, НН	-	-	-	-	-	-
5	-	-	(ВН СН+ НН)*	+Бак	-	-	-	-	-	-

* Измерения обязательны только для трансформаторов 16000 кВ А и более

Характеристики изоляции измеряются при температуре изоляции не ниже 10°C у трансформаторов на напряжение до 150 кВ мощностью до 80 МВ А и при температуре не менее нижнего значения, указанного в паспорте, у трансформаторов на напряжение выше 150 кВ или мощностью более 80 МВ А. Для обеспечения указанной температуры трансформатор подвергается нагреву до температуры, превышающей требуемую на 10°C. Характеристики изоляции измеряются на спаде температуры при отклонении ее от требуемого значения не более, чем на 5°C. Температура изоляции определяется до измерения характеристик изоляции. В качестве температуры изоляции трансформатора, не подвергавшегося нагреву, принимается температура верхних слоев масла.

Для трансформаторов на напряжение выше 35 кВ, залитых маслом, в качестве температуры изоляции следует принимать температуру фазы "В" обмотки "ВН", определяемую по ее сопротивлению постоянному току.

При нагреве трансформатора указанное сопротивление измеряется не ранее чем через 60 мин. после отключения нагрева обмотки током или через 30 мин после отключения внешнего нагрева.

3.3.2. Измерения при производстве наладочных работ

Общие сведения

- проверку и испытание электрооборудования в соответствии с действующими ПУЭ, проектом, технической документацией предприятий-изготовителей (паспорта, инструкции по эксплуатации) и другими нормативными документами;
- электрические параметры и режимы работы электрооборудования для возможности комплексного или по узлам опробования технологических установок;
- заданные проектом технологические показатели (диапазон скоростей, напор, давление, производительность) и надежность работы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Пусконаладочные работы по электротехническим устройствам выполняются в четыре этапа.

На первом этапе персонал пусконаладочной организации должен:

- изучить полученную от заказчика электрическую часть проекта, ее связь с технологией производства, техническую документацию предприятий-изготовителей;
- разработать и согласовать с заказчиком рабочую программу и проект производства пусконаладочных работ (ППР), включающий мероприятия по технике безопасности;
- получить от заказчика характеристики установок электрических аппаратов устройств защиты и автоматики;

- передать заказчику замечания по проекту и оборудованию, выявленные в процессе анализа проекта, разработки рабочей программы и проекта производства работ;
- подготовить необходимые инструкции, технологические карты и методические указания по наладке, приборы, инструменты и приспособления, необходимые формы отчетной документации (протоколов).

В проекте производства работ должны быть учтены следующие вопросы:

- объем предстоящих наладочных работ, степень их сложности и согласованные с заказчиком сроки выполнения;
- численность и квалификация персонала, необходимого для выполнения пусконаладочных работ, и его закрепление за отдельными установками, узлами и зонами;
- организация технической подготовки (обучение) наладочного персонала;
- программы наладки отдельных видов электрооборудования; возможный объем наладочных работ, выполнение которых планируется до монтажа электрооборудования на объекте (предварительная наладка вне монтажной зоны);
- перечень приборов, инструментов, испытательного оборудования и приспособлений, необходимых для выполнения наладочных работ, а также материалов и оборудования для монтажа временных сетей электроснабжения;
- организационные и технические мероприятия по технике безопасности на весь период производства пусконаладочных работ.

На втором этапе производятся пусконаладочные работы вместе с электромонтажными, с подачей напряжения по временной схеме. Совмещенные работы выполняются с соблюдением требований действующих правил техники безопасности. До пусконаладочных работ в электротехнических помещениях должны быть закончены все строительные работы, включая и отделочные, закрыты проемы, колодцы и кабельные каналы, убраны леса, выполнены освещение, отопление и вентиляция, закончена установка электрооборудования с его заземлением. На этом этапе проверяют смонтированное электрооборудование с подачей напряжения от испытательных схем на отдельные устройства при отсутствии электромонтажного персонала в зоне наладки и соблюдении мер безопасности в соответствии с требованиями СНиП и ПТБ. Выявленные в процессе испытаний и настройки дефекты в электрооборудовании устраняет заказчик, а дефекты и ошибки в монтаже - электромонтажная организация. По результатам проверки пусконаладочных работ составляют протоколы испытания заземления, измерения и испытания изоляции, настройки защит и релейно-контакторной аппаратуры, один экземпляр исполнительных принципиальных схем объектов электроснабжения, включаемых под напряжение.

На третьем этапе пусконаладочные работы проводятся с подачей напряжения по постоянной схеме для индивидуальных испытаний электрооборудования. В начале этапа вводят эксплуатационный режим в электроустановках и оформляют допуск наладочного персонала согласно действующим ПТБ при эксплуатации электроустановок. Выполняют настройку параметров электрооборудования, опробование схем управления, защиты и сигнализации, а также электрооборудования на холостом ходу для подготовки к индивидуальным испытаниям технологического оборудования. При индивидуальных испытаниях технологического оборудования уточняют параметры, характеристики и установки защит электроустановок. На третьем этапе электрооборудование обслуживает заказчик, который обеспечивает расстановку эксплуатационного персонала, сборку и разборку электрических схем, а также технический надзор за состоянием электротехнического и технологического оборудования. После проведения индивидуальных испытаний технологического оборудования электрооборудование считается принятым в эксплуатацию. Заказчику передают протоколы испытаний электрооборудования повышенным напряжением, проверки устройств заземления и зануления, исполнительные принципиальные схемы. Остальные протоколы наладки электрооборудования могут быть переданы заказчику в двухмесячный срок, а по технически сложным объектам - в течение 4 мес. после приемки объекта в эксплуатацию. Окончание пусконаладочных работ на этом этапе оформляется актом технической готовности электрооборудования для комплексного опробования.

На четвертом этапе пусконаладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по согласованным программам. Проверяется взаимодействие электрических схем и систем электрооборудования в различных режимах. В ходе этих работ осуществляется:

- обеспечение взаимных связей, регулировка и настройка характеристик и параметров отдельных устройств и функциональных групп электроустановки для создания в ней заданных режимов работы;
- опробование электроустановки по полной схеме под нагрузкой во всех режимах работы для подготовки к комплексному опробованию технологического оборудования.

Контрольные вопросы:

1. Каковы основные этапы выполнения пусконаладочных работ?
2. Когда производят наладочные работы с подачей напряжения по временной схеме?
3. В каком порядке проводят комплексное опробование электрооборудования?

3.4. Проверка и испытание электрооборудования

3.4.1. Методы испытания изоляции повышенным напряжением переменного и выпрямленного тока

Электрическая прочность изоляции определяется ее способностью длительно выдерживать рабочее напряжение. Уменьшение электрической прочности вызывается в большинстве случаев увлажнением и местными дефектами изоляции. Обычно такими дефектами являются газовые (воздушные) включения в твердом или жидком диэлектрике.

За счет того, что электрическая прочность газа во включении ниже, чем у основной изоляции, создаются условия для возникновения пробоя или перекрытия изоляции в месте дефекта - частичного разряда. В свою очередь, частичные разряды вызывают дальнейшее разрушение изоляции. Частичным разрядом называют как скользящий (поверхностный) разряд, так и пробой отдельных зон или элементов изоляции.

Для определения запаса электрической прочности изоляции производится испытание ее повышенным напряжением. Испытательное напряжение, значительно превышающее рабочее, прикладывается в течение времени, достаточного для развития разряда в местном дефекте вплоть до пробоя. Таким образом, приложение повышенного напряжения позволяет не только выявить дефекты, но и гарантировать необходимый уровень электрической прочности изоляции в период ее эксплуатации.

Испытанию изоляции повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами, описанными ранее. Изоляция может быть подвергнута испытанию повышенным напряжением только при положительных результатах предшествующих проверок.

Изоляция считается выдержавшей испытание повышенным напряжением в том случае, если не было пробоев, частичных разрядов, выделений газа или дыма, резкого снижения напряжения и возрастания тока через изоляцию, местного нагрева изоляции.

В зависимости от вида оборудования и характера испытания изоляция может быть испытана приложением повышенного напряжения переменного тока или выпрямленного напряжения. В тех случаях, когда испытание изоляции производится как переменным, так и выпрямленным напряжением, испытание выпрямленным напряжением должно предшествовать испытанию переменным напряжением.

Испытание повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты производится посредством повышающего трансформатора с регулировочным устройством на стороне низшего напряжения. Схема установки должна содержать также выключатель питания с видимым разрывом и максимальную токовую защиту для отключения питания трансформатора при пробое или перекрытии изоляции

объекта, например рубильник и предохранитель или автоматический выключатель со снятой крышкой. Уставка срабатывания защиты должна превышать ток, потребляемый из сети при максимальном значении испытательного напряжения на объекте, не более чем в два раза.

В качестве испытательного напряжения используется обычно напряжение промышленной частоты. Время приложения испытательного напряжения принято равным 1 мин для главной изоляции и 5 мин для межвитковой. Такая продолжительность приложения испытательного напряжения не сказывается на состоянии изоляции, не имеющей дефектов, и достаточна для осмотра находящейся под напряжением изоляции.

Скорость повышения напряжения до одной трети испытательного значения может быть произвольной, в дальнейшем испытательное напряжение следует повышать плавно, со скоростью, допускающей визуальный отсчет на измерительных приборах. При испытании изоляции электрических машин время повышения напряжения от половинного до полного значения должно быть не менее 10 с.

После установленной продолжительности испытания напряжение плавно снижается до значения, не превышающего одной трети испытательного, и отключается. Резкое снятие напряжения допускается в тех случаях, когда это необходимо для безопасности людей или сохранности оборудования. Под продолжительностью испытания подразумевается время приложения полного испытательного напряжения. Для предотвращения недопустимых перенапряжений при испытаниях (из-за высших гармоник в кривой испытательного напряжения) испытательная установка должна быть по возможности включена на линейное напряжение сети. Форму кривой напряжения можно контролировать электронным осциллографом.

Испытательное напряжение, за исключением ответственных испытаний (генераторов, крупных двигателей и т. д.), измеряют на стороне низкого напряжения. При испытании объектов с большой емкостью напряжение на высокой стороне испытательного трансформатора может несколько превышать расчетное по коэффициенту трансформации за счет емкостного тока. При ответственных испытаниях испытательное напряжение измеряют на высокой стороне испытательного трансформатора с помощью трансформаторов напряжения или электростатических киловольтметров. В тех случаях, когда одного трансформатора напряжения для измерения испытательного напряжения недостаточно, допускается последовательное соединение двух однотипных трансформаторов напряжения. Применяют также дополнительные сопротивления к вольтметрам.

Для защиты ответственных объектов от случайного опасного повышения напряжения параллельно испытываемому объекту должны быть включены через сопротивление (2 - 5 Ом на каждый вольт испытательного напряжения) шаровые разрядники с пробивным напряжением, равным 110 % испытательного.

3.4.2. Методы проверки изоляции цепей и аппаратов вторичной коммутации

Перед включением вторичных цепей, приборов, аппаратов и реле под напряжение необходимо выполнить следующие операции:

- внешне осмотреть и отрегулировать механическую часть аппаратов;
- проверить целостность вторичных цепей; измерить сопротивление изоляции вторичных цепей и аппаратов;
- испытать вторичные цепи повышенным напряжением;
- проверить действие максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов;
- проверить работу контакторов, автоматов, реле и приборов.

При внешнем осмотре проверяют наличие и состояние всех деталей на аппарате, исправность и уплотнение защитных кожухов, наличие заводских пломб. В аппаратах, имеющих подвижные части, проверяют кинематическую схему, рабочий ход подвижных частей, зазоры и люфты, состояние подшипников и подпятников. Снимать пломбы с реле и приборов при монтаже не разрешается. Распломбируют реле и аппараты наладчики при наладочных работах.

Проверять целостность вторичных цепей и катушек аппаратов можно при помощи мегомметра, пробника, телефонных трубок, гальванометра или вольтметра.

Сопротивление изоляции аппаратов и вторичных цепей напряжением от 100 до 1000 В измеряют мегомметром на напряжение 500-1000 В, а в цепях напряжением 12-60 В - мегомметром на напряжение 500 В, и оно должно быть не менее следующих величин:

- катушки контакторов, магнитных пускателей и автоматов - 0,5 МОм;
- шины постоянного тока и шины напряжения на щите управления при отсоединенных цепях - 10 МОм, каждое присоединение вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей - 1 МОм. Этому испытанию подвергают все присоединенные аппараты: катушки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.;
- цепи управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением 100-1000 В, присоединенных к цепям главного тока 1 МОм.

Величину сопротивления изоляции определяют:

- в холодном состоянии - до начала испытания аппарата;
- в нагретом состоянии - после испытания аппарата на электрическую прочность; при специальных испытаниях (при необходимости).

Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения в испытываемых цепях и обмотках, тщательно очистить всю проверяемую аппаратуру, кабельные заделки, зажимы, провода и т. д. от пыли, грязи, остатков и обрезков материалов.

При проверке изоляции отдельных цепей, проводов и аппаратов снимают плавкие вставки у всех предохранителей, провода отсоединяют от сборок зажимов панелей и изоляцию проверяют в целом по цепи, а в случае несоответствия изоляции нормам - по каждому элементу установки отдельно.

Для присоединения мегомметра к испытательным цепям следует применять только отдельные провода с сопротивлением изоляции не менее 100 МОм. Перед работой необходимо проверить мегомметр и провода. При проверке провода присоединяют к мегомметру и, замкнув их концы накоротко, вращают ручку мегомметра, при этом прибор должен показать сопротивление, равное нулю. При разомкнутых концах проводов сопротивление должно быть равно бесконечности.

При измерении сопротивления изоляции относительно земли зажим мегомметра «Л» (линия) должен быть подключен к испытываемой электрической цепи, а зажим «З» (земля) - к земле. При измерении сопротивления изоляции электрических цепей, не соединенных с землей, порядок подключения зажимов прибора может быть любым.

Нормальная скорость вращения ручки мегомметра - 120 об/мин, причем отсчет показания прибора следует вести после того, как стрелка займет устойчивое положение.

При всех проверках изоляции мегомметром нужно учитывать, что во вторичных цепях могут находиться детали с пониженным испытательным напряжением, например конденсаторы, твердые выпрямители, слаботочная аппаратура и т. д. Эти детали должны быть закорочены или отключены в зависимости от схемы.

При испытании мегомметром одной из обмоток трансформатора напряжения на другой может появиться напряжение, поэтому эта обмотка должна быть отключена от сети и закорочена.

Испытание повышенным напряжением следует выполнять в диэлектрических резиновых перчатках и ботах, при этом должны быть предусмотрены ограждение и предупредительные плакаты во всех местах, находящихся под испытательным напряжением. Изоляцию смонтированных устройств испытывают повышенным напряжением только после измерения мегомметром сопротивления изоляции этих устройств и, если это сопротивление удовлетворяет требованиям Правил устройств электроустановок (ПУЭ).

Присоединение считается выдержавшим испытание на электрическую прочность, если не произошло пробоя изоляции, перекрытия по поверхности, заметного нагревания изоляции или резкого снижения показаний включенного в цепь вольтметра.

3.4.3. Правила и инструкции по заполнению документации результатов испытаний

Результаты испытаний оформляют протоколом испытаний, в котором указывают всю требуемую заказчиком и необходимую для толкования результатов испытаний информацию, а также всю информацию, требуемую для используемой методики. Протоколы испытаний могут быть на бумажных или электронных носителях. Экземпляры протоколов испытаний, выполненные на бумаге, должны иметь нумерацию страниц и указание общего числа страниц. Оформляет протокол испытаний специалист ИЛ, назначенный руководителем ИЛ. Обязанность по оформлению протоколов испытаний, и соответствующая ответственность должны быть закреплены в должностной инструкции. Если к протоколу испытаний не прилагается акт отбора проб (при его наличии), то информация из акта отбора проб должна быть включена в протокол. Лабораториям рекомендуется прилагать заявление о том, что протокол испытаний не может быть частично воспроизведен без письменного разрешения лаборатории.

Протокол испытаний оформляется в произвольной форме, если форма не установлена потребителем или методом (методикой) испытаний. Каждый протокол испытаний должен содержать, по крайней мере, следующую информацию (если лаборатория не имеет обоснованных причин не указывать ту или иную информацию):

- a) наименование документа (например, "Протокол испытаний" или "Сертификат о калибровке");
- b) наименование и адрес лаборатории, а также место проведения испытаний и/или калибровки, если оно не находится по адресу лаборатории;
- c) уникальную идентификацию протокола испытаний или сертификата о калибровке (например, серийный номер), а также идентификацию на каждой странице, чтобы обеспечить признание страницы как части протокола испытаний или сертификата о калибровке, и, кроме того, четкую идентификацию конца протокола испытаний или сертификата о калибровке;
- d) наименование и адрес заказчика;
- e) идентификацию используемого метода/методики;
- f) описание, состояние и однозначную идентификацию объекта (объектов) испытаний или калибровки;
- g) дату получения объекта (объектов), подлежащего(их) испытаниям или калибровке, если это существенно для достоверности и применения результатов, а также дату(ы) проведения испытаний или калибровки;
- h) ссылку на план и методы отбора образцов, используемые лабораторией или другими органами, если они имеют отношение к достоверности и применению результатов;
- i) результаты испытаний или калибровки с указанием (при необходимости) единиц измерений;
- j) имя, должность и подпись или эквивалентную идентификацию лица (лиц), утвердившего(их) протокол испытаний или сертификат о калибровке;

к) при необходимости указание на то, что результаты относятся только к объектам (образцам), прошедшим испытания или калибровку.

В выдаваемых испытательной лабораторией (центром) протоколах исследований (испытаний) и измерений или иных итоговых документах о результатах исследований (испытаний) и измерений должна указываться используемая при таких исследованиях (испытаниях) и измерениях версия нормативного документа с полным наименованием и реквизитами (номером, годом). Если в протокол испытаний включены мнения и толкования, то к протоколу должны быть приложены документы, на основании которых они сделаны. Мнения и толкования выделяются в протоколе отдельным разделом и могут касаться:

- выполнения требований, включенных в договор;
- рекомендаций по использованию результатов испытаний;
- рекомендаций по улучшению;
- мнения о соответствии/несоответствии результатов установленным требованиям.

Изменения к протоколам испытаний или сертификатам о калибровке после их выдачи должны производиться только в виде дополнительного документа или дополнительной передачи данных и включать в себя следующую (или другую эквивалентную) формулировку: "Дополнение к протоколу испытаний (или сертификату о калибровке), серийный номер (или другая идентификация)". Если необходимо оформить или выдать полный новый протокол испытаний или сертификат о калибровке, они должны однозначно идентифицироваться и содержать ссылку на оригинал, который они заменяют.

3.4.4. Испытание изоляции обмоток трансформатора повышенным напряжением

Электрическая прочность изоляции определяется ее способностью длительно выдерживать рабочее напряжение. Уменьшение электрической прочности вызывается в большинстве случаев увлажнением и местными дефектами изоляции. Обычно такими дефектами являются газовые (воздушные) включения в твердом или жидком диэлектрике.

Для определения запаса электрической прочности изоляции производится испытание ее повышенным напряжением. Испытательное напряжение, значительно превышающее рабочее, прикладывается в течение времени, достаточного для развития разряда в местном дефекте вплоть до пробоя. Таким образом, приложение повышенного напряжения позволяет не только выявить дефекты, но и гарантировать необходимый уровень электрической прочности изоляции в период ее эксплуатации.

Испытанию изоляции повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами, описанными ранее. Изоляция может быть подвергнута испытанию

повышенным напряжением только при положительных результатах предшествующих проверок. Изоляция считается выдержавшей испытание повышенным напряжением в том случае, если не было пробоев, частичных разрядов, выделений газа или дыма, резкого снижения напряжения и возрастания тока через изоляцию, местного нагрева изоляции.

Испытание повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты производится посредством повышающего трансформатора с регулировочным устройством на стороне низшего напряжения. Схема установки должна содержать также выключатель питания с видимым разрывом и максимальную токовую защиту для отключения питания трансформатора при пробое или перекрытии изоляции объекта, например рубильник и предохранитель или автоматический выключатель со снятой крышкой. Уставка срабатывания защиты должна превышать ток, потребляемый из сети при максимальном значении испытательного напряжения на объекте, не более чем в два раза.

В качестве испытательного напряжения используется обычно напряжение промышленной частоты. Время приложения испытательного напряжения принято равным 1 мин для главной изоляции и 5 мин для межвитковой. Такая продолжительность приложения испытательного напряжения не сказывается на состоянии изоляции, не имеющей дефектов, и достаточна для осмотра находящейся под напряжением изоляции.

Для предотвращения недопустимых перенапряжений при испытаниях (из-за высших гармоник в кривой испытательного напряжения) испытательная установка должна быть по возможности включена на линейное напряжение сети. Форму кривой напряжения можно контролировать электронным осциллографом.

В тех случаях, когда одного трансформатора напряжения для измерения испытательного напряжения недостаточно, допускается последовательное соединение двух однотипных трансформаторов напряжения. Применяют также дополнительные сопротивления к вольтметрам.

Испытание изоляции выпрямленным напряжением

Применение выпрямленного испытательного напряжения позволяет значительно уменьшить мощность испытательной установки, делает возможным испытание объектов с большой емкостью (кабелей конденсаторов и др.), позволяет контролировать состояние изоляции по измеряемым токам утечки. При испытании изоляции выпрямленным напряжением, как правило, применяются схемы однополупериодного выпрямления.

Выводы

Третий модуль учебного пособия «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» предназначен для получения навыков

и знаний, необходимые для предупреждения и устранения аварий и неполадок электрооборудования. В данном модуле учебного пособия Вы изучили:

- Меры безопасности при выполнении электрических измерений;
- Методика работы с комбинированными электроизмерительными приборами;
- Принципы телеизмерений. Измерение неэлектрических величин электрическими методами;
- Измерения в кабельных и воздушных линиях;
- Определение места повреждения воздушных и кабельных линий;
- Методы выявления дефектов электрооборудования;
- Оценка состояния электрооборудования по результатам проверок измерений и испытаний;
- Оформление протоколов проверки и испытаний, отчетов оценки состояния электрооборудования;
- Методы испытания изоляции повышенным напряжением переменного и выпрямленного тока;
- Методы проверки изоляции цепей и аппаратов вторичной коммутации;
- Правила и инструкции по заполнению документации результатов испытаний;
- Испытание изоляции обмоток трансформатора повышенным напряжением.

Список рекомендуемой литературы

1. Г.П. Ерошенко, А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, Ю.А. Медведко, М.А. Таранов. Эксплуатация электрооборудования – М.: Колос, 2007. – 344с.
2. «Правила устройства электроустановок», М: МЮ РК от 29 апреля 2015 года № 1085.
3. Сибикин Ю.Д. «Обслуживание электроустановок промышленных предприятий», М:2000г.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - МЮ РК от 19 марта 2015 года № 222

Ссылки:

1. sales@finans.ru
2. www.electricalschool.info/main/ekspluat
3. www.ypag.ru

4. УСТРАНЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ И НЕПОЛАДОК ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цели обучения

После прохождения данного модуля Вы сможете:

1. Знать виды релейных защит, устройство и принцип действия различных видов реле.
2. Выполнять оценку состояния действующего электрооборудования.
3. Выполнять измерения при производстве наладочных работ.
4. Выполнять проверку и испытание электрооборудования

Схема курса

ПМ 08 Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности

ПМ 09 Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования

ПМ 10 Проверка и наладка электрооборудования

ПМ 11 Устранение и предупреждение аварий и неполадок электрооборудования

ПМ 12 Выполнение основных видов работ по квалификации электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

ЭЛЕКТРОМОНТЕР ПО РЕМОНТУ И
ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля Вам рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям по квалификации «Электрослесарь (слесарь) дежурный и по ремонту оборудования» и модулей «Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности», «Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования», «Проверка и наладка электрооборудования» согласно Типового учебного плана по специальности «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования (по видам)».

Введение

Данный модуль описывает знания, умения и навыки, необходимые для применения схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности.

В результате изучения модуля, обучающиеся осваивают:

- методы выбора защит и электроавтоматики для сетей электроснабжения промышленного предприятия;
- технологический процесс плановых и внеочередных осмотров электрооборудования;
- диагностическое оборудование и правила диагностирования для определения технического состояния электрооборудования, его агрегатов и систем;
- обязанности электромонтера по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования;
- порядок оформления и выдачи нарядов на работу;
- нормативно-техническую документацию, Государственные отраслевые стандарты и технические условия на эксплуатируемое электрооборудование;
- задачи службы технического обслуживания;
- наиболее характерные дефекты электрооборудования, приводящие к аварийным ситуациям;
- основные неисправности трансформаторов и электродвигателей;
- организацию технической эксплуатации электроустановок;
- требования по заполнению технической документации.

При изучении модуля обучающиеся учатся:

- выполнять выбор защит и электроавтоматики для сетей электроснабжения промышленного предприятия;
- проводить плановые и внеочередные осмотры электрооборудования;
- производить техническое обслуживание электрооборудования согласно технологическим картам;
- выполнять замену электрооборудования, не подлежащего ремонту, в случае обнаружения его неисправностей.

4.1. Выбор защит и электроавтоматики для сетей электроснабжения промышленных предприятий

4.1.1. Виды релейных защит. Устройство и принцип действия различных видов реле

Реле называется устройство, в котором осуществляется скачкообразное изменение (переключение) выходного сигнала под воздействием управляющего (входного) сигнала, изменявшегося непрерывно в определённых пределах.

Релейные элементы (реле) находят широкое применение в системах автоматики, так как с их помощью можно управлять большими мощностями на выходе при малых по мощности входных сигналах; выполнять логические операции; создавать многофункциональные релейные устройства; осуществлять коммутацию электрических цепей; фиксировать отклонения контролируемого параметра от заданного уровня; выполнять функции запоминающего элемента и т. д. Наибольшее применение реле находят в области релейной защиты и автоматики.

Классификация реле

Реле классифицируются по различным признакам: по виду входных физических величин, на которые они реагируют; по функциям, которые они выполняют в системах управления; по конструкции и т. д. По виду физических величин различают электрические, механические, тепловые, оптические, магнитные, акустические и т.д. реле. При этом следует отметить, что реле может реагировать не только на значение конкретной величины, но и на разность значений (дифференциальные реле), на изменение знака величины (поляризованные реле) или на скорость изменения входной величины.

Устройство реле



Реле обычно состоит из трех основных функциональных элементов: воспринимающего, промежуточного и исполнительного. Воспринимающий (первичный) элемент воспринимает контролируемую величину и преобразует её в другую физическую величину. Промежуточный элемент сравнивает значение этой величины с заданным значением и при его превышении передает первичное воздействие на исполнительный элемент. Исполнительный элемент осуществляет передачу воздействия от реле в управляемые цепи. Все эти элементы могут быть явно выраженными или объединёнными друг с другом. Воспринимающий элемент в зависимости от назначения реле и рода физической величины, на которую он реагирует, может иметь различные исполнения, как по принципу действия, так и по устройству.

По устройству исполнительного элемента реле подразделяются на контактные и бесконтактные.

Контактные реле воздействуют на управляемую цепь с помощью электрических контактов, замкнутое или разомкнутое состояние которых позволяет обеспечить или полное замыкание или полный механический разрыв выходной цепи.

Бесконтактные реле воздействуют на управляемую цепь путём резкого (скачкообразного) изменения параметров выходных электрических цепей (сопротивления, индуктивности, емкости) или изменения уровня напряжения (тока). Основные характеристики реле определяются зависимостями между параметрами выходной и входной величины.



По способу включения реле разделяются:

- **Первичные** – реле, включаемые непосредственно в цепь защищаемого элемента. Достоинством первичных реле является то, что для их включения не требуется измерительных трансформаторов, не требуется источников оперативного тока и не требуется контрольных кабелей.

- **Вторичные** - реле, включаемые через измерительные трансформаторы тока или напряжения.

Наибольшее распространение в технике релейной защиты получили вторичные реле, к достоинствам которых можно отнести: они изолированы от высокого напряжения, расположены в удобном для обслуживания месте, выполняются стандартными на ток 5(1) А или напряжение 100 В независимо от тока и напряжения первичной защищаемой цепи.

По исполнению реле классифицируются:

- **Электромеханические или индукционные** - с подвижными элементами.

- **Статические** - без подвижных элементов (электронные, микропроцессорные).

По назначению реле подразделяются:

- **Измерительные реле.** Для измерительных реле характерно наличие опорных элементов в виде калиброванных пружин, источников стабильного напряжения, тока и т.п. Опорные (образцовые) элементы входят в состав реле и воспроизводят заранее установленные значения (называемые уставкой) какой-либо физической величины, с которой сравнивается контролируемая (воздействующая) величина. Измерительные реле обладают высокой чувствительностью (воспринимают даже незначительные изменения контролируемого параметра) и имеют высокий коэффициент возврата (отношение воздействующих величин возврата и срабатывания реле, например, для реле тока - $K_v = I_v / I_{ср}$).

- **Реле тока** реагируют на величину тока и могут быть: - первичные, встроенные в привод выключателя (РТМ); - вторичные, включенные через трансформаторы тока: электромагнитные - (РТ-40), индукционные - (РТ-80), тепловые - (ТРА), дифференциальные - (РНТ, ДЗТ), на интегральных микросхемах - (РСТ), фильтр - реле тока обратной последовательности - (РТФ).



- **Реле напряжения** реагируют на величину напряжения и могут быть: - первичные - (РНМ); - вторичные, включенные через трансформаторы напряжения: электромагнитные – (РН-50), на интегральных микросхемах - (РСН), фильтр - реле напряжения обратной последовательности - (РНФ).

- **Реле сопротивления** реагируют на величину отношения напряжения и тока - (КРС, ДЗ-10);

- **Реле мощности** реагируют на направление протекания мощности КЗ: индукционные – (РБМ-170, РБМ-270), на интегральных микросхемах - (РМ-11, РМ-12).

- **Реле частоты** реагируют на изменение частоты напряжения - на электронных элементах (РЧ-1, РСГ).

- **Цифровое реле** - это многофункциональное программное устройство, одновременно выполняющее функции реле тока, напряжения, мощности и т.д.

Реле могут быть **максимальные** или **минимальные**. Реле, срабатывающие при возрастании воздействующей на него величины, называются максимальными, а реле, срабатывающие при снижении этой величины, называются минимальными.

Логические или вспомогательные реле подразделяются на:

- **Реле промежуточные** передают действие измерительных реле на отключение выключателя и служат для осуществления взаимной связи между элементами релейной защиты. Промежуточные реле предназначены для размножения сигналов, полученных от других реле, усиления этих сигналов и передачи команд другим аппаратам: электромагнитные постоянного тока – (РП-23, РП-24), электромагнитные переменного тока – (РП-25, РП-26), электромагнитные постоянного тока с замедлением при срабатывании или отпадании – (РП-251, РП-252), электронные на интегральных микросхемах - (РП-18),

- **Реле времени** служат для замедления действия защиты: электромагнитные постоянного тока – (РВ-100), электромагнитные переменного тока – (РВ-200), электронные на интегральных микросхемах - (РВ-01, РВ-03 и ВЛ)

- **Реле сигнальные или указательные** служат для регистрации действия как самих реле, так и других вторичных аппаратов (РУ-21, РУ-1).

По способу воздействия на выключатель реле разделяются:

- **Реле прямого действия**, подвижная система которых механически связана с отключающим устройством коммутационного аппарата (РТМ, РТВ)

- **Реле косвенного действия**, которые управляют цепью электромагнита отключения коммутационного аппарата.

Основные виды релейной защиты:

- Токовая защита – ненаправленная или направленная (МТЗ, ТО, МТНЗ).
- Защита минимального напряжения (ЗМН).
- Газовая защита (ГЗ).
- Дифференциальная защита.
- Дистанционная защита (ДЗ).
- Дифференциально-фазная (высокочастотная) защита (ДФЗ).

4.1.2. Сборка схем включения вторичных обмоток трансформаторов тока, трансформаторов напряжения

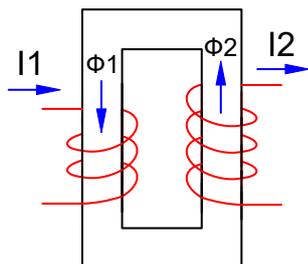


Рисунок 4.1.1.1 - Устройство трансформатора тока

Его схема замещения выглядит следующим образом:

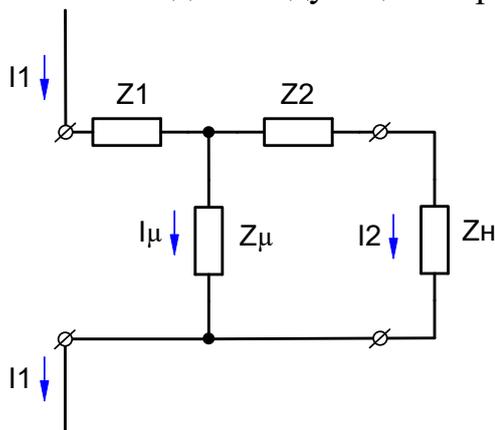


Рисунок 4.1.1.2 - Схема замещения трансформатора тока

Здесь магнитная связь обмоток заменена электрической связью. Сопротивления первичной обмотки Z_1 приведены к вторичной стороне через коэффициент пропорциональности; сердечник трансформатора тока (ТА) представлен в виде ветви Z_μ . Все сопротивления имеют активно-индуктивный характер. Z_μ состоит из активного сопротивления, обусловленного потерями энергии на нагрев сердечника, и индуктивного, обусловленного потерями на намагничивание стали сердечника.

Трансформаторы тока должны по возможности работать в прямолинейной части своей характеристики (пунктирная линия). При увеличении нагрузки на трансформаторы тока (увеличении I_1 или увеличении Z_n) точка работы уходит дальше от прямолинейной части в область насыщения. При этом увеличивается погрешность.

Максимальная токовая защита (МТЗ) предназначена для защиты от перегрузок соответствующих элементов СЭС, а также для защиты от КЗ в них.

В качестве защиты от КЗ эти схемы, как правило устанавливаются в качестве резервной.

Защиты бывают основными и резервными. Основные защиты устанавливаются для защиты от всех видов повреждений, и действует со

временем меньшим чем резервные защиты. А резервные защиты вводятся в работу при неисправностях основных защит.

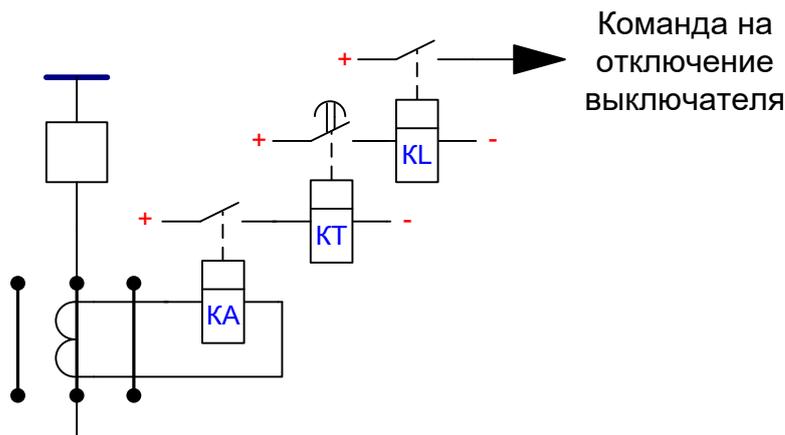


Рисунок 4.1.1.3 - Схема максимальной токовой защиты

При КЗ срабатывает токовое реле КА, подавая плюс на обмотку реле времени КТ. Далее плюс подается через выдержку времени через контакт реле времени на обмотку промежуточного реле КЛ, который в свою очередь посылает сигнал на отключение выключателя. Цепи включения и отключения выключателя потребляют большие токи до нескольких киловатт, поэтому в их цепях используют мощные промежуточные реле, а контакты токовых и реле времени не подходят для таких цепей.

Ток срабатывания МТЗ выбирается из следующих условий: ток срабатывания защиты должен быть больше максимального рабочего тока защищаемого оборудования. Если же это условие не будет выполнено, то при бросках тока защита может отключить защищаемый элемент при отсутствии повреждения.

$$I_{сз} \geq I_{\text{мах.раб.}} \cdot K_{сз} \cdot I_{\text{мах.раб.}} \geq I_{\text{возв.}}$$

$I_{\text{мах.раб.}}$ – максимальный рабочий ток защищаемого элемента,
 $K_{сз.}$ – коэффициент самозапуска электродвигателей энергосистемы,
 $I_{\text{возв.}}$ – ток возврата реле, который меньше тока срабатывания (ток при котором контакты реле вернуться в первоначальное положение).

Коэффициент самозапуска электродвигателей учитывает увеличение тока при включении электродвигателей в сеть (так как пусковой ток двигателя намного больше рабочего).

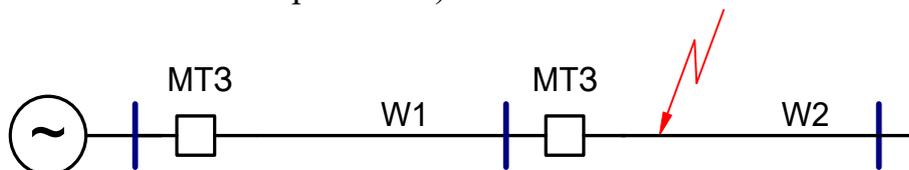


Рисунок 4.1.1.4- Схема энергосистемы

При КЗ на второй линии W2 ее МТЗ обязана сработать и отключить ее, при этом МТЗ первой линии W1 запущенное с момента возникновения КЗ обязана вернуться в исходное состояние.

Для того, чтобы защита первой линии надежно вернулась в исходное состояние (токовое реле КА) необходимо чтобы ток возврата этой защиты был больше, чем рабочий ток в послеаварийном режиме.

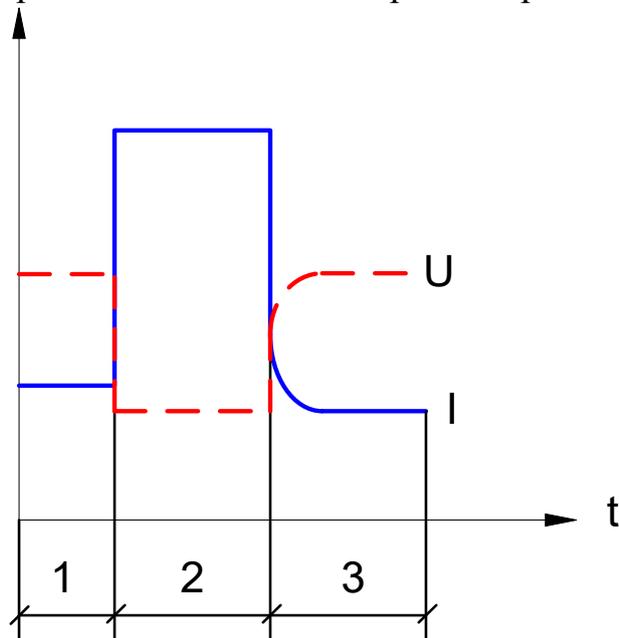


Рисунок 4.1.1.5- График изменения напряжений и токов
I – до аварийного режима, 2 – аварийный режим, 3 – послеаварийный режим.

Коэффициент возврата реле находится как:

$$K_{\text{в}} = \frac{I_{\text{возв.}}}{I_{\text{сз}}} \quad (4.1)$$

Таким образом, выражение для тока срабатывания защиты МТЗ выглядит так:

$$I_{\text{сз}} = \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{в}}} \cdot K_{\text{сз}} \cdot I_{\text{мах.раб.}} \quad (4.2)$$

где $K_{\text{н}}$ – коэффициент надежности, который зависит от типа реле, $K_{\text{н}} > 1$. Для МТЗ принимается 1,2-1,3.

Схемы максимальных токовых защит.

В соответствии с источниками оперативного тока схемы подразделяются на:

1. МТЗ на постоянном оперативном токе.
2. МТЗ на переменном оперативном токе.

По исполнению МТЗ бывают: двухфазные и трехфазные.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды релейных защит вы знаете?
2. Расскажите об устройстве различных видов реле.
3. Расскажите о принципе действия различных видов реле.
4. Как производится сборка схем включения вторичных обмоток трансформаторов напряжения?
5. Как производится сборка схем включения вторичных обмоток трансформаторов тока?
6. Для чего предназначена максимальная токовая защита?

4.2. Плановые и внеочередные осмотры электрооборудования

4.2.1. Основные неисправности трансформаторов

Основными видами повреждения в трансформаторах являются:

1. Короткие замыкания внутри корпуса и снаружи трансформатора.
2. Замыкания между витками в обмотках трансформатора.
3. Замыкания обмоток на землю.
4. Перегрузки, и сверхтоки, при протекании токов внешних КЗ по обмоткам трансформаторов и т.д.

Неисправности магнитопровода.

При эксплуатации межлистовая изоляция магнитопровода стареет, что может вызвать замыкание между листами магнитопровода. При межлистовых замыканиях увеличиваются потери холостого хода трансформатора, ухудшается качество масла: понижается пробивное напряжение, резко понижается температура вспышки, увеличивается кислотность.

Особенно тяжелая авария магнитопровода - пожар, который может произойти от возникновения замкнутых контуров в стали магнитопровода, при замыкании стяжных шпилек, активной стали каким-либо металлическим предметом - гаечным ключом, например. При пожаре в стали магнитопровода резко увеличиваются потери холостого хода трансформатора, масло темного цвета с резким неприятным запахом, сильно ухудшаются диэлектрические свойства масла. При пожаре в стали магнитопровода обыкновенно работает газовая защита трансформатора. Место повреждения можно определить после вскрытия трансформатора и проведения соответствующего опыта. В отдельных случаях трансформатор сильно гудит из-за ослабления прессовки магнитопровода.

Неисправности обмоток.

Витковое замыкание может возникнуть от естественного старения изоляции при длительной эксплуатации трансформатора, частых перегрузок, но чаще всего витковое замыкание - следствие динамических нагрузок, воспринимаемых обмоткой при коротких замыканиях со вторичной стороны трансформатора.

При витковом замыкании замкнутые накоротко витки чрезмерно перегреваются, из трансформатора выделяется горючий газ сероватого цвета, слышится «бульканье» масла. Если трансформатор не отключается защитой, то обмотки трансформатора могут полностью выйти из строя, так как витковое замыкание может перейти в междуфазное.

Междуфазное замыкание часто бывает в трансформаторах, когда ослаблена расклиновка, в момент короткого замыкания со вторичной стороны трансформатора. При задержке работы защит трансформатора (в момент междуфазного замыкания должны работать газовая, максимальная и дифференциальная защиты) его обмотки полностью выходят из строя вследствие сильного нагрева и динамических усилий от токов короткого замыкания.

Обрыв в обмотке трансформатора со стороны высокого напряжения всегда опасен, так как в момент обрыва всегда тянется дуга и обрыв обмотки в отдельных случаях может привести к междуфазному замыканию, если трансформатор не будет отключен защитой.

Пробой на корпус происходит вследствие неудовлетворительного состояния главной изоляции трансформатора - изоляции обмотки высшего напряжения от магнитопровода и обмотки низшего напряжения. При пробое на корпус в сельскохозяйственных трансформаторах с изолированной нейтралью на стороне высшего напряжения либо будет работать газовая защита, либо пробой можно обнаружить по приборам контроля изоляции.

Трансформаторное масло стареет: в нем появляется вода из атмосферы, всасываемая через консерватор - расширитель. При высоких температурах масло разлагается, темнеет, в нем появляются углерод, смолы, кислоты и т. п. Если своевременно не контролировать и не менять масло, то трансформатор выйдет из строя. Причина - замыкание обмоток на корпус и между собой.

Обрыв заземления магнитопровода чаще всего происходит при транспортировках трансформатора. Эта неисправность представляет опасность для изоляции обмоток при перенапряжениях. Неисправность проявляется так: при повышенных напряжениях внутри трансформатора слышны разряды - потрескивания.

Неисправности переключателей анцапф.

В обыкновенных силовых трансформаторах переключателем можно пользоваться только после отключения трансформатора от сети. Несоблюдение этого условия всегда обуславливает выход акцапфного переключателя из строя. В некоторых случаях вместе с переключателем выходит из строя часть обмотки трансформатора.

При нормальном пользовании анцапфным переключателем основная его неисправность - ослабление контактной системы, что может повлечь обрыв обмотки в месте слабого контакта переключателя. Во время ремонта трансформатора без вскрытия его активной части - магнитопровода с обмотками - качество контактной системы переключателя должно быть

проверено соответствующими измерениями, а при вскрытии активной части необходимо тщательно осмотреть переключатель.

Отсутствие герметичности.

Исправный трансформатор не должен иметь подтеков масла. При повреждении отдельных уплотнений в трансформаторе появляются подтеки. Причины: повреждены пробковые или резиновые прокладки между баком и крышкой трансформатора; между крышкой и изоляторами; крышкой и расширителем; течь масло может и через изоляторы с плохой армировкой или плохой заделкой головок; через трещины в баке и радиаторах.

Неисправность изоляторов.

Если изоляторы с трещинами, загрязнены с внешней или внутренней стороны, имеют плохой контакт между выводом от обмотки и проходной шпилькой или плохой контакт между питающей шиной и шпилькой, то все эти неисправности приводят к междуфазным коротким замыканиям на выводах и пробоям на корпус.

Выводы

Четвертый раздел учебного пособия «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» предназначен для получения навыков и знаний, необходимые для предупреждения и устранения аварий и неполадок электрооборудования, являющихся общими для различных отраслей электроэнергетики. В данном разделе учебного пособия мы с вами изучили:

- Выбор защит и электроавтоматики для сетей электроснабжения промышленных предприятий;
- Виды релейных защит. Устройство и принцип действия различных видов реле;
- Сборка схем включения вторичных обмоток трансформаторов тока, трансформаторов напряжения;
- Основные неисправности трансформаторов и электродвигателей.

Список рекомендуемой литературы

1. Кривенко В.В, Новелла В.Н. – Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М – 1981г.
2. Чернобровов Н.А. Релейная защита. М – 1974г.
3. Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков – Электрическая часть электростанций и подстанции. М – Энергоатомиздат 1989г.
4. «Правила устройства электроустановок», М: МЮ РК от 29 апреля 2015 года № 1085.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - МЮ РК от 19 марта 2015 года № 222.

Ссылки:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0
2. <http://electricalschool.info/main/elsnabg/769-maksimalnaja-tokovaja-zashhita.html>
3. <https://pomegerim.ru/rza/maksimalnaya-tokovaya-zaschita.php>

5. ВЫПОЛНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПО КВАЛИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМОНТЁРА ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цели обучения

После прохождения данного модуля Вы сможете:

1. Знать техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования.
2. Выполнять проверку и наладку электрооборудования.
3. Проводить работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования.

Схема курса

ПМ 08 Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности

ПМ 09 Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования

ПМ 10 Проверка и наладка электрооборудования

ПМ 11 Устранение и предупреждение аварий и неполадок электрооборудования

ПМ 12 Выполнение основных видов работ по квалификации электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

ЭЛЕКТРОМОНТЕР ПО РЕМОНТУ И
ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля Вам рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям по квалификации «Электрослесарь (слесарь) дежурный и по ремонту оборудования» и модулей «Применение схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности», «Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования», «Устранение и предупреждение аварий и неполадок электрооборудования» согласно Типового учебного плана по специальности «Техническая эксплуатация,

обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования (по видам)».

Введение

Данный модуль описывает знания, умения и навыки, необходимые для применения схем электронных устройств в сфере профессиональной деятельности.

С целью овладения данной квалификацией студент в ходе производственной (технологической) практики осваивает практические навыки:

- выполнения технического обслуживания цехового электрического и электромеханического оборудования;
- выполнения проверки и наладки электрооборудования;
- выполнения работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования.

При изучении модуля обучающиеся учатся:

- производить оценку состояния электрооборудования по результатам проверок измерений и испытаний;
- производить оформление протоколов проверки и испытаний, отчетов;
- производить оформление результатов оценки состояния электрооборудования;
- проводить электрические измерения;
- снимать показания приборов;
- определять соответствия номинальных параметров электродвигателя паспортным данным;
- производить измерение характеристик изоляции масляного трансформатора определением коэффициента абсорбции и тангенса угла диэлектрических потерь;
- проводить испытания электрооборудования;
- производить испытание изоляции обмоток трансформатора повышенным напряжением;
- давать обоснование выбора методов испытания электрооборудования;
- включать и соблюдать нагрузочные режимы при испытании и пробном пуске электрооборудования;
- проводить испытания электрооборудования
- заполнять технологическую документацию;
- проверять электрооборудование на соответствие чертежам, электрическим схемам, техническим условиям;
- демонстрировать практические навыки сборки схем для производства пусконаладочных работ.

5.1. Техническое обслуживание цехового электрического и электромеханического оборудования

5.1.1. Расчет электроприводов для различного рода рабочих машин производственного оборудования

Правильный выбор электродвигателей для производственных механизмов гарантирует их бесперебойность и надежность работы в течении всего нормативного срока службы. Это очень важный процесс, в котором должны учитываться много различных факторов и критериев. Одним из самых важных факторов является учет характера и типа нагрузки.

Все критерии, которые нужно учитывать при выборе рассмотрены здесь: Как правильно выбрать электродвигатель

При выборе электродвигателей для различных станков, установок и машин необходимо учитывать различные типы нагрузки, тип механической характеристики, характер и длительность циклов работы этих механизмов.

Зная то, как будет изменяться нагрузка на валу выбранного электродвигателя можно точно определить то, как будут изменяться потери мощности в процессе работы и, благодаря этому, выбрать такой электродвигатель, который работая на данную нагрузку не будет перегреваться. Максимальная температура нагрева изоляции электродвигателя не будет превышать допустимую величину в процессе всего цикла работы.

Неправильный выбор электродвигателей производственных механизмов вызывает нарушение процессов производства и приводит к потерям производимой продукции и дополнительным затратам электроэнергии.



Рисунок 5.1.1.1 Электродвигатель с вентилятором

Электрооборудование с электродвигателями должно достаточно полно соответствовать требованиям технологического процесса.

Выбор одного из каталожных типов электродвигателей считается правильным при соблюдении следующих условий:

- наиболее полное соответствие электродвигателя рабочей машине (исполнительному механизму) по механическим свойствам. Это означает, что электродвигатель должен иметь такую механическую характеристику, при которой он мог бы сообщать исполнительному механизму необходимые величины скорости и ускорений в установившихся и переходных режимах;

- максимальное использование мощности электродвигателя во всех режимах работы. Температура всех активных частей электродвигателя в наиболее тяжелых режимах работы должна максимально приближаться к допустимой по нормам температуре нагрева, но не превышать ее;

- соответствие электродвигателя исполнительному механизму и условиям окружающей среды по конструктивному исполнению;

- соответствие электродвигателя параметрам электропитания.

Для выбора электродвигателя необходимы следующие данные:

- тип и наименование исполнительного механизма;

- максимальная мощность на валу, если режим работы продолжительный и нагрузка постоянна, а в остальных случаях - графики изменения мощности или момента сопротивления на валу в функции времени;

- частота вращения (или диапазон частот вращения) вала исполнительного механизма;

- способ сочленения исполнительного механизма с валом электродвигателя (при наличии кинематических передач указываются род передачи и передаточное число);

- величина пускового момента, которую должен обеспечить электродвигатель на приводном валу исполнительного механизма;

- пределы регулирования частот вращения (верхнее и нижнее значения и соответствующие им величины мощностей и моментов);

- требуемое качество (плавность, ступенчатость) регулирования частоты вращения;

- частота включений привода в течение часа;

- характеристики внешней среды.

Выбор электродвигателя на основе учета всех условий и номинальных данных производится по каталогам.



Рисунок 5.1.1.2 Электрический привод

Возможные режимы работы электроприводов отличаются огромным многообразием по характеру и длительности циклов, значениям нагрузок, условиям охлаждения, соотношения потерь в период пуска и установившегося движения и т.п., поэтому изготовление электродвигателей для каждого из возможных режимов работы электропривода не имеет практического смысла.

На основании анализа реальных режимов выделен специальный класс режимов - номинальные режимы, для которых проектируются и изготавливаются серийные двигатели.

Данные, содержащиеся в паспорте электрической машины, относятся к определенному номинальному режиму и называются номинальными данными электрической машины.

Заводы-изготовители гарантируют при работе электродвигателя в номинальном режиме при номинальной нагрузке полное использование его в тепловом отношении.

Действующим ГОСТ предусматриваются **8 номинальных режимов**, которые в соответствии с международной классификацией имеют условные обозначения S1 - S8.

Продолжительный режим работы S1 - работа машины при неизменной нагрузке достаточно длительное время для достижения неизменной температуры всех ее частей.

Кратковременный режим работы S2 - работа машины при неизменной нагрузке в течение времени, недостаточного для достижения

всеми частями машины установившейся температуры, после чего следует остановка машины на время, достаточное для охлаждения машины до температуры, не более чем на 2°С превышающей температуру окружающей среды. Для кратковременного режима работы нормируется продолжительность рабочего периода 15, 30, 60, 90 мин.

Повторно-кратковременный режим работы S3 - последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает время работы при неизменной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки, за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды.

В этом режиме цикл работы таков, что пусковой ток не оказывает заметного влияния на превышение температуры. Продолжительность цикла недостаточна для достижения теплового равновесия и не превышает 10 мин. Режим характеризуется величиной продолжительности включения в процентах:

Двигатели, выпускаемые промышленностью для такого режима работы, характеризуются **продолжительностью включения (ПВ)**, которая устанавливается по продолжительности одного цикла работы

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_n} \cdot 100\% , \text{кВ} \quad (5.1)$$

где t_p – время работы двигателя;

t_n – время паузы.

Нормируемые значения продолжительности включения: 15, 25, 40, 60 %, или относительные значения продолжительности рабочего периода: 0,15; 0,25; 0,40; 0,60. Для режима S3 номинальные данные соответствуют только определенному значению ПВ и относятся к рабочему периоду.

Режимы S1 - S3 являются в настоящее время основными, номинальные данные на которые включаются отечественными электромашиностроительными заводами в каталоги и паспорт машины.

Для обоснованного выбора двигателя по мощности следует знать, как изменяется нагрузка на валу двигателя во времени, что в свою очередь позволяет судить о характере изменения потерь мощности.

Кроме того, следует выяснить как происходит процесс нагрева двигателя в результате выделения в нем потерь энергии. Такой подход позволяет выбрать двигатель таким образом, чтобы максимальная температура изоляции обмоток не превышала допустимой величины. Это условие является одним из основных для обеспечения надежной работы двигателя в течение всего срока эксплуатации.

Выбор мощности электродвигателя должен производиться в соответствии с характером нагрузок рабочей машины. Этот характер оценивают по двум признакам:

- по номинальному режиму работы;

- по изменениям величины потребляемой мощности.

Мощность электродвигателя должна удовлетворять трем условиям:

- нормального нагрева при работе;
- достаточной перегрузочной способности;
- достаточного пускового момента.

Выбор электродвигателей с так называемым «запасом по мощности», исходя из наибольшей возможной по графику нагрузки, ведет к недоиспользованию электродвигателя, а следовательно, к увеличению капитальных затрат и эксплуатационных расходов за счет снижения коэффициентов мощности и полезного действия. Чрезмерное увеличение мощности электродвигателя может привести также к рывкам во время разгона.

Если электродвигатель должен работать длительно с постоянной или мало меняющейся нагрузкой, то определение мощности его не представляет затруднений и производится по формулам. Значительно сложнее выбор мощности электродвигателей иных режимов работы.



Рисунок 5.1.1.3 Выполнение соосности двигателя с механизмом

Кратковременная нагрузка характеризуется тем, что периоды включения коротки, а паузы достаточны для полного охлаждения электродвигателя. При этом принимается, что нагрузка электродвигателя в периоды включения сохраняется постоянной или почти постоянной.

Для того, чтобы в этом режиме электродвигатель был правильно использован по нагреву, необходимо выбрать его так, чтобы его длительная мощность (указываемая в каталогах) была меньше мощности, отвечающей

кратковременной нагрузке, т. е. чтобы электродвигатель в периоды своей кратковременной работы имел тепловую перегрузку.

Если периоды работы электродвигателя значительно меньше времени, необходимого для его полного нагрева, но паузы между периодами включения существенно короче времени полного охлаждения, то имеет место повторно-кратковременная нагрузка.

Расчет мощности и выбор двигателя для продолжительного режима работы

При постоянной или мало изменяющейся нагрузке на валу мощность двигателя должна лишь незначительно превышать мощность нагрузки. При этом должно удовлетворяться условие

$$P_n \geq P, \text{ кВт} \quad (5.2)$$

где P_n - номинальная мощность двигателя;

P - мощность нагрузки.

Выбор двигателя сводится к выбору его по каталогу.

Выбор мощности двигателя при продолжительном режиме работы. Если момент и мощность производственного механизма не изменяется, то должен быть выбран двигатель с номинальной мощностью P_n , равной мощности нагрузки с учетом потерь в трансмиссии (редукторе):

$$P_n \geq P_m / \eta_T, \text{ кВт} \quad (5.3)$$

где η_T – КПД трансмиссии (редуктора).

При заданном моменте сопротивления исполнительного механизма M_c , Н·м, и частоте вращения выходного вала редуктора n_2 , об/мин

$$P_m = M_c \cdot \omega_2, \text{ кВт} \quad (5.4)$$

где $\omega_2 = 2\pi \cdot n_2 / 60$ - угловая скорость вала редуктора, рад/с

Для некоторых производственных механизмов, работающих в продолжительном режиме с постоянным моментом сопротивления на валу, имеются приближенные формулы для определения мощности двигателей.

Расчет мощности и выбор двигателя для кратковременной нагрузки

Двигатели для кратковременного режима работы электропривода выбирают по номинальной мощности, которая должна быть равна мощности нагрузки с учетом длительности работы. Стандартные допустимые значения двигателей, выпускаемых промышленностью для кратковременной работы, составляют 10, 30, 60, 90 мин.

При отсутствии двигателей кратковременного режима работы можно устанавливать двигатели повторно-кратковременного режима. При этом длительность работы 30 мин соответствует ПВ = 15%, 60 мин соответствует

ПВ = 25%, а 90 мин соответствует ПВ = 40%. В крайнем случае возможно применение двигателей для продолжительного режима работы с $P_n < P$ и последующей их проверкой на тепловой режим.

Расчет мощности и выбор двигателя для повторно-кратковременного режима

Для электропривода, работающего в повторно-кратковременном режиме, мощность двигателя рассчитывают методом средних потерь или эквивалентных величин. Первый метод более точный, но более трудоемкий. Удобнее пользоваться методом эквивалентных величин. В зависимости от заданного графика нагрузки $P=f(t)$, $M=f(t)$, $I=f(t)$ определяют среднеквадратичные величины, которые называют эквивалентными.

Эквивалентная мощность представляет собой среднеквадратичную мощность нагрузочной диаграммы

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_k^2 \cdot t_k}{t_1 + t_2 + \dots + t_k}} \quad (5.5)$$

где t_1, t_2, \dots, t_k - промежутки времени, в которые мощность нагрузки соответственно равна P_1, P_2, \dots, P_k .

По каталогу для полученных значений $P_{\text{экв}}$ и ПВ выбирают номинальную мощность двигателя из условия $P_n \geq P_{\text{экв}}$.

Если задана диаграмма $M = f(t)$, то эквивалентный момент

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots + M_k^2 \cdot t_k}{t_1 + t_2 + \dots + t_k}} \quad (5.6)$$

а эквивалентную мощность при частоте вращения n , определяют по выражению

$$P_{\text{экв}} = M_{\text{экв}} \cdot n / 9550 \text{ (кВт)}.$$

Если задана диаграмма $I=f(t)$, эквивалентный по нагреву ток

$$I_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \dots + I_k^2 \cdot t_k}{t_1 + t_2 + \dots + t_k}} \quad (5.7)$$

Расчетное значение $PВ_p$ часто отличается от стандартных значений, поэтому либо округляют полученное значение $PВ_p$ до ближайшего стандартного, либо пересчитывают эквивалентную мощность по формуле

$$P_p = P_{\text{экв}} \sqrt{\frac{PВ_p}{PВ}} \quad (5.8)$$

При работе наблюдаются кратковременные перегрузки, превышающие номинальную мощность двигателя. Они не оказывают существенного влияния на нагрев двигателей, но могут привести к неустойчивой работе или остановке. Поэтому двигатель необходимо проверять на перегрузочную способность по выражению

$$P_m/P_n = k_u \cdot M_m/M_n, \quad (5.9)$$

где P_m - наибольшая мощность в нагрузочной диаграмме;

M_m/M_n - кратность максимального момента определяют по каталогу;

$k_u = 0,8$ коэффициент учитывающий возможное снижение напряжения в сети.

Если это условие не выполняется, то следует выбрать по каталогу двигатель большей мощности и вновь проверить его на перегрузочную способность.



Рисунок 5.1.1.4 Двигатель для ПКР

Промышленность выпускает ряд серий двигателей повторно-кратковременного режима (ПКР):

- асинхронные крановые с короткозамкнутым ротором серии МТКФ и с фазным ротором серии МТФ;
- аналогичные металлургические серий МТКН и МТН;
- постоянного тока серии Д.

5.2. Проверка и наладка электрооборудования

Общие сведения. Перед проведением измерений, связанных с наладкой или испытанием устройств, должен быть выполнен комплекс подготовительных мероприятий:

- тщательный осмотр испытываемого объекта с целью выявления и устранения дефектов;
- изучение электрической схемы и установление норм испытательных напряжений и токов;
- составление схемы измерения с указанием необходимых приборов, их класса, предела измерения, допустимого сопротивления изоляции и т. п.;
- обеспечение необходимых условий при измерении (температура, влажность, чистота поверхности, освещение и т. п.) и безопасного производства работ;
- подготовка рабочего места и необходимого оборудования в соответствии со схемой измерения.

При производстве измерений высокого напряжения особое внимание необходимо уделить качеству подсоединения оборудования к контуру заземления, проверив его визуально или с помощью омметра.

Все работы следует проводить, строго соблюдая правила техники безопасности.

Выбор приборов.

Измерительные приборы в зависимости от их назначения, области применения и условий работы должны выбираться по следующим основным принципам:

- должна существовать возможность измерения исследуемой физической величины;
- пределы измерения прибора должны охватывать все возможные значения измеряемой величины. При большом диапазоне изменений последней целесообразно использовать многопредельные приборы;
- прибор должен обеспечивать требуемую точность измерений. Поэтому следует обратить внимание не только на класс выбираемого прибора, но и на факторы, влияющие на дополнительную погрешность измерений (несинусоидальность токов и напряжений, отклонение положения прибора при установке его в положение, отличное от нормального, влияние внешних магнитных и электрических полей и т. п.);
- при проведении некоторых измерений важную роль играют экономичность (потребление) измерительного прибора, его масса, габариты, расположение органов управления, равномерность шкалы, возможность считывания показаний непосредственно по шкале, быстрдействие и пр.;
- подключение прибора не должно существенно влиять на работу исследуемого устройства, поэтому при выборе приборов следует учитывать их внутреннее сопротивление. При включении измерительного прибора в

согласованные цепи входные или выходные сопротивления должны быть требуемого номинального значения;

- прибор должен удовлетворять общим техническим требованиям техники безопасности при производстве измерений, устанавливаемым (ГОСТ 22261-94), а также техническим условиям или частным стандартам;

- не допускается использовать приборы: с явными дефектами измерительной системы, корпуса и т. д.; с истекшим сроком поверки; нестандартные или не аттестованные ведомственной метрологической службой; не соответствующие по классу изоляции напряжениям, на которые подключается прибор.

Определение погрешности измерения. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называют погрешностью измерения.

Погрешность, свойственная средству измерения, находящемуся в нормальных условиях применения (ГОСТ 22261-94), является основной. При отклонении одной из влияющих величин за пределы, установленные для нормального значения или области нормальных значений, появляются дополнительные погрешности. Пределы допустимых основной и дополнительной погрешностей средств измерений устанавливаются в виде абсолютных, приведенных, относительных погрешностей или в виде определенного числа делений.

Абсолютная погрешность измерения Δ выражается в единицах измеряемой величины и определяется как разность между измеренным X и истинным значениями измеряемой величины $X_{\text{изм}}$, т. е.

$$\Delta = X - X_{\text{изм}} \quad (5.10)$$

В связи с тем, что истинное значение измеряемой величины неизвестно, на практике пользуются действительным значением величины, найденным экспериментальным путем и максимально приближающимся к истинному значению.

Наиболее полно качество измерения характеризуется относительной погрешностью измерения δ , равной отношению абсолютной погрешности измерения к истинному (действительному) значению измеряемой величины, $X_{\text{изм}}$:

$$\delta = \Delta / X_{\text{изм}} \quad (5.11)$$

Для сравнительной оценки точности стрелочных приборов пользуются понятием приведенной погрешности прибора γ , % - отношение абсолютной погрешности к предельному значению шкалы:

$$\gamma = \Delta / X_{\text{к}} (\%) \quad (5.12)$$

Величина X_k принимается равной: конечному значению шкалы - для приборов с односторонней шкалой; сумме конечных значений шкалы прибора - для приборов с двусторонней шкалой; разности конечного и начального значений диапазона - для приборов с безнулевой шкалой; длине шкалы, если шкала имеет резко сужающиеся деления.

Средствам измерения, пределы допускаемых погрешностей которых выражаются в виде относительных или приведенных погрешностей, (согласно ГОСТ 13600-68) присваивают классы точности, выбираемые из ряда чисел (1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6).

Для стрелочных приборов класс точности определяет максимально допустимое значение основной приведенной погрешности измерения. Зная класс точности прибора, можно определить предел относительной погрешности измерения:

$$\delta = \gamma X_k / X \quad (5.13)$$

Часто значение искомой величины A определяют косвенно по результатам нескольких измерений, связанных с искомой величиной известными зависимостями. В этом случае относительная погрешность определяется следующим образом:

$$\delta_{\text{л}} = (|A \cdot \delta_a| + |B \cdot \delta_b| + |C \cdot \delta_c|) / L \quad (5.14)$$

где $\delta_a, \delta_b, \delta_c$ - относительные погрешности измерения величин A, B, C ;

Виды испытаний электрооборудования.

В процессе монтажа и после его окончания, а также в условиях эксплуатации электрооборудование электроустановок проходит проверку, испытания и наладку.

При транспортировке и монтаже электрооборудование может быть повреждено. Во время эксплуатации возможно его повреждение вследствие естественного износа, а также конструктивных дефектов. К наладке электрооборудования предъявляют регламентированные требования, для соблюдения которых проводят следующие испытания:

- **типовые** в соответствии с действующими ГОСТами;
- **приемосдаточные** в соответствии с ПУЭ, а в отдельных случаях с указаниями Минэнерго;
- **профилактические** и другие в соответствии с Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ), объемом и нормами испытаний электрооборудования, и инструкциями на отдельные элементы электрооборудования.

Типовые испытания проводят на заводах-изготовителях по программам и с объемами, указанными в стандартах и технических условиях, но частично их можно проводить на месте монтажа электроустановок. При

типовых испытаниях проверяют соответствие электрооборудования тем требованиям, которые предъявляются к нему стандартами.

Приемосдаточные испытания проводят во вновь сооружаемых и реконструируемых установках до 500 кВ. При испытаниях выявляют соответствие смонтированного оборудования проекту, снимают необходимые характеристики и выполняют определенный объем измерений. После рассмотрения результатов испытаний дают заключение о пригодности оборудования к эксплуатации.

Профилактические испытания проводят в процессе эксплуатации оборудования, что позволяет расширить возможности обнаружения дефектов с целью своевременного ремонта или замены оборудования.

5.2.1. Оценка состояния действующего электрооборудования

Оценка состояния электрооборудования по результатам проверок, измерений и испытаний

Оценка состояния электрооборудования и готовности его к включению в эксплуатацию производится после сравнения результатов различных измерений и испытаний с допустимыми, регламентируемыми специальными нормами. Основными нормативными документами являются «Нормы испытания электрооборудования» (в дальнейшем Нормы) и «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ).

Заключение о возможности ввода оборудования в эксплуатацию производится на основании совокупности результатов приемо-сдаточных испытаний, так как часто, особенно в вопросах оценки состояния изоляции электрических машин, силовых трансформаторов и необходимости сушки ее, трудно найти решение по одному или даже двум критериям.

При оценке состояния оборудования широко используется метод сравнения результатов измерений оборудования одного и того же типа, исходя из предположения, что все проверяемое однотипное оборудование не может иметь одинаковые повреждения. Так, например, если характеристики намагничивания группы измерительных трансформаторов тока одинаково ниже типовых, а ток холостого хода нескольких трансформаторов напряжения одинаково превышает допустимый, то это значит, что имеет место не повреждение изоляции обмоток или магнитопровода, а применение в магнитопроводе стали, отличающейся по габаритам или сортаменту от той, по которой были сняты типовые характеристики.

Результаты измерений и испытаний всегда сравниваются для оценки с результатами предыдущих измерений и испытаний. Для вновь вводимого оборудования такими являются результаты заводских испытаний и измерений. Отличия допускаются лишь в пределах точности и различия применяемых методов измерений.

Проверки и испытания, предусматриваемые Нормами, не всегда бывают достаточны, особенно при оценке состояния несерийного

оборудования или головного образца. В таких случаях они производятся по специальной программе, составляемой разрабатывающей организацией при участии, проектирующей и эксплуатирующей организаций. Как правило, такие программы утверждаются главным инженером станции или энергосистемы.

Окончательное суждение о возможности включения оборудования в нормальную работу позволяет вынести опробование его в действии.

Опробование электрооборудования в действии производится после полного окончания монтажа и предпусковых наладочных работ.

При опробовании выполняются проверки, испытания и измерения, которые не могут быть сделаны по технологическим условиям в неподвижном состоянии оборудования, но необходимы для окончательного заключения о пригодности оборудования и эксплуатации. Методы опробования зависят от вида оборудования.

Коммутационные аппараты опробуются в определенном цикле операций включения и отключения подачей на них штатного оперативного тока (нормируются Нормами) с измерением времени, скорости включения и отключения, минимального напряжения срабатывания электромагнитов привода, с проверкой работы привода при различных уровнях напряжения оперативного тока или давления воздуха у воздушных выключателей, осциллографированием различных циклов у них же и другими проверками и измерениями, регламентируемыми Нормами.

Силовые трансформаторы опробуются подачей на них напряжения с проверкой работы его «на слух», действия релейных защит и переключателя ответвлений.

Опробование синхронных генераторов производится по специальной программе с проверкой работы всех систем и устройств автоматики, релейных защит и завершается, как правило, синхронизацией и включением его в нормальную работу.

Электродвигатели опробуются подачей напряжения на них сначала при расцепленной муфте, соединяющей с приводимым механизмом, а затем при удовлетворительных результатах такого опробования на холостом ходу - с приводимым механизмом. Измеряемые при этом токи и поведение электродвигателя позволяют судить о качестве монтажа и готовности его к работе.

Оформление протоколов проверки и испытаний

Все результаты проверки, испытаний и опробования электрооборудования, которые производятся в процессе наладочных работ, оформляются протоколами. Протоколы содержат заключение, в котором даются общая оценка состояния оборудования, все результаты измерений, проверок, испытаний и опробований.

В ряде случаев вместо протоколов оформляются отчеты о всех произведенных проверках, испытаниях и измерениях с заключением, содержащим оценку состояния оборудования.

В целях унификации технической документации, упрощения и сокращения времени, необходимого для ее оформления, наладочными организациями разрабатываются стандартные формы протоколов и отчетов, требующие только заполнения их.

5.2.2. Измерения при производстве наладочных работ

Основной технологией пусконаладочных работ (ПНР) является проведение их по принципу наладки функционально-технологических узлов (поузловая наладка).

Позуловая наладка начинается после проведения индивидуальных испытаний оборудования и продолжается до ввода оборудования в эксплуатацию.

Подготовка ПНР начинается для энергетических установок с головным и экспериментальным образцами основного оборудования или для первых энергетических установок на вновь строящихся и реконструируемых объектах с момента выхода приказа (указания) вышестоящей организации о назначении головной пусконаладочной организации, но не позднее чем за 18 месяцев, а для остальных энергоустановок - не позднее чем за 18 месяцев до года планируемого начала периода комплексного опробования.

Организационное обеспечение ПНР включает в себя: составление координационного плана ПНР; разработку сметной документации на ПНР; заключение договоров подряда на производство ПНР; открытие финансирования ПНР в сроки, обеспечивающие расчеты с привлеченными пусконаладочными организациями на всех этапах.

Техническое обеспечение ПНР включает в себя: проект ПНР; ознакомление с проектом энергоустановки и (или) ТЭС, анализ его и выдачу замечаний по проекту; разработку пусконаладочной документации; разработку временной эксплуатационной документации; подготовку эксплуатационного персонала для производства ПНР; входной контроль технологического оборудования, трубопроводов, электротехнического оборудования и аппаратуры, средств контроля и управления технологическими процессами; контроль за строительными работами. Работы по наладке электрооборудования являются специализированной, завершающей частью комплекса электромонтажных работ и выполняются персоналом той организации, которая производит основные электромонтажные работы и несет ответственность за их объем и качество.

5.2.3. Общие проверки и испытания электрооборудования

Этапы и организация пусконаладочных работ

Выполнение пусконаладочных работ можно разделить на восемь этапов, отличающихся технологией их проведения.

1. Предмонтажная ревизия и проверка оборудования: машин и механизмов, аппаратов, арматуры, средств управления и представления информации.

2. Поэлементная приемка из монтажа и индивидуальные испытания оборудования.

3. Поузловая приемка из индивидуальных испытаний (включая необходимый контроль полноты и качества монтажа) оборудования функциональных узлов. В соответствии со СНиП 3.05.05-84, СНиП 3.05.06-85 и СНиП 3.05.07-85 этапы поэлементной приемки из монтажа и индивидуальных испытаний оборудования не совпадают по времени для различных видов оборудования и эта разница может быть весьма значительна. Поузловая приемка служит для проверки готовности всей разновидности оборудования узла к поузловой наладке на момент ее начала.

4. Поузловая пусковая (в дальнейшем - "пусковая") наладка функциональных узлов на неработающем оборудовании (холодная наладка) и их опробование под нагрузкой. Сдача функциональных узлов из пусковой наладки в режим эксплуатации, в проверку строительно-монтажной готовности и в поузловую комплексную наладку на работающем оборудовании.

5. Опробование блока (или отдельного котлоагрегата, турбоагрегата) с синхронизацией (или без нее для отдельного котлоагрегата) и набором нагрузки для проверки его полной строительно-монтажной готовности.

6. Поузловая комплексная (в дальнейшем - "комплексная") наладка и испытания функциональных узлов, включая подсистемы АСУ ТП и оперативный контур блочного щита управления для отработки режимов оборудования. Опытная эксплуатация функционально-технологических узлов, включая систему контроля и управления, выявление и устранение дефектов, передача функциональных узлов в промышленную эксплуатацию. Проведение комплексного опробования блока (установки).

7. Приемка блока (установки) в эксплуатацию государственной комиссией с проведением необходимых испытаний энергооборудования и с оформлением соответствующего акта.

8. Предусматривается два принципиально различных вида организации пусконаладочных работ на оборудовании: работы, ведущиеся специалистами одной профессии (теплотехники, электрики, специалисты АСУ ТП и т.д.), выполняющими наладочные операции практически независимо от специалистов других профессий.

Первый вид организации работ применяется:

- при предмонтажной ревизии, проверке, поэлементной приемке из монтажа и индивидуальных испытаниях оборудования;

- на начальной стадии комплексной наладки узлов, когда целесообразно проводить первоначальное обеспечение надежности работы оборудования в проектом объеме отдельно по его видам.

Начиная с этапа поузловой приемки из индивидуального опробования и до приемки блока (установки) государственной комиссией (за исключением начальной стадии комплексной наладки) ПНР проводится силами узловых бригад и организуются комплексными рабочими подкомиссиями.

Подготовительный этап пусконаладочных работ начинается после выпуска рабочих чертежей. На этом этапе производится:

- изучение и анализ проектной и заводской документации, определение соответствия проектной документации нормативным документам, типовым решениям и передовому опыту, разработка замечаний и рекомендаций по устранению недостатков;

- составление проекта производства пусконаладочных работ, включая мероприятия по технике безопасности;

- разработка и утверждение рабочих программ по наладке и пуску оборудования;

- подготовка парка измерительной аппаратуры, испытательного оборудования и приспособлений, организация и оснащение объектной лаборатории, обеспечение рабочих мест приборами, инструментом и инструктивно-методическими материалами;

- составление перечня документации, оформление которой необходимо на различных стадиях производства и приемки пусконаладочных работ на каждом функциональном узле.

После завершения работ по комплексной наладке энергоблока или отдельного агрегата и его комплексного опробования производится приемка названного оборудования в эксплуатацию. Приемка в эксплуатацию производится с назначением в необходимых случаях контрольных опробований и испытаний.

Так же проводится комплексная проверка всех подсистем АСУ ТП, проверка совместной работы основных агрегатов и вспомогательного оборудования при максимально возможной нагрузке, проверка режимов работы турбоагрегата, генератора, трансформатора и вспомогательного оборудования при работе на основном топливе и алгоритмов управления функциональными узлами в стационарных и переменных режимах;

Производство наладочных работ

При наладке устройств ТУ-ТС-ВТИ наладочный персонал выполняет следующие работы: осмотр аппаратуры; измерение сопротивления изоляции аппаратуры и линии связи: настройку каждого элемента схемы на заданный режим, определяемый техническими условиями и расчетными данными проекта; проверку правильности взаимодействия всех элементов схемы; проверку работы устройств ТМ совместно с диспетчерским щитом и пультом; тренировку устройств ТМ; ввод устройств ТМ в нормальную эксплуатацию; составление и сдачу отчетной документации.

Осмотру подлежат все блоки и узлы устройств. При этом проверяются качество и правильность монтажа, соответствие аппаратуры паспортным данным, тип аппаратуры, модели устройств, год выпуска, заводской номер, емкость устройства. При выявлении дефектов проекта и монтажа необходимо внести соответствующие исправления или добавления.

Сопrotивление изоляции замеряется мегаомметром на 500 В между соединенными вместе выходными зажимами полукомплектов и корпусом. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее указанного в техническом описании для данного типа устройств. При настройке элементов схемы необходимо руководствоваться техническими описаниями, инструкциями по наладке заводов-изготовителей. Необходимо добиться, чтобы параметры всех отдельных элементов, узлов, блоков соответствовали заданным режимам.

После настройки отдельных элементов схемы проверяются правильность взаимодействия элементов схемы, прохождения сигналов ТУ, ТС, ВТИ, работа защитных и контрольных узлов при повреждении устройства, линии связи.

Далее проводится проверка работы устройства совместно с диспетчерским щитом и пультом при осуществлении всех телемеханических операций и при изменении напряжения питания в пределах, установленных техническими данными на конкретное устройство.

Тренировка устройства проводится в течение одного месяца. При этом проверяются: прохождение сигнализации, для чего с КП посылаются известительные серии всех сигнальных реле как по одному, так и по нескольку сразу; прохождение команд управления и вызова телеизмерения; работа защитных узлов. Проверка прохождения серий сигнализации, команд и работы защитных узлов должна проводиться 3 раза в день.

Подключение внешних связей на КП к зажимам полукомплекта необходимо производить после окончания тренировки устройства. При этом каждая индивидуальная цепь сигнализации, управления или вызова телеизмерения тщательно прозванивается, маркируется и подсоединяется к зажимам полукомплекта согласно проекту. После этого устройство ТМ вводится в эксплуатацию, что подтверждается соответствующим протоколом и актом.

Испытания устройств телеизмерения выполняются в два этапа: лабораторные испытания и испытания после установки приборов по месту работы. Лабораторные испытания выполняются обычно в заводской лаборатории.

Сначала проверяют приборы, входящие в состав устройства, каждый в отдельности, а затем по структурной схеме устройства - в комплекте с аппаратурой канала связи. Лабораторные испытания производятся в следующем объеме: проверка маркировки приборов и комплектности; измерение сопротивления изоляции приборов по отношению к корпусу мегаомметром напряжением 500 В; определение основной погрешности

преобразования и настройка при необходимости приборов; определение основной погрешности телеизмерения устройства.

Испытания после установки по месту работы включают: внешний осмотр и проверку соответствия аппаратуры техдокументации; измерение сопротивления изоляции всей системы; измерение параметров линии связи; определение основной погрешности телеизмерения и при необходимости регулировку аппаратуры; пробную эксплуатацию не менее 48 ч. После распаковки приборов телеизмерения (преобразователей, приемных приборов) производится внешний осмотр, который выявляет дефекты, препятствующие нормальной работе. Затем проверяют сопротивления изоляции преобразователя мегаомметром напряжением 500 В типа М1-101. Перед началом измерений необходимо очистить преобразователи от пыли. Мегаомметр подключается одним зажимом к корпусу, а другим - к предварительно закороченным зажимам преобразователя. При измерении используются только зажимы «Л» и «З». Перед измерениями, как правило, проверяют сопротивления проводов мегаомметра, при этом проверяют показания по шкале при разомкнутых и накоротко замкнутых проводах. При проверке сопротивления изоляции необходимо тщательно следить за местом присоединения проводов, чтобы не подать напряжение 500 В на элементы схемы. Отсчет сопротивления изоляции принято производить через 60 с после начала измерений.

Внешний осмотр и проверка соответствия аппаратуры техдокументации после монтажа устройства ТИ заключается в проверке правильности монтажа, соответствия маркировки монтажным схемам и комплектности приборов техдокументации. (Испытание ЛС заключается в проверке маркировки, измерении сопротивления изоляции как между жилами, так и на землю, мегаомметром на напряжение 500 В и измерении омического сопротивления. Для измерения омического сопротивления линию связи отключают от первичного преобразователя и приемного прибора. Со стороны ПУ или КП на зажимах ставят перемычку, а затем с противоположной стороны прибором (например, омметром) измеряют сопротивление. Значения сопротивления изоляции и омического сопротивления должны быть в допустимых пределах. Сопротивление изоляции должно быть равно или выше указанного в паспорте.

5.2.4. Проверка и испытание аппаратуры распределительных устройств

Основными задачами обслуживания распределительных устройств (РУ) являются: обеспечение заданных режимов работы и надежности электрооборудования, соблюдение установленного порядка выполнения оперативных переключений, контроль за своевременным проведением плановых и профилактических работ.

Надежность работы распределительных устройств принято характеризовать удельной повреждаемостью на 100 присоединений. В настоящее время для РУ 10 кВ этот показатель находится на уровне 0,4. Наиболее ненадежными элементами РУ являются выключатели с приводом (от 40 до 60 % всех повреждений) и разъединители (от 20 до 42 %).

Основные причины повреждений: поломка и перекрытие изоляторов, перегрев контактных соединений, поломка приводов, повреждения за счет неправильных действий обслуживающего персонала.

Осмотр РУ без отключения должен производиться:

- на объектах с постоянным дежурным персоналом - не реже 1 раза в трое суток,
- на объектах без постоянного дежурного персонала - не реже 1 раза в месяц,
- на трансформаторных пунктах - не реже 1 раза в 6 месяцев,
- РУ напряжением до 1000 В - не реже 1 раза в 3 месяца (на КТП - не реже 1 раза в 2 месяца),
- после отключения короткого замыкания.

При проведении осмотров проверяют:

- исправность освещения и сети заземления,
- наличие средств защиты,
- уровень и температуру масла в маслонаполненных аппаратах, отсутствие течи масла,
- состояние изоляторов (запыленность, наличие трещин, разрядов),
- состояние контактов, целостность пломб счетчиков и реле,
- исправность и правильное положение указателей положения выключателей,
- работу системы сигнализации,
- исправность отопления и вентиляции,
- состояние помещения (исправность дверей и окон, отсутствие течи в кровле, наличие и исправность замков).



Рисунок 5.2.4.1 Распределительное устройство

Внеочередные осмотры открытых распределительных устройств проводят при неблагоприятных погодных условиях - сильном тумане, гололеде, усиленном загрязнении изоляторов. Результаты осмотра записывают в специальный журнал для принятия мер по устранению выявленных дефектов.

Помимо осмотров оборудование распределительных устройств подвергается профилактическим проверкам и испытаниям, выполняемым согласно ППР. Объем проводимых мероприятий регламентирован и включает ряд общих операций и отдельные специфичные для данного вида оборудования работы.

К общим относятся: измерение сопротивления изоляции, проверка нагрева болтовых контактных соединений, измерение сопротивления контактов постоянному току. Специфичными являются проверки времени и хода подвижных частей, характеристик выключателей, действия механизма свободного расцепления и др.

Контактные соединения - одни из самых уязвимых мест в распределительных устройствах. Состояние контактных соединений определяется внешним осмотром, а при проведении профилактических испытаний - с помощью специальных измерений. При внешнем осмотре обращают внимание на цвет их поверхности, испарение влаги при дожде и снеге, наличие свечения и искрения контактов. Профилактические испытания предусматривают проверку нагрева болтовых контактных соединений термоиндикаторами.

В основном используется специальная термопленка, которая имеет красный цвет при нормальной температуре, вишневый - при 50 - 60°C, темно-

вишневый - при 80°C, черный - при 100 °С. При 110°C в течение 1 ч она разрушается и принимает светло-желтую окраску.

Термопленка в виде кружков диаметром 10 - 15 мм или полосок наклеивается в контролируемом месте. При этом она должна быть хорошо видна оперативному персоналу.

Шины РУ 10 кВ не должны нагреваться выше 70 °С при температуре окружающего воздуха 25 °С. В последнее время для контроля температуры контактных соединений начали использоваться электротермометры на базе термосопротивлений, термосвечи, тепловизоры и пирометры (действуют на принципе использования инфракрасного излучения).



Рисунок 5.2.4.2 Распределительное устройство 6-10кВ

Измерение переходного сопротивления контактных соединений проводится для шин на ток более 1000 А. Работа выполняется на отключенном и заземленном оборудовании с помощью микроомметра. При этом сопротивление участка шины в месте контактного соединения не должно превышать сопротивление такого же участка (по длине и сечению) целой шины более чем 1,2 раза.

Если контактное соединение находится в неудовлетворительном состоянии, его ремонтируют, для чего разбирают, зачищают от оксидов и загрязнения, покрывают специальной смазкой от коррозии. Обратную затяжку выполняют ключом с регулируемым крутящим моментом во избежание деформации.

Измерение сопротивления изоляции проводится для подвесных и опорных изоляторов мегаомметром на 2500 В, а для вторичных цепей и аппаратуры РУ до 1000 В - мегаомметром на 1000 В. Изоляция считается нормальной, если сопротивление каждого изолятора не менее 300 МОм, а сопротивление изоляции вторичных цепей и аппаратуры РУ до 1000 В - не менее 1 МОм.

Помимо измерения сопротивления изоляции опорные одноэлементные изоляторы подвергаются испытанию повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин. Для низковольтных сетей испытательное напряжение 1 кВ, в сетях 10 кВ - 42 кВ. Контроль многоэлементных изоляторов осуществляется при положительной температуре окружающего воздуха с помощью измерительной штанги или штанги с постоянным искровым промежутком. Для отбраковки изоляторов используются специальные таблицы распределения напряжений по гирлянде. Изолятор бракуется, если на него приходится напряжение менее допустимого.



Рисунок 5.2.4.3 Исследование тепловизором

В процессе эксплуатации на поверхности изоляторов откладывается слой загрязнения, которое в сухую погоду не представляет опасности, но при морозящем дожде, тумане, мокром снеге становится проводящим, что может привести к перекрытию изоляторов. Для устранения аварийных ситуаций

изоляторы периодически очищают, протирая вручную, с помощью пылесоса и полых штанг из изоляционного материала со специальным наконечником в виде фигурных щеток.

При очистке изоляторов на открытых распределительных устройствах используют струю воды. Для повышения надежности работы изоляторов их поверхность обрабатывают гидрофобными пастами, обладающими водоотталкивающими свойствами.

Основными повреждениями разъединителей являются подгорание и приваривание контактной системы, неисправность изоляторов, привода и др. При обнаружении следов подгорания контакты зачищают или удаляют, заменяя на новые, подтягивают болты и гайки на приводе и в других местах.

При регулировании трехполусных разъединителей проверяют одновременность включения ножей. У правильно отрегулированного разъединителя нож не должен доходить до упора контактной площадки на 3 - 5 мм. Усилие вытягивания ножа из неподвижного контакта должно составлять 200 Н для разъединителя на номинальные токи 400 ... 600 А и 400 Н - на токи 1000 - 2000 А. Трущиеся части разъединителя покрывают незамерзающей смазкой, а поверхность контактов - нейтральным вазелином с примесью графита.

При осмотрах масляных выключателей проверяют изоляторы, тяги, целостность мембраны предохранительных клапанов, уровень масла, цвет термопленок. Уровень масла должен быть в пределах допустимых значений по шкале указателя уровня. Качество контактов считается удовлетворительным, если переходное сопротивление их соответствует данным завода-изготовителя.

При осмотрах маслообъемных выключателей обращают внимание на состояние наконечников контактных стержней, целостность гибких медных компенсаторов, фарфоровых тяг. При обрыве одной или нескольких тяг - выключатель немедленно выводят в ремонт.

Ненормальная температура нагрева дугогасящих контактов вызывает потемнение масла, подъем его уровня и характерный запах. Если температура бачка выключателя превышает 70 °С, его также выводят в ремонт.



Рисунок 5.2.4.5 Ввод в РУ

Наиболее повреждаемыми элементами масляных выключателей остаются их приводы. Отказы приводов наступают из-за неисправностей цепей управления, разрегулирования запирающего механизма, неисправностей в подвижных частях и пробоя изоляции катушек.

Текущий ремонт распределительных устройств проводится для обеспечения работоспособности оборудования до следующего планового ремонта и предусматривает восстановление или замену отдельных узлов и деталей. Капитальный ремонт выполняется для восстановления полной работоспособности. Проводится с заменой любых частей, в том числе и базовых.

Текущий ремонт распределительных устройств напряжением выше 1000 В выполняется по мере необходимости (в сроки, установленные главным инженером энергопредприятия). Капитальный ремонт масляных выключателей проводится 1 раз в 6 - 8 лет, выключателей нагрузки и разъединителей - 1 раз в 4 - 8 лет, отделителей и короткозамыкателей - 1 раз в 2 - 3 года.

Текущий ремонт распределительных устройств напряжением до 1000 В проводится не реже 1 раза в год на открытых ТП и через 18 месяцев на закрытых ТП. При этом контролируется состояние концевых заделок, проводится очистка от пыли и грязи, а также замена изоляторов, делается ремонт шин, подтяжка контактных соединений и других механических узлов,

выполняется ремонт цепей световой и звуковой сигнализации, проводятся установленные нормами измерения и испытания.

Капитальный ремонт распределительных устройств напряжением до 1000 В проводят не реже 1 раза в 3 года.

5.3. Работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования

5.3.1. Плановые и внеочередные осмотры электрооборудования

Одна из обязанностей электротехнического оперативного персонала – это осмотр оборудования электроустановок. Для чего нужно производить осмотр оборудования? Во-первых, для своевременного обнаружения технических неисправностей, замечаний в работе оборудования, а также своевременной локализации и ликвидации аварийной ситуации.

Оперативный персонал при производстве осмотра того или иного элемента оборудования электроустановки должен знать, на что обращать внимание и какие признаки являются не характерными для нормальной работы оборудования. В данной статье рассмотрим основные правила осмотра, когда необходимо производить осмотры, а также особенности осмотра основных элементов оборудования электроустановок.

Осмотр оборудования электроустановок производит персонал, который прошел соответствующее обучение по вопросам охраны труда, пожарной безопасности, а также знающий инструкции по обслуживанию оборудования и другие нормативные документы. Для осмотра электроустановок, персонал должен иметь III группу по электробезопасности.

Как правило, осмотр электроустановок с постоянным обслуживающим персоналом осуществляется не менее двух раз в сутки. Если на подстанции нет постоянного обслуживающего персонала, то осмотр осуществляет один раз в сутки.

Периодический осмотр оборудования электроустановок подстанции производится по утвержденному маршруту. То есть персонал осматривает оборудование в строгой последовательности, двигаясь по территории энергообъекта по установленным маршрутам.

Помимо плановых осмотров оборудования производятся так называемые внеочередные осмотры. Дополнительные или внеочередные осмотры производятся в следующих случаях:

- при неблагоприятных погодных условиях: при тумане, во время мокрого снега, дождя, бури, загрязнения, гололеда;
- после грозы. В данном случае производится осмотр оборудования открытых распределительных устройств, в частности разрядников и ограничителей напряжения на предмет работы во время грозы по установленным регистраторам срабатывания;

- при возникновении аварийной ситуации. Например, после автоматического отключения оборудования первое, что следует сделать – это осмотреть отключившееся оборудование на предмет наличия повреждений и других замечаний в работе (выброс масла, не отключившийся выключатель, посторонние шумы, запах гари и др.);

- в ночное время для выявления нагрева контактных соединений, разрядов и коронации оборудования. В данном случае осмотр производится не менее двух раз в месяц в ночное время преимущественно во влажную погоду, например, после дождя или при сильном тумане.

Результаты осмотра оборудования фиксируются в оперативной документации электроустановки. Персонал после производства осмотра оборудования делает соответствующую запись в оперативный журнал и сообщает о результатах вышестоящему оперативному персоналу – дежурному диспетчеру.

Если во время производства осмотра оборудования были обнаружены какие-то замечания, дефекты, то необходимо об этом записать в оперативном журнале, а также в журнале дефектов оборудования. После этого дежурный персонал сообщает об обнаруженных замечаниях не только диспетчеру, но и вышестоящему руководству (ИТР предприятия) для планирования работ по устранению возникших нарушений в работе оборудования.

В некоторых случаях, например, при обнаружении аварии, которая может угрожать безопасности людей и целостности оборудования, оперативный персонал должен принять самостоятельно незамедлительные меры по устранению возникшей опасности.

Во всех остальных случаях, при обнаружении замечаний в работе оборудования оперативный персонал сначала ставит в известность вышестоящий персонал, а затем под его руководством осуществляет ликвидацию возникшей аварийной ситуации.

Теперь рассмотрим, на что следует обращать внимание при осмотре того или иного элемента оборудования электроустановки, в частности электрической распределительной подстанции.

Автотрансформаторы и трансформаторы

Первое, на что следует обратить внимание при осмотре данных элементов оборудования – это отсутствие посторонних шумов в работе трансформатора (автотрансформатора). Наличие нехарактерных для нормальной работы трансформатора звуков, потрескиваний свидетельствует о возможной неисправности того или иного конструктивного элемента.

Заземление действующего электрооборудования – это одна из основных мер защиты оперативного персонала от поражения электрическим током. Поэтому, прежде чем приблизиться к работающему (авто) трансформатору, необходимо убедиться в наличии и целостности заземляющей шины.

Необходимо также проверить уровень масла в баке трансформатора и РПН. Как правило, уровень масла на маслоуказателе должен примерно соответствовать температуре окружающей среды. При этом необходимо учитывать текущую нагрузку трансформатора. Уровень масла в трансформаторе, работающем на холостом ходу, должен соответствовать средней температуре окружающей среды.

Если трансформатор нагружен, то его уровень масла, как правило, несколько выше температуры окружающей среды, так как при работе трансформатора под нагрузкой происходит нагрев его обмоток и соответственно его охлаждающей среды, то есть трансформаторного масла.

Помимо маслоуказателя, устанавливаемого на расширителе бака трансформатора и РПН, устанавливаются термометры, указывающие температуру верхних и нижних слоев масла. Показания данных термометров также фиксируются при осмотре трансформатора.

Допустимые значения данных термометров указываются в паспорте силового трансформатора (автотрансформатора), а также оговариваются в технической документации по обслуживанию электроустановок, в частности в правилах технической эксплуатации электрооборудования электростанций и сетей.

Во время осмотра необходимо проверить работоспособность системы охлаждения трансформатора (автотрансформатора). Как правило, в период высоких температур организуют дополнительные осмотры с целью своевременного обнаружения нарушений в работе трансформатора (автотрансформатора), некорректной работы системы охлаждения.

Если автоматическое включение системы охлаждения не работает, ее необходимо включать вручную при достижении определенного значения температуры трансформаторного масла и нагрузки. Например, автоматическое включение системы обдува силового трансформатора с системой охлаждения Д производится при достижении температуры верхних слоев масла значения 550 или в случае нагрузки трансформатора до номинального значения. Поэтому оперативный персонал должен контролировать показания термометров трансформатора, а также уровень нагрузки и при необходимости своевременно включать в работу систему обдува.

Кроме вышесказанного, следует обратить внимание на следующие моменты:

- целостность и отсутствие загрязнений изоляции вводов трансформатора;
- давление масла в маслонаполненных вводах;
- отсутствие нагрева контактных соединений;
- целостность предохранительного клапана выхлопной трубы;
- состояние силикагеля в воздухоосушительных устройствах;
- отсутствие внешних повреждений, в частности течи масла на баке трансформатора, а также элементах системы охлаждения;

- наличие первичных средств пожаротушения и соответствие их требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Трансформаторы тока и напряжения

При осмотре трансформаторов тока и трансформаторов напряжения всех классов напряжения следует обращать внимание на следующее:

- уровень масла и отсутствие течи масла для масляных, давление элегаза для элегазовых ТН и ТТ;
- отсутствие внешних признаков повреждения изоляции вводов, корпуса, а также цепей вторичной коммутации;
- отсутствие посторонних шумов и потрескиваний.



Рисунок 5.3.1.1 Трансформаторы тока

Элегазовые, масляные и вакуумные выключатели

Общие моменты, на которые следует обратить внимание при осмотре высоковольтных выключателей, не зависимо от их типа:

- целостность и отсутствие загрязнения изоляции вводов;
- отсутствие нагрева контактных соединений;
- отсутствие шумов и потрескиваний внутри бака (полюса) выключателя;

- работоспособность обогрева шкафов приводов и бака выключателя (в период низких температур);
- наличие и целостность заземляющей шины бака выключателя;
- целостность цепей вторичной коммутации выключателя;
- соответствие указателей положения выключателя фактическому их состоянию.

При осмотре масляного выключателя, кроме вышперечисленного, следует обращать внимание на уровень масла в баке выключателя, а также его цвет. Как правило, трансформаторное масло светлое, желтоватое. Если масло темное, то оно подлежит замене, так как такое масло не обеспечивает в полной мере своих изоляционных и дугогасительных характеристик.

Уровень масла в баке выключателя должен примерно соответствовать средней температуре окружающей среды.

При осмотре элегазовых выключателей следует обращать внимание на давление элегаза. В паспортных данных к выключателю, как правило, приводится график зависимости давления элегаза в выключателе от температуры окружающей среды (номинальная кривая плотности). Поэтому при осмотре оборудования, в том числе элегазового выключателя, необходимо фиксировать текущую температуру воздуха. На основании полученных данных делается вывод о соответствии фактического давления элегаза в выключателе номинальному давлению для данного значения температуры окружающей среды.

Разъединители

При осмотре разъединителей всех классов напряжения необходимо обращать внимание на следующие моменты:

- целостность опорных и тяговых изоляторов, отсутствие сильных загрязнений изоляционного покрытия;
- целостность заземляющего контура, гибких связей;
- при наличии обогрева привода – его работоспособность в период низких температур;

отсутствие видимых повреждений конструктивных элементов разъединителя, привода.

Осмотр щитов, установок, панелей защит

При выполнении осмотра оборудования подстанции одним из этапов является осмотр оборудования общеподстанционного пункта управления (щита управления). В данном случае осматриваются щиты постоянного и переменного тока, панели защит, автоматики и управления элементами оборудования, аккумуляторная батарея, зарядные устройства, шкафы связи, телемеханики, учета электрической энергии.

- При осмотре щитов переменного и постоянного тока следует обращать внимание на положение автоматических выключателей, рубильников, уровни напряжения на шинах, отсутствие посторонних сигналов.



Рисунок 5.3.1.2 Наладка релейной защиты высоковольтных ячеек

При осмотре панелей защит оборудования следует обращать внимание на следующее:

- соответствие положения переключающих устройств фактической схеме подстанции в соответствии с картой переключающих устройств того или иного присоединения;
- отсутствие посторонних сигналов;
- включенное положение автоматических выключателей, которые осуществляют питание защитных устройств.

Кроме того, при осмотре шкафов оборудования оперативный персонал фиксирует необходимые данные в соответствующие журналы и при необходимости выполняет проверку работы устройств и замеры основных электрических величин. Например, снятие показаний амперметров, ваттметров, вольтметров, проверка работоспособности защиты линий электропередач (обмен высокочастотными сигналами), фиксация значения дифференциального тока устройств ДЗШ подстанции и др.

При ежедневном осмотре аккумуляторной батареи производится замер напряжения на контрольных элементах (банках), плотность электролита (на свинцово-кислотных батареях). Осматривают также зарядные устройства АБ, фиксируют значение напряжения на батарее и ток подзаряда. При выполнении осмотра аккумуляторной батареи необходимо обеспечивать все необходимые меры безопасности, предусмотренные инструкцией по обслуживанию АБ того или иного типа. Кроме того, следует проверять

работоспособность системы приточно-вытяжной вентиляции и обогрева помещения аккумуляторной батареи.



Рисунок 5.3.1.3 Ревизия высоковольтной ячейки

В заключении следует отметить, что осмотр электроустановок подстанций необходимо осуществлять в соответствии с требованиями правил безопасной эксплуатации электроустановок и с применением необходимых индивидуальных средств защиты.

5.3.2. Работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования

Каждое нарушение нормальной работы электроустановок считают аварией.

Аварии делятся на станционные, электросетевые и системные.

К станционным авариям относятся:

- а) уменьшение количества электрической энергии, отпускаемой электростанцией потребителям более чем на 500 кВт·ч;
- б) сброс нагрузки электростанции;
- в) повреждение основного оборудования электростанции, вызвавшее выход его из строя или немедленное отключение.

К электросетевым авариям относятся:

- а) ошибочное отключение эксплуатационным персоналом или автоматическими устройствами подстанции воздушных или кабельных

линий, вызвавшее уменьшение количества отпускаемой потребителям электрической энергии более чем на 500 кВт·ч для сетей напряжением 15 кВ и выше и более чем на 100 кВт·ч для сетей напряжением 2... 10 кВ;

б) повреждение основного оборудования, вызвавшее выход его из строя или немедленное отключение.

Отключение линии электропередачи вследствие неправильных действий эксплуатационного персонала или неправильной работы релейной защиты называют потребителемскими отключениями.

Системные аварии возникают при рассогласовании в работе отдельных электростанций.

Браком в работе считают такое состояние, когда недоотпуск электроэнергии составляет менее 500 кВт·ч для сетей напряжением 15 кВ и менее 100 кВт·ч для сетей напряжением ниже 10 кВ. К браку в работе приводят повреждения вспомогательного оборудования, повреждения основного оборудования, находящегося в ремонте, задержка основного оборудования в ремонте, ошибочное отключение оборудования (если это не привело к аварии), снижение частоты ниже 49,5 Гц на 30...60 мин или повышение частоты выше 50,5 Гц длительностью более 30 мин, снижение напряжения ниже контрольных значений более чем на 2 ч.

Перегорание предохранителей или отключение масляных выключателей на стороне высшего и низшего напряжения трансформатора вследствие короткого замыкания в распределительной сети низкого напряжения называют погашением установок.

Основные меры борьбы с авариями - это четкое выполнение правил устройства электроустановок, правил эксплуатации и безопасности труда. К главным требованиям относятся следующие.

1. Не допускать повреждения изоляции токоведущих частей электрических устройств:

а) соблюдать допустимые расстояния между изоляторами и проводами, а также поддерживать в чистоте изоляторы;

б) не допускать перекрытий, вызванных грозой, то есть правильно и своевременно устанавливать молниезащиту и следить за ней;

в) предупреждать механические повреждения кабельных линий распределительных устройств и т. д.

2. Своевременно проводить плановые ревизии, обходы, текущие и капитальные ремонты, чтобы предупреждать падение и поломки опор, ведущие к коротким замыканиям.

3. Правильно выполнять пролеты линий электропередач и выбирать площадь поперечного сечения проводов; проводить их расчет на механическую прочность под действием собственного веса (с учетом гололеда), силы ветра и т. д.

4. В трансформаторах своевременно проводить испытания масла, а в генераторах следить за состоянием обмоток и не допускать их внутренних повреждений.

5. Четко выполнять правила безопасности труда и технической эксплуатации, знать схемы коммутации, порядок и последовательность различных переключений и т. д.

Большое значение имеют также предупредительные плакаты и надписи на рабочих местах.

При возникновении аварии эксплуатационный персонал должен немедленно приступить к ликвидации ее, чтобы сократить аварийные перебои в снабжении электрической энергией. Успешные действия работников по ликвидации аварии зависят от знания ими схем электроустановок и подготовленности их к устранению аварий.

Статистикой установлено, что значительная часть аварий на электроустановках происходит по вине обслуживающего персонала.

Причинами таких аварий служат:

- нарушения правил технической эксплуатации оборудования, правил безопасности;

- неисправности по вине завода-изготовителя и проектных организаций; стихийные явления и прочие причины.

Во время ликвидации аварий необходимо соблюдать общие правила безопасности при работе в установках высокого напряжения.

Работы по ликвидации последствий аварии бригады выполняют по нарядам, а в случае необходимости аварийные бригады работают без нарядов - по устному, письменному или телефонному распоряжению дежурного электроустановки с обязательным занесением распоряжений в журнал дежурств.

Перед началом работы по устранению аварии снимают напряжение, устанавливают защитные заземления, вывешивают плакаты и ограждают место работы.

Аварийная бригада не имеет права выполнять какие-либо переключения в сети без распоряжения дежурного персонала, чтобы исключить возможную подачу напряжения на участок, где работает другая ремонтная бригада. Если работа выполняется вдали от места дежурства, аварийная бригада поддерживает телефонную связь с дежурным и сообщает ему обо всех переключениях, результатах осмотра, испытаний и т. д.

На электроснабжающих предприятиях ведут строгий учет аварий, изучают причины их возникновения и разрабатывают противоаварийные мероприятия на основе статистических данных по предыдущим авариям. О результатах расследования аварии составляют акт с указанием в нем всех выявленных обстоятельств.

Выводы

Пятый раздел учебного пособия «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» предназначен для получения навыков и знаний, необходимые для предупреждения и устранения аварий и неполадок электрооборудования, являющихся общими для различных отраслей электроэнергетики. В данном разделе учебного пособия Вы изучили:

- выполнения технического обслуживания цехового электрического и электромеханического оборудования;
- выполнения проверки и наладки электрооборудования;
- выполнения работы по устранению и предупреждению аварий и неполадок электрооборудования.

Список рекомендуемой литературы

1. Сибикин Ю.Д. «Обслуживание электроустановок промышленных предприятий», М:2000г.
2. «Правила устройства электроустановок», М: МЮ РК от 29 апреля 2015 года № 1085.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - МЮ РК от 19 марта 2015 года № 222.

Ссылки:

1. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1413-obslyzhivanie-raspredelitelnykh.html>
2. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1254-osmotr-jelektroustanovok-podstancijj.html>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миклашевский С.П. «Промышленная электроника» 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва: Недра, 1993. - 352 с.
2. Розанов Ю.К. «Основы силовой электроники» М.: Энергоатомиздат, 1992г. - 296 с.
3. Москатов Е. А. Справочник по полупроводниковым приборам. – М.: Журнал “Радио”, 2005. – 208 с.
4. Маскаленко В.В. «Система автоматизированного управления электропривода», М:ИНФРА-М, 2004г.
5. Павлович С.Н., Фигаро Б.И. «Ремонт и обслуживание электрооборудования», М: Высшая школа 2005г.
6. Поярков К.М. «Электрические станции, подстанции, линии и сети» Мн.: Высшая школа 1994г.
7. «Правила устройства электроустановок», М: МЮ РК от 29 апреля 2015 года № 1085.
8. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - МЮ РК от 19 марта 2015 года № 222.
9. Пятницкая В.Р. «Практические и тестовые задания по технической эксплуатации электрооборудования», М: 2005г.
10. Сибикин Ю.Д. «Обслуживание электроустановок промышленных предприятий», М:2000г.
11. Сибикин Ю.Д. «Справочник электромонтажника», М:2003г.
12. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. «Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий», М: «Высшая школа» 2001г.
13. Касаткин А.С., Немцев М.В. «Электротехника», М: «Высшая школа» 2002г.
14. Кудрин Б.И. «Электроснабжение промышленных предприятий», М: Интернет Инженеринг, 2006г.
15. Кноринг Г.М. «Осветительные установки», М: «ЭНЕРГОИЗДАТ» 1981г.
16. Гусев Н.Н., Мельцер Б.Н. «Устройство и монтаж электрооборудования», М: «Высшая школа» 1979г.
17. Кравченя Э.М., Козель Р.Н., Свирид И.П., «Охрана труда и основы энергосбережения»: ТеатраСистемс, М: 2005г.

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

№	сокращения	расшифровка
1.	ИЭ	информационная электроника
2.	ЭЭ	энергетическая электроника
3.	ЭТ	электронная технология
4.	ПМ	профессиональный модуль
5.	ЭУ	электронные устройства
6.	КПД	коэффициент полезного действия
7.	ИС	интегральные схемы
8.	БИС	большие интегральные схемы
9.	ИМС	интегральные микросхемы
10.	ЭДС	электродвижущая сила
11.	ВАХ	вольт-амперная характеристика
12.	ФЧХ	фаза – частотная характеристика
13.	АХ	амплитудная характеристика
14.	ЛВС	локальная вычислительная сеть
15.	ОУ	операционный усилитель
16.	ТТЛ	транзисторно-транзисторная логика
17.	ЭСЛ	эмиттерно-связанная логика
18.	КМОП	комплементарная структура металл-оксид-полупроводник
19.	ГПН	генератор пилообразного напряжения
20.	БГ	блокинг генератор
21.	ЭВМ	электронно-вычислительная машина
22.	СВЧ	сверхвысокая частота
23.	ЕСКД	Единая Система Конструкторской Документации
24.	ГОСТ	Государственный стандарт
25.	ПУЭ	правила устройства электроустановок
26.	УПП	устройство плавного пуска
27.	ПКУ	пусковое контактное устройство
28.	ПМЛ	пускатель магнитный линейный
29.	СНиП	строительные нормы и правила
30.	УЗО	устройство защитного отключения
31.	КЗ	короткое замыкание
32.	АД	асинхронный электродвигатель
33.	СД	синхронный электродвигатель
34.	ТК	тиристорный коммутатор
35.	СУ	система управления
36.	ФИ-драйвер	фаза-импульсный драйвер
37.	МК	микроконтроллер
38.	УВВ	устройство ввода-вывода
39.	ПУ	пульт управления
40.	ИП	источник питания

41. КП	контактор пуска
42. РКП	реле контроля пуска
43. РП	реле перегрузки
44. РС	реле скорости
45. УП	универсальный переключатель
46. РЗБ	реле загрузочного бункера
47. РВ	реле времени
48. ЭО	электрооборудование
49. ПДК	предельно-допустимая концентрация
50. КМ	контактор магнитный
51. ТБ	техника безопасности
52. ПТБ	Правила техники безопасности
53. ТТ	трансформатор тока
54. ТН	трансформатор напряжения
55. ППР	планово-предупредительный ремонт
56. НТД	научно-техническая документация
57. ИЛ	испытательная лаборатория
58. МТЗ	максимальная токовая защита
59. ТО	токовая отсечка
60. МТНЗ	максимальная токовая направленная защита
61. ЗМН	защита минимального напряжения
62. ГЗ	газовая защита
63. ДЗ	дистанционная защита
64. ДФЗ	дифференциально-фазная (высокочастотная) защита
65. СЭС	система электроснабжения
66. ПНР	пусконаладочные работы
67. ТЭС	технико-экономическое сравнение
68. АСУ ТП	автоматизированная система управления технологическим процессом
69. ТУ	телеуправление
70. ТС	телесигнализация
71. ТИ	телеизмерение
72. КП	контрольный пункт
73. ЛС	линия связи
74. РУ	распределительные устройства
75. ТП	трансформаторная подстанция
76. ИТР	инженерно-технические работники
77. РПН	регулирование под напряжением
78. ДЗШ	дифференциальная защита шин
79. АБ	аккумуляторная батарея

ГЛОССАРИЙ

Информационная электроника занимается устройствами для приема, передачи, обработки, хранения и отображения информации.

Электронное устройство - это электронные приборы и устройства, принцип действия которых основан на взаимодействии заряженных частиц с электромагнитными полями и используется для преобразования электромагнитной энергии (например для передачи, обработки и хранения информации).

Полупроводниковый диод - полупроводниковый прибор, в широком смысле - электронный прибор, изготовленный из полупроводникового материала, имеющий два электрических вывода (электрода).

Импульсное устройство – это устройство, предназначенное для генерирования, формирования, усиления, передачи и преобразования импульсов. К ним относятся импульсные генераторы, триггеры, мультивибраторы, счетчики.

Технологическая схема - это графический технологический документ, который отдельно или совместно с другими технологическими документами описывает технологический процесс или составную часть процесса.

Промышленная технологическая схема – это наиболее распространенный тип, который широко распространен при производстве габаритных товаров, больших объемов или крупногабаритной продукции.

Опытно-промышленные схемы - данный тип является предвестником промышленных схем.

Схемы периодического действия – это схемы поэтапное промышленное производство на их основе предусматривает периодические паузы, остановки производственного процесса и нет необходимости соблюдения непрерывного процесса.

Схемы непрерывного действия – это схемы технологического процесса, регламентируемые, предусматривают определенную очередность операций, которые позволяют производить продукцию без прерывания.

Схемы комбинированного типа - смешанные схемы предусматривают технологический процесс, сочетающий непрерывные и прерывающиеся этапы.

Двигатели открытого типа – это двигатели, корпус которого имеют большие вентиляционные отверстия в подшипниковых щитах и в станине для лучших условий охлаждения.

Двигатели закрытого типа – устанавливаются в запыленных помещениях при наличии в воздухе большого количества паров едких испарений.

Двигатели защищенного типа – это двигатели, корпус которого имеют вентиляционные отверстия закрыты решетками и защищают двигатель от попадания внутрь капель дождя, посторонних частиц, опилок и т. п., но не пыли.

Устройство плавного пуска (УПП) – это механическое, электротехническое (электронное) или электромеханическое устройство, используемое для плавного пуска (остановки) электродвигателей с небольшим моментом срабатывания (например с вентиляторной характеристикой) рабочей машины.

Частотный преобразователь – это электронное устройство для изменения частоты электрического тока (напряжения). Частотный асинхронный преобразователь частоты служит для преобразования сетевого трёхфазного или однофазного переменного тока частотой 50 (60)Гц.

Магнитный пускатель - это низковольтный коммутационный аппарат, предназначенный для дистанционного управления различными силовыми нагрузками в сеть напряжением до 1000 Вольт.

Степень защиты электродвигателя – способ защиты, обеспечиваемый оболочкой от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и (или) воды и проверяемый стандартными методами испытаний.

Естественное освещение - это освещение земной поверхности за счёт прямого излучения Солнца или рассеянным светом небосвода.

Искусственное освещение - под этим понятием получение света от неестественных источников (ламп).

Совмещенное освещение – это освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Дежурное освещение – освещение в нерабочее время.

Светодиодное освещение - одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источника света.

Светодиод или светоизлучающий диод - полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

Точечный метод предназначен для нахождения освещенности в расчетной точке, он служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности.

Маркировка кабеля – это нанесение на кабель цветовой разметки, условных знаков (надписей), бирок и этикеток, а также специальных электронных маркеров.

Кабель-канал - это электротехническое изделие, представляющее собой короб замкнутого профиля, внутри которого прокладываются провода и кабели.

Виды электропроводок - это подвод электроэнергии к электроустановкам, осуществляется электропроводками, проложенными по территории предприятия, внутри зданий и сооружений, по наружным стенам и т.п.

Электротермическая установка – это совокупность электротермического и другого технологического оборудования вместе с

сооружениями и коммуникациями, обеспечивающими проведение электротермического процесса.

Индукционный нагрев - это метод бесконтактного нагрева электропроводящих материалов токами высокой частоты и большой величины.

Индукционный прибор - электрический прибор, в котором используется наведение вихревых токов в немагнитном проводящем элементе.

Электрическая печь сопротивления (ЭПС) - это электротермическая установка, в которой тепло выделяется за счёт протекания тока по проводнику.

Подъёмно-транспортные машины (ПТМ) - машины (устройства), предназначенные для перемещения грузов и людей в вертикальной, горизонтальной и наклонной плоскостях на относительно небольшие расстояния в пределах заводов, строительных площадок, портов, складов и т.п.

Электроизмерительные приборы - это класс устройств, применяемых для измерения различных электрических величин.

Точность измерений, точность результата измерения - это близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

Реле – это автоматический аппарат релейного действия, в основном предназначенный для коммутации цепей управления более мощных аппаратов, сигнализации, связи и пр., а также для суммирования и размножения сигналов.

Релейная защита (РЗ) - это важнейший вид электрической автоматики, которая необходима для обеспечения бесперебойной работы энергосистемы, предотвращении повреждения силового оборудования, либо минимизации последствий при повреждениях. РЗ представляет собой комплекс автоматических устройств, которые при аварийной ситуации выявляют неисправный участок и отключают данный элемент от энергосистемы

Релейный элемент – это автоматическое устройство, которое при воздействии на него внешних физических явлений скачкообразно принимает конечное число значений выходной величины.

Пусконаладочные работы (ПНР) - комплекс работ, выполняемых в период подготовки и проведения индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования.

Периодический осмотр оборудования - это контроль состояния оборудования, осуществляемый в форме технического осмотра лицами, контролирующими его безопасную эксплуатацию или комиссией.