

Е.К.Исмагулов, А.Б.Кабанбаев,
М.С.Мырзабек

Автоматические линии и агрегатные станки.

Электромеханик

Учебное пособие



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Е.К.Исмагулов,
А.Б.Кабанбаев, М.С.Мырзабек

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ. ЭЛЕКТРОМЕХАНИК



Учебное пособие

*для системы технического и профессионального, послесреднего
образования по специальности «Автоматические
линии и агрегатные станки».*

Нур-Султан
Некоммерческое акционерное общество «Talar»
2020

УДК 681.5(075.32)

ББК 32.965я722

И87

Рецензенты:

ГККП "Жамбылский политехнический высший колледж"
УМО по профилю «Технологические машины и оборудование»,
ТОО «Energy complex»

Рекомендовано

Республиканским научно-практическим центром «Учебник»

И87 Специальность «Автоматические линии и агрегатные станки», квалификация «Электромеханик»: Учебное пособие/ Е.К. Исмагулов, А.Б. Кабанбаев, М.С. Мырзабек - Нур-Султан: Некоммерческое акционерное общество «Talap», 2020 г. – 304 с.

ISBN 978-601-333-949-8

Учебное пособие Специальность «Автоматические линии и агрегатные станки», квалификация «Электромеханик» представляет собой курс теоретической и практической подготовки по профессиональным модулям специальности «1011000 - Автоматические линии и агрегатные станки» по профессиональным модулям квалификации «Электромеханик» в соответствии со стандартами предприятия.

Данное учебное пособие охватывает широкий круг практических вопросов, касающихся готовности электромеханика к обслуживанию электромеханических оборудования в соответствии со стандартами предприятия, сгруппированных по результатам обучения и критериев оценок.

В результате освоения профессионального модуля у обучающихся будут сформированы компетенции по обслуживанию и ремонту электромеханических оборудования, умения и навыки необходимые для материально-технического обеспечения технологического процесса производства.

Учебное пособие предназначено для обучающихся колледжей и может быть использовано для подготовки квалифицированных кадров по рабочим квалификациям и специалистов среднего звена.

УДК 681.5(075.32)

ББК 32.965я722

ISBN 978-601-333-949-8

© НАО «Talap», 2020

Оглавление

Введение.....	7
Раздел 1. Материально-техническое обеспечение рабочих мест	8
1.1 Организация и планирование производства.....	8
1.1.1 Мероприятия по организации и планированию материально-технического обеспечения	8
1.1.2 Основные нормативные документы и правила материально- технического обеспечения	12
1.1.3 Определение нормы расхода материалов и электроэнергии.....	14
1.1.4. Формирование заявки на материалы, запасные части и их экономное и рациональное расходование	21
1.1.5 Планирование и рациональное экономное использование материальных ресурсов	24
Раздел 2. Техническое обслуживание электрического и электромеханического оборудования	30
2.1 Принцип работы электрооборудований, причины износа и меры по их устранению	30
2.1.1. Принцип работы, область применения электрического и электромеханического оборудования	30
2.1.2 Порядок организации испытания, эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования	36
2.1.3 Основные требования к организации рабочего места.....	43
2.1.4 Общие методы оценки состояния электрооборудования по результатам измерений и испытаний	45
2.2 Определение выбора и технических условий проверки и эксплуатации электропривода	50
2.2.1 Правила чтения электрических схем	50
2.2.2 Условия выбора и проверки двигателей механизмов	55
2.2.3 Устойчивость работы электропривода	60
2.2.4 Электрические и электромеханические параметры электропривода ...	63
2.2.5 Кинематическая схема электропривода.....	65
Раздел 3. Организация и руководство трудовой деятельностью работников	73
3.1 Организация и регламент профессиональной деятельности.....	73
3.1.1 Правила внутреннего трудового распорядка	73
3.1.2 Приказы, указания, распоряжения и другие нормативно-распорядительные документы	77
3.1.3 Организация и руководство работой электромонтеров	81
3.1.4 Контроль за качеством выполняемых работ, правил по технике безопасности	85
3.1.5 Разработка мероприятий по повышению надежности, качества работы закрепленных технических средств.....	88
Раздел 4. Комплексное техническое обслуживание и	

эксплуатация электромеханического оборудования.....	94
4.1 Техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования.....	94
4.1.1 Монтаж, эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования.....	94
4.1.2 Организация обслуживания и ремонт электрического и электромеханического оборудования.....	96
4.1.3 Виды технического обслуживания.....	98
4.1.4 Технический осмотр, испытания, проверка и контроль технических параметров.....	100
4.1.5 Показатели технического уровня эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.....	102
4.1.6. Проведения диагностики и контроль технического состояния	105
4.2 Компонировочное и планировочное решение системы электрооборудования цеха.....	107
4.2.1 Назначения и структура энергетических систем	107
4.2.2 Методы определения электрических нагрузок потребителей.....	108
4.2.3 Устройства защитной коммутационной аппаратуры напряжением до и выше 1000 В.....	110
4.2.4 Конструктивные особенности линий электропередачи и электрооборудования электрических станций и подстанций	113
4.2.5 Устройства релейной защиты и автоматики в энергосистемах	115
4.2.6 Внутренние атмосферные перенапряжения и защита от перенапряжений	118
4.2.7 Выбор необходимого оборудования в зависимости от технических требований.....	121
4.2.8 Выбор привода в зависимости от технических требований.....	126
4.2.9 Электрические схемы осветительных установок	129
4.2.10 Расчет необходимой компенсационной мощности	132
4.2.11 Типы коэффициентов для условий среды и температуры.....	136
4.2.12 Расчет по выбору сечений проводника, по допустимому току и экономической плотности тока.....	138
4.2.13 Потери напряжения в электрических сетях	142
4.2.14 Конструирование цеховых трансформаторных подстанций в зависимости от схем электрооборудования.....	147
4.2.15 Конструирование главных понизительных подстанций.....	150
4.2.16 Расчет заземляющих устройств и их выполнение.....	153
4.2.17 Испытание изоляции различных видов электрооборудования	155
4.2.18 Схемы защиты от перенапряжения.....	158
4.2.19 Чтения и составления схем	161
4.2.20 Выбор и проверка реактора, шин к устойчивости токов короткого замыкания	164
4.2.21 Расчет электрических нагрузок на шинах 0,4 кВ	167
Раздел 5. Техническое обслуживание электронных элементов и средств автоматики оборудования.....	172

5.1 Техническое обслуживание электронных элементов оборудования, средств вычислительной техники.....	172
5.1.1 Виды систем автоматики.....	172
5.1.2 Классификация систем автоматического управления.....	179
5.1.3 Обозначения логических элементов	182
5.1.4 Принцип работы базовых логических элементов.....	184
5.1.5 Классификация датчиков и их технические характеристики.....	188
5.1.6 Устройство и принцип работы параметрических и генераторных датчиков.....	195
5.1.7 Классификация усилительных устройств	198
5.1.8 Основные схемы операционных усилителей	202
5.1.9 Условные графические обозначения основных узлов систем автоматики в электрических схемах	205
5.1.10 Структура и принцип построения микроэлектронной вычислительной машины	209
5.1.11 Назначения программируемых контроллеров	215
5.1.12 Схемы на логических элементах	219
5.1.13 Логические схемы по уравнению	222
5.1.14 Параметрические и генераторные датчики	226
5.1.15 Сборка усилительных устройств	231
5.1.16 Схемы на основе триггеров, дешифраторов, счетчиков генераторов и формирователей импульсов	234
5.2 Методы повышения эксплуатационной надежности электроприводов.....	240
5.2.1 Схемы управления электроприводами	240
5.2.2 Структурные схемы автоматизированного электропривода.....	243
5.2.3 Основные виды обратных связей	245
5.2.4 Аналоговые и дискретные элементы схем управления	248
5.2.5 Типовые узлы схем управления, замкнутые схемы электроприводов с полупроводниковыми силовыми преобразователями.....	251
5.2.6 Принцип построения следящего электропривода	255
5.2.7 Выбор аппаратов по основным параметрам.....	257
5.2.8 Принципиальные схемы пусковых двигателей постоянного и переменного тока	258
5.2.9 Составление монтажных схем	261
5.2.10 Расчет надежности системы автоматического управления электроприводом	265
5.2.11 Коэффициент безотказной работы	268
5.2.12 Методы повышения надежности электроприводов	269
Раздел 6. Обеспечение исправного технического состояния и эксплуатации устройств и оборудования.....	273
6.1 Обеспечение исправного технического состояния и надежную работу оборудования	273
6.1.1 Контроль качества выполненных работ	273
6.1.2 Контроль работ по техническим условиям	276

6.1.3 Визуальный и инструментальный контроль качества выполненных работ.....	278
6.1.4 Осмотр, испытания, проверка и контроль технических параметров оборудования	281
6.1.5 Диагностирование технического состояния электрических сетей и электрооборудования.....	285
6.1.6 Техническая эксплуатация оборудования	288
6.1.7 Монтаж, наладка и ремонт электрических сетей и электрооборудования.....	290
Заключение	296
Глоссарий	297
Список использованной литературы.....	300

Введение

В современное время многие отрасли промышленности требуют массового производства деталей. Для осуществления этого не рационально использовать универсальные металлорежущие станки, так как время, затрачиваемое на изготовление на них деталей высоко, а производительность низкая. В таких случаях часто применяют автоматические линии. Номенклатура изготавливаемых на них деталей обычно ограничена, но зато достигается высокая производительность и низкая себестоимость изделий. Так же одним из методов повышения производительности является применения агрегатных станков.

Агрегатными называют многоинструментальные станки, скомпонованные из нормализованных и частично специальных агрегатов. Эти станки применяются в крупносерийном и массовом производстве. На агрегатных станках можно выполнять сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, фрезерование, нарезание внутренних и наружных резьб, некоторые виды токарной обработки. Агрегатные станки в основном используются для изготовления корпусные деталей.

Данное учебное пособие разработано в соответствии с актуализированными типовыми учебными планами и программами по специальности: 1011000 – «Автоматические линии и агрегатные станки», квалификация «Электромеханик».

При изучении разделов обучающийся должны показать следующие результаты обучения:

1. Обеспечение рабочих мест материалами, сырьем, запасными частями, измерительными приборами, инструментом и приспособлениями, технической документацией.
2. Выявление причин и участие в устранении неисправностей в работе устройств, их монтаже, регулировке, электротехнических измерениях и испытаниях.
3. Организация и руководство трудовой деятельностью работников, участвующих в технологическом процессе.
4. Выполнение ремонта, технического обслуживания, полной и комплексной проверке, испытания, монтажа, наладки и сдаче в эксплуатацию электрических и электромеханических элементов оборудования, контрольно-измерительных приборов и установок в соответствии с требованиями технических условий.
5. Выполнение технического обслуживания, проверки, наладки электронных элементов оборудования, средств вычислительной техники, средств автоматики станков и оборудования с программным управлением в соответствии с требованиями технических условий.
6. Обеспечение исправного технического состояния, безаварийной и надежной работы, эксплуатации, ремонта и модернизации электрических и электромеханических элементов оборудования.

Раздел 1. Материально-техническое обеспечение рабочих мест

Цель и задачи:

В данном разделе обучающиеся будут: составлять заявки на материалы, запасные части, инструмент и планировать их экономное и рациональное расходование; нормировать расходование материалов, запасных частей, инструмента.

Предварительные требования:

Перед началом работы с данным разделом обучающиеся должны:

1. Изучить порядок организации и планирования производства.
2. Ознакомиться с основными нормативными документами отдела материально-технического обеспечения.

Необходимые учебные материалы:

1. Бизнес-планирование на предприятии: учебник для бакалавров/ Дубровин И.А. -2-е изд.-М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. - 432с.
2. Планирование на предприятии: конспект лекций для студентов экономических специальностей высших учебных заведений / В.А. Карпов, Д.В. Захарич. – Гродно: ГрГУ, 2013. – 157 с.

1.1 Организация и планирование производства

1.1.1 Мероприятия по организации и планированию материально-технического обеспечения

Рабочее место является первичным звеном производственно-технологической структуры предприятия, в которой осуществляется процесс производства, его обслуживание и управление. Именно здесь происходит соединение трех основных элементов этого процесса и достигается его главная цель - производства предметов труда, оказание услуг либо технико-экономическое обеспечение и управление этими процессами. От того, как организованы рабочие места, во многом зависит эффективность использования самого труда, орудий и средств производства и, соответственно, производительность труда, себестоимость выпускаемой продукции, ее качество и многие другие экономические показатели функционирования предприятия.

Каждое рабочее место имеет свои специфические особенности, связанные с особенностями организации производственного процесса, многообразием форм конкретного труда. Состояние рабочих мест, их организация напрямую определяют уровень организации труда на предприятии.

В зависимости от типа производства, особенностей технологического процесса, характера трудовых функций, форм организации труда и других

факторов определяется классификация рабочих мест. Так, по уровню механизации рабочие места делятся на автоматизированные, механизированные и рабочие места, где выполняются ручные работы. Механизированные рабочие места в свою очередь подразделяются на частично механизированные (работа у станка, механизма и т.д.) и механизированные, а автоматизированные - на полуавтоматизированные и роботизированные.

По признаку разделения труда рабочие места могут быть индивидуальными и коллективными (бригадными), по специализации - универсальными, специализированными и специальными, по количеству обслуживаемого оборудования - одностаночными и многостаночными, по степени подвижности - стационарными и передвижными. Рабочие места могут находиться в помещении, на открытом воздухе, на высоте, под землей. Работа на них может выполняться сидя, стоя или с чередованием той и другой позы.

Значение организации рабочего места в процессе управления.

Процесс управления — деятельность объединенных в определенную систему субъектов управления, направленная на достижение целей предприятия путем реализации определенных функций с использованием методов управления.

Как правило, процессы управления предприятием очень многообразны, многомерны и имеют сложную структуру (состоят из большого числа стадий и фаз). В общем смысле процесс управления состоит из общих функций управления, которые объединяются в циклы управления (рис.1.1).

Рабочее место представляет собой закрепленную, за отдельным рабочим или группой рабочих, часть производственной площади, оснащенную необходимыми технологическим, вспомогательным, подъемно-транспортным оборудованием, технологической и организационной оснасткой, предназначенными для выполнения определенной части производственного процесса.



Рис.1.1. Цикл управления

Организация рабочего места представляет собой материальную основу, обеспечивающую эффективное использование оборудования и рабочей силы. Главной ее целью является обеспечение высококачественного и эффективного выполнения работы в установленные сроки на основе полного использования оборудования, рабочего времени, применения рациональных приемов и методов труда, создания комфортных условий труда, обеспечивающих длительное сохранение работоспособности работников.

Планировка рабочего места.

Под планировкой рабочего места понимается рациональное пространственное размещение всех материальных элементов производства на рабочем месте: оборудования, технологической и организационной оснастки, инвентаря, которые обеспечивают экономное использование производственной площади, высокопроизводительный и безопасный труд рабочего.

Различают внешнюю и внутреннюю планировку рабочих мест. Внешняя планировка представляет собой целесообразное размещение на рабочем месте основного и вспомогательного оборудования, инвентаря и организационной оснастки. Проектируется специально с учетом рабочего и вспомогательного пространства (зоны). Рабочая зона — это участок трехмерного пространства, ограниченный пределами досягаемости рук рабочего в горизонтальной и вертикальной плоскостях с учетом поворота его корпуса на 180° и перемещения на один-два шага. Здесь размещаются орудия и предметы труда, постоянно используемые в работе. Остальная площадь рабочего места — вспомогательное пространство, в котором располагаются редко используемые предметы, элементы интерьера и т. п.

К основным требованиям к рациональной внешней планировке относятся:

- обеспечение минимальных траекторий перемещения предметов
- трудосокращение лишних трудовых движений;
- уменьшение до минимума количества наклонов и поворотов корпуса рабочего;
- экономное использование производственной площади.

Внутренняя планировка рабочего места представляет собой целесообразное размещение технологической оснастки и инструмента в инструментальном шкафу, правильное расположение заготовок и деталей на рабочем месте. Внутренняя планировка должна обеспечивать удобную рабочую позу, короткие и малоутомительные трудовые движения, равномерное и по возможности одновременное выполнение трудовых движений двумя руками. Проектируется такая планировка с учетом зон досягаемости рук рабочего, которые представляют собой участок трехмерного пространства, ограниченный траекториями движения рук рабочего в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Рабочие места различаются:

- по категориям работников и профессиям;
- по числу исполнителей: индивидуальные и коллективные рабочие

места;

- по виду производства: основные и вспомогательные;
- по типу производства: массовые, серийные и единичные;
- по степени специализации: универсальные, специализированные и специальные;
- по уровню механизации: механизированные, автоматизированные, для ручной работы;
- по количеству оборудования: одностаночные, многостаночные.

Современная организация рабочих мест.

Оснащение рабочего места представляет собой совокупность расположенных в пределах рабочего места основного технологического и вспомогательного оборудования, технологической и организационной оснастки, инструмента, технической документации, средств связи и сигнализации, средств охраны труда. Набор этих средств зависит от технологического назначения рабочего места, уровня его специализации, системы обслуживания рабочих мест.

Конкретные виды оснащения, которые могут быть самыми разнообразными, должны соответствовать особенностям каждого рабочего места и обеспечивать рациональное использование рабочего времени, экономию физиологических усилий, безопасность труда, комфортность и эффективность работы.

Типичными основными видами оснащения являются следующие:

- основное технологическое оборудование, которое предназначено для выполнения основной работы на данном рабочем месте. Это могут быть станки, механизмы, агрегаты, аппараты, конвейерные линии, счетная и вычислительная техника, персональные компьютеры, печатно-множительная техника, пульта управления и т.п.;
- вспомогательное оборудование - индивидуальные подъемно-транспортные устройства, транспортеры, тележки, рольганги, склизы для перемещения материалов и др.;
- технологическая оснастка - рабочие и мерительные инструменты, приспособления, запасные части, канцелярские принадлежности для служащих, сменные принадлежности типа картриджей и т.п. для печатно-множительной техники;
- рабочая документация и специальная литература - инструкции, технологические карты, правила техники безопасности, картотеки, дела, справочники, пособия и др.;
- организационная оснастка, к которой относятся рабочая мебель (столы, верстаки, стулья, кресла, шкафы, тумбочки, стеллажи, полки), часы, средства для размещения технологической оснастки и рабочих документов (ложементы, пюпитры, картотеки), приспособления типа подставок, приставок к столам, подлокотников, подножных решеток, упоров;
- средства безопасности - ограждения, экраны, средства индивидуальной защиты (очки, респираторы, перчатки, специальная одежда и обувь),

средства противопожарной защиты, вытяжная вентиляция, предупреждающие об опасности надписи и графика др.;

- средства освещения (общего для всего помещения и местного для рабочей поверхности или пространства);
- средства связи с другими рабочими местами и с местом руководителя;
- средства сигнализации (звуковые, световые, знаковые) о неисправностях, аварийных ситуациях;
- рабочая тара для сырья, материалов, полуфабрикатов, готовых изделий, отходов производства (контейнеры, поддоны, коробки, ящики);
- средства для поддержания на рабочем месте нормального микроклимата;
- хозяйственные средства для ухода за оборудованием и рабочим местом (щетки, ветошь, совки, веники, масленки, урны для мусора и др.) [1].

1.1.2 Основные нормативные документы и правила материально-технического обеспечения

Главной задачей органов снабжения предприятия является своевременное и оптимальное обеспечение производства необходимыми материальными ресурсами соответствующей комплектности и качества. Решая эту задачу, работники служб снабжения постоянно должны изучать и учитывать спрос и предложение на все потребляемые предприятием материальные ресурсы, уровень и изменение цен на них и на услуги посреднических организаций, выбирать наиболее экономичную форму товародвижения, оптимизировать запасы, снижать транспортно-заготовительные и складские расходы.

В общем виде процесс снабжения - это совокупность операций, обеспечивающих предприятие необходимыми предметами и средствами труда. Несоблюдение сроков поставки продукции на любом этапе становится причиной нарушения сроков изготовления промежуточной или конечной готовой продукции в последующих звеньях цепи. При этом, несоблюдение требований к заказываемым и поставляемым материальным ресурсам по качеству, размерам и габаритам приводит к увеличению себестоимости выпускаемой продукции. В свою очередь, своевременная поставка производству материальных ресурсов необходимого качества, комплектности и ассортимента позволяет сократить затраты труда на изготовление продукции и потери времени, в связи с простоем оборудования, при отсутствии материальных ресурсов. Таким образом, от качественного функционирования снабжения зависит качество.

Основными задачами материально-технического обеспечения на предприятии являются:

- бесперебойное обеспечение в установленные сроки цехов, участков, рабочих мест всеми необходимыми предметами труда требуемого качества;
- соблюдение норм запасов материальных ценностей;

- организация экономного расходования и надлежащего хранения сырья, материалов, полуфабрикатов, обеспечение их сохранности без снижения качества.

План материально-технического обеспечения содержит материальные балансы по основной номенклатуре материалов, энергетические балансы, расчеты потребности в материальных ресурсах по видам, нормы и нормативы расходования материалов, топливных и энергетических ресурсов.

Материалы подразделяются на основные, вспомогательные, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты. К топливно-энергетическим ресурсам относятся электроэнергия, теплоэнергия, газ, вода, пар, сжатый воздух, горючее для автомобилей, другие виды топлива. На большую часть энергетических ресурсов устанавливаются лимиты, остальные ресурсы поставляются через товарные рынки.

Для планирования потребности в ресурсах выделяют следующие направления их расходования.

- потребность на производство, определяемая прямым счетом;
- ремонтно-эксплуатационные нужды. Расчеты производятся по укрупненным нормативам, установленным на единицу оборудования, 1 кв. м площади, одного человека;
- изготовление технологической оснастки, специнструмента и т.д. Определяется прямым счетом либо по укрупненным нормативам технической подготовки производства;
- затраты на НИОКР по укрупненным нормативам;
- величина переходящих запасов и заделов определяется по норме заделов и запасов.

Соответственно используется нормативная база, включающая: нормы расхода материальных ресурсов; транзитные нормы; определение партионности отгружаемой продукции; нормы естественной убыли материальных ценностей при хранении и транспортировке; нормы использования инструментов и оснастки; нормы производственных запасов, других товарно-материальных ценностей; нормы запасов в заделах.

План материально-технического обеспечения разрабатывается службами материально-технического обеспечения предприятия на основании производственной программы и нормативов расходования материальных ресурсов и топливно-энергетических ресурсов и расчетов потребности в оборудовании.

Служба материально-технического обеспечения изучает рынок сырья и материалов с целью возможности закупок более дешевых материально-технических ресурсов, она может накапливать заказы производственных подразделений для того, чтобы закупать материалы экономически обоснованными партиями и получать скидки при покупке больших партий.

План материально-технического обеспечения составляется в натуральном и стоимостном выражении на год и с разбивкой по кварталам. При этом можно выделить четыре этапа.

На первом этапе разрабатывается проект плана в форме заявок, содержащих расчеты потребности в отдельных видах материальных ресурсов. Исходной базой при этом являются стратегический план предприятия и достигнутые показатели потребления ресурсов года, предшествующего планируемому.

На втором этапе проводится анализ эффективности использования материальных ресурсов, проект плана материально-технического обеспечения корректируется на основе уточненной производственной программы, уточненных заданий по внедрению новой техники и проведению экспериментальных работ, скорректированных норм расхода материалов и производственных запасов.

На третьем этапе проводится анализ рынка сырья и материалов, оценивается целесообразность приобретения того или иного ресурса или изготовление его на предприятии собственными силами и принимается решение о закупке.

На четвертом этапе составляются балансы материально-технических ресурсов и планы закупок.

Регламентирующие документы:

- внешние документы;
- законодательные и нормативные акты;
- внутренние документы:
- стандарты ГО, устав предприятия, положение о подразделении, должностная инструкция, правила внутреннего трудового распорядка;

Общие положения отдела материально-технического снабжения.

Отдел создается и ликвидируется приказом директора предприятия.

Отдел подчиняется непосредственно директору предприятия (коммерческому директору).

Руководство отдела материально-технического снабжения:

Отдел возглавляет начальник отдела материально-технического снабжения, назначаемый на должность приказом директора предприятия.

Начальник отдела материально-технического снабжения имеет заместителя (ей).

Обязанности заместителя (ей) определяются (распределяются) начальником отдела материально-технического снабжения.

Заместитель(и) и руководители структурных подразделений в составе отдела материально-технического снабжения, другие работники отдела назначаются на должности и освобождаются от должностей приказом директора предприятия по представлению начальника отдела материально-технического снабжения [2].

1.1.3 Определение нормы расхода материалов и электроэнергии

Потребность предприятия в материальных ресурсах должна быть обоснована соответствующими расчетами с учетом следующих видов потребления:

- на основное производство;
- на капитальное строительство (при условии расширения материально-технической базы предприятия);
- на внедрение новой техники и проведение экспериментальных работ;
- на ремонтно-эксплуатационные нужды;
- на изготовление технологической оснастки и инструмента;
- на создание переходящих материальных запасов;
- на незавершенное производство (в случаях технологической потребности).

Расчет потребности в материальных ресурсах проводится, как правило, методом прямого счета. Этот метод предполагает путем умножения нормы расхода на соответствующий объем производства продукции (или работы) определять величину необходимых ресурсов в плановом периоде.

В зависимости от того, какие нормы применяются для расчета, используют следующие методы:

- поиздельный;
- подетальный;
- по аналогии;
- по типовым представителям.

При использовании поиздельного и подетального методов применяются нормы расхода на производство единицы продукции (изделия), отдельных деталей.

Метод определения потребности по аналогии заключается в том, что продукция (изделия) на которые в период расчета потребности отсутствуют нормы расхода, приравниваются к аналогичным видам продукции (изделия), на которые имеются соответствующие нормы расхода сырья и материалов. В этом случае необходимо учитывать характерные особенности нового изделия (продукта). С этой целью в расчет вводят поправочные коэффициенты (1.1):

$$П = Н_{ан} \times Q_{пл} + К \quad (1.1),$$

где $П$ – сырье или материалы, необходимые для выполнения производственной программы;

$Н_{ан}$ – норма расхода сырья или материалов на аналогичную продукцию (изделие);

$Q_{пл}$ – программа (объем) выпуска продукции (изделия) в плановом периоде;

$К$ – коэффициент, учитывающий особенности потребления сырья или материалов для производства данного продукта (изделия) по сравнению с аналогичным изделием.

В том случае, когда на предприятии выпускается большое разнообразие продукции и при этом отсутствуют уточненные объемы выпуска, по каждому из ее видов производится расчет потребности в сырье и материалах на типовое изделие или деталь. При этом норма расхода сырья и материалов для

таких изделий или деталей будет представлять собой средневзвешенную величину для планируемой группы изделий (продукции) или деталей.

При отсутствии разработанных норм расхода сырья и материалов в планируемом периоде по отдельным видам номенклатуры выпускаемой продукции предприятием потребность в материальных ресурсах рассчитывается исходя из данных о фактическом использовании материалов и сырья за предшествующий период и удельном снижении его в планируемом году. Для этого используют формулу (1.2):

$$П_{пл} = П_{фак} \times У_{пр.п} \times У_n \quad (1.2),$$

где $П_{пл}$ – потребность в данном сырье или материалах на плановый период;

$П_{фак}$ – фактический расход этого сырья или материалов в предшествующем аналогичном периоде;

$У_{пр.п}$ – индекс увеличения или уменьшения производственной программы в плановом периоде по сравнению с предшествующим периоде;

$У_n$ – индекс среднего снижения норм расхода материала в плановом периоде.

При производстве продукции на предприятии кроме сырья и основных материалов используются и вспомогательные материалы. Они используются как необходимый компонент при изготовлении продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки изделий. К вспомогательным материалам относят, например, шпагат, краски, этикетки, фольгу, бумагу, марлю и т.д. Их применение имеет разноцелевой характер. Это значительно затрудняет разработку технико обоснованных норм расхода. Потребность во вспомогательных материалах в этом случае может быть установлена пропорционально изменению производственной программы по предприятию в целом или по отдельным видам продукции (изделиям).

При расширении материально-технической базы предприятия (строительство новых цехов, производств и т.д.) возникает необходимость определять потребность в материальных ресурсах для капитального строительства.

Для реализации на предприятии мероприятий по техническому развитию и организации производства потребность в материальных ресурсах устанавливается на основе объемов работ по совершенствованию технологии, механизации и автоматизации производства, освоению и внедрению новой техники, объемов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и других планируемых работ и норм расхода сырья и материалов на эти цели.

Определение потребности предприятия в материальных ресурсах на ремонт основных фондов устанавливается исходя из объема основных фондов по состоянию на 1 января года, предшествующего планируемому. При этом используется утвержденная норма расхода материалов в расчете на

1 млн. тенге стоимости основных фондов и поправочный коэффициент, определяющей потребность данного материала на ремонт вновь введенных орудий труда, производственных и непроизводственных зданий и сооружений.

Потребность в материальных ресурсах на изготовление технической оснастки и инструмента определяется в соответствие со следующей формулой (1.3):

$$P_{\text{и}} = H_{\text{в}} \times B_{\text{пл}} \times K_{\text{н}} \times K_{\text{м}} \quad (1.3),$$

где $P_{\text{и}}$ – потребность в данном виде материала (в соответствующих натуральных единицах) на изготовление оснастки и инструмента в планируемом периоде;

$H_{\text{в}}$ – норма расхода того же вида материала (в соответствующих единицах) на изготовление оснастки и инструмента в предплановом периоде в расчете на 1 млн. тенге валовой продукции;

$B_{\text{пл}}$ – проектируемый объем валовой продукции в планируемом периоде, млн. тенге.;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент изменения норм расхода материала на изготовление оснастки и инструмента;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент повышения технологической оснащенности в планируемом периоде по сравнению с базисным периодом.

На отдельных предприятиях процесс производства занимает достаточно продолжительный временной отрезок. В связи с этим по продукции (изделиям) с длительным производственным циклом учитывается потребность в сырье и материалах не только для обеспечения планируемого объема выпуска продукции, но и с учетом изменения величины незавершенного производства.

Общее количество сырья и материалов, которое постоянно находится в заделах (запасах) определяется путем умножения длительности производственного цикла изготовления продукции в днях на среднесуточный расход сырья и материалов в натуральных единицах измерения.

При условии, что на предприятии имеются данные об изменении запасов (заделов) в объеме продукции или изделиях (деталей) к концу планового периода по сравнению с его началом потребность в сырье и материалах на изменение незавершенного производства определяется по формуле (1.4):

$$P_{\text{нз.п}} = \sum_{i=1}^n (D_{\text{ки}} - D_{\text{ни}}) \times H_i \quad (1.4),$$

где $P_{\text{нз.п}}$ – размер незавершенного производства;

$D_{\text{ки}}$, $D_{\text{ни}}$ – количество продукции или изделий (деталей) i -го вида в незавершенном производстве соответственно на конец и начало планового периода;

H_i – норма расхода сырья и материалов на единицу продукции или изделия (детали) i -го вида;

n – количество наименований деталей или изделий, на производство которых расходуется данное сырье или материал.

Неотъемлемой составной частью годовой потребности предприятия в материальных ресурсах является потребность на создание производственных запасов сырья и материалов. Это необходимо для того, чтобы процесс производства не приостанавливался.

Размер производственных запасов зависит от ряда условий:

- величины потребности в различных видах сырья и материалов;
- периодичности изготовления продукции предприятиями интегрантами;
- периодичности запуска сырья и материалов в производство;
- сезонности поставок сырья и материалов;
- соотношения транзитной и складской форм снабжения;
- размера транзитных поставок.

Величина производственного запаса обосновывается нормой производственного запаса, представляющего собой средний в течение года запас сырья и материалов в днях его среднесуточного потребления, планируемый на конец года как переходящий запас. Размер переходящего запаса определяется по формуле (1.5):

$$t_i^p = \frac{t_{i*} \times M_i}{K_{\text{дн}}} \quad (1.5),$$

где t_i^p – размер переходящего запаса по i -ому сырью и материалам;

t_i – потребность в i -ом сырье и материалах;

M_i – норма переходящего запаса i -го сырья и материалов в днях;

$K_{\text{дн}}$ – количество дней в планируемом периоде.

При планировании производственных запасов необходимо предусматривать возможности предприятия, направленные на расширение рынка реализации продукции за счет увеличения объемов оптовой торговли и долгосрочных прямых хозяйственных связей между производителями и потребителями.

Расчет баланса энергии



Рис.1.2. Счетчики электроэнергии

Энергоснабжение предприятия имеет специфические особенности, которые заключаются в одновременности производства и потребления энергии (рис.1.2).

Определение потребности предприятия в энергоресурсах основывается на составлении энергетических и топливных балансов.

Энергетические балансы классифицируются по таким признакам:

1. по назначению – перспективные, текущие, отчетные;
2. по видам энергоносителя – уголь, нефть, газ, вода, электроэнергия;
3. по характеру целевого использования энергии – силовая, технологическая, производственно-хозяйственная.

Потребность предприятия в энергоресурсах определяется на основе прогрессивных норм расхода, под которыми понимается минимально допустимый расход на единицу продукции или единицу работы в наиболее рациональных условиях организации производства и эксплуатации оборудования.

Нормы энергопотребления делятся на:

1. суммарные на единицу продукции или на единицу времени;
2. дифференцированные на деталь, операцию, отдельный технологический процесс.

Общая потребность предприятия в электроэнергии(1.6) определяется по такой формуле:

$$P_{\text{эл.об}} = N_{\text{р.э}} \times N_{\text{пл}} + P_{\text{э.п.х}} + P_{\text{ст}} + P_{\text{пот}} \quad (1.6),$$

где: $P_{\text{эл.об}}$ - общая потребность предприятия в электроэнергии, кВт – час;
 $N_{\text{р.э}}$ - норма расхода электроэнергии на единицу продукции, кВт – час;
 $N_{\text{пл}}$ – плановый объем выпуска продукции в натуральном выражении, шт.;

$P_{\text{э.п.х.}}$ – расход электроэнергии на производственно-хозяйственные нужды (освещение, вентиляцию, отопление и т.д.) кВт – час;

$P_{\text{ст}}$ – планируемый отпуск электроэнергии на сторону, кВт – час;

$P_{\text{пот}}$ – планируемые потери электроэнергии в сетях, кВт – час.

Расход пара ($Q_{\text{пар}}$) для отопления в тоннах (1.7) определяется по такой формуле:

$$Q_{\text{пар}} = \frac{q_m \times F \times V}{i \times 1000} \quad (1.7),$$

где: q_m - расход тепла на 1 м³ здание, ккал/час;

F – количество часов в отопительном сезоне;

V – объем здания, м³;

i – теплота испарения, ккал/кг (540 ккал/кг).

Годовая потребность в топливе для отопления ($Q_{\text{т}}$) определяется по формуле(1.8):

$$Q_T = \frac{q_m \times F \times V}{1000 \times K_y \times K_{ПД}} \quad (1.8),$$

где: K_y - теплотворная способность условного топлива (7000 ккал/кг);

$K_{ПД}$ - коэффициент полезного действия котельной установки (в среднем равен 0,75).

Годовая потребность в сжатом воздухе (Q_B) для производственных целей определяется по формуле(1.9):

$$Q_B = 1.5 \sum_i^m d \times K_{И} \times F_{э} \quad (1.9),$$

где: 1,5 – коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха в трубопроводах, в местах неплотного соединения;

d – расход сжатого воздуха одним воздухоприемником при непрерывной работе, м³/час;

$K_{И}$ – коэффициент использования воздухоприемника по времени;

$F_{э}$ - эффективный (действительный) фонд времени работы единицы оборудования, час;

$K_{И}$ - коэффициент загрузки оборудования;

m – число воздухоприемников.

Потребность в воде определяется в зависимости от того на какие цели она используется. Вода употребляется на производственные и бытовые нужды. Для производственных нужд вода используется для приготовления охлаждающих смесей, промывку деталей, для гидрофильтров распылительных камер и т.д.

Для определения потребности в воде для приготовления охлаждающих жидкостей ($Q_{вод}$) в м³ используют следующую формулу(1.10):

$$Q_{вод} = \frac{q_B \times n \times F_{э} \times K_{э}}{1000} \quad (1.10)$$

где: q_B - часовой расход воды на один станок, л.;

n - количество станков;

$F_{э}$ -эффективный (действительный) годовой фонд времени одного станка, час;

$K_{э}$ - коэффициент загрузки станков по времени.

После определения потребности в энергоресурсах устанавливается лимит расхода в натуральном и денежном выражении для всех структурных подразделений предприятия.

Для организации учета энергии для предприятия создается контрольно-измерительное хозяйство, и устанавливают счетчики энергоресурсов.

Анализ использования энергии базируется на данных первичного учета по расходу энергоресурсов [3].

1.1.4 Формирование заявки на материалы, запасные части и их экономное и рациональное расходование

Для ритмичной работы предприятия оно должно быть своевременно обеспечено в достаточном количестве оборудованием, материалами, запасными деталями, инструментом, снабжение которыми осуществляется на основании заявок.

При составлении заявок учитывают план производства на следующий год; объемы ремонтных и профилактических работ, а также работ, связанных с модернизацией оборудования и внедрением новой техники; фактическое наличие на складе оборудования, материалов и запасных деталей. Кроме того, должен быть предусмотрен технически необходимый резерв.

Заявки на предприятиях составляют технолог и механик завода, иногда к этой работе привлекают заведующего складом и бухгалтера. Составляют заявки в I квартале текущего года на год вперед. К заявке прилагается расчетно-пояснительная записка, в которой указывают для каких целей предназначены оборудование и материалы, приводят необходимые расчеты. Каждую единицу оборудования и материалов приводят в натуральном и в стоимостном выражении. В пояснительной записке к заявке на оборудование указывают источник финансирования для его приобретения (фонд развития производства или централизованные капитальные вложения).

Для облегчения составления заявок ежегодно в большом масштабе издают и рассылают предприятиям специальные формы (бланки).

Заявки на холодильное и прочие виды оборудования составляют аналогично по «Сводным таблицам потребности в продукции машиностроения», в состав которых входит несколько тетрадей.

Для правильного определения единиц измерения при составлении заявок на материалы удобно пользоваться бланками статистической отчетности по форме 1-СН, где приводится подразделение материалов по видам: химикаты и резино-технические изделия, черные металлы. В заявке на запасные (сменные) детали необходимо указать наименование машины, ее тип или марку, шифр (позицию) и наименование детали согласно заводской инструкции, номер чертежа, стандарт и количество необходимых деталей.

Анализ использования материальных ресурсов.

Производство любого вида продукции (работ, услуг) связано с использованием материальных ресурсов. Материальные ресурсы определенного ассортимента и качества являются основой и необходимым условием выполнения программы выпуска и реализации продукции (работ, услуг), снижения себестоимости. Комплексное использование ресурсов, их рациональный расход, применение более дешевых и эффективных материалов является важнейшим направлением увеличения выпуска продукции и улучшения финансового состояния.

Обновление ассортимента, расширение производственных возможностей обуславливает рост потребности в материальных ресурсах.

Хозяйствующие субъекты потребляют огромное количество материальных ресурсов, различных по видам, маркам, сортам, размерам.

Номенклатура и ассортимент потребляемых материальных ресурсов зависят от номенклатуры и сложности производимой продукции.

Номенклатура материалов дает возможность правильно систематизировать и группировать расчеты потребности в одних и тех же материалах.

Материальные ресурсы – это различные виды сырья, материалов, топлива, энергии, комплектующих и полуфабрикатов, которые хозяйствующий субъект закупает для использования в хозяйственной деятельности с целью выпуска продукции, оказания услуг и выполнения работ.

Материальные ресурсы переходят в материальные затраты, которые представляют собой совокупность материальных ресурсов, используемых в процессе производства. В общей совокупности затрат на производство они составляют примерно 70%, что является свидетельством высокой материалоемкости продукции. Снижение материалоемкости продукции является важнейшим направлением улучшения работы, так как экономное расходование всех видов ресурсов обеспечивает рост производства и снижение себестоимости.

Задачами анализа использования материальных ресурсов являются:

- определение уровня обеспеченности хозяйствующего субъекта необходимыми материальными ресурсами по видам, сортам, маркам, качеству и срокам поставок;
- анализ уровня материалоемкости продукции в динамике;
- изучение действия отдельных факторов на изменение уровня материалоемкости продукции;
- выявление потерь вследствие вынужденных замен материалов, а также простоев оборудования и рабочих из-за отсутствия материалов;
- оценка влияния организации материально-технического снабжения и использования материальных ресурсов на объем выпуска и себестоимость продукции;
- выявление неиспользованных возможностей (внутрихозяйственных резервов) снижения материальных затрат и их влияние на объем производства.

Источниками информации анализа обеспеченности хозяйствующих субъектов материальными ресурсами служат данные:

- бизнес-плана;
- данные оперативно-технического и бухгалтерского учета;
- сведения аналитического бухгалтерского учета о поступлении, расходе и остатках материальных ресурсов;
- форма № 5-з «Сведения о затратах на производство и реализацию продукции (работ, услуг)».

Цель анализа материальных ресурсов состоит в повышении эффективности производства за счет рационального использования ресурсов.

Рост потребности в материальных ресурсах может быть удовлетворен экстенсивным и интенсивным путем.

Экстенсивный путь удовлетворения потребности в материальных ресурсах предполагает приобретение или изготовление большего количества материалов, что ведет к росту удельных материальных затрат. Однако себестоимость продукции может снизиться, если увеличен объем производства или сокращены постоянные затраты.

Интенсивный путь удовлетворения потребностей в материальных ресурсах предполагает более экономное расходование материалов в процессе производства, что обеспечивает сокращение удельных материальных затрат и снижает себестоимость продукции.

Анализ обеспеченности хозяйствующего субъекта материальными ресурсами

Рост объемов продукции и улучшение качества в значительной степени зависят от обеспеченности хозяйствующего субъекта материальными ресурсами и эффективности их использования.

Взаимосвязь между показателями можно отразить в формуле(1.11):

$$V = M_3 \times M_o \text{ или } V = M_3 \times (1/M_e) \quad (1.11),$$

где : V – объем продукции;

M_3 – сумма материальных затрат;

M_o – материалоотдача продукции;

M_e – материалоемкость продукции.

Своевременное поступление и эффективное использование материальных ресурсов обеспечивает бесперебойную, ритмичную работу, выполнение бизнес-плана и увеличение прибыли. Необоснованный излишек может приводить к замедлению оборачиваемости оборотных средств, что ухудшает финансовое состояние. Особенностью хозяйственной практики является то, что многие хозяйствующие субъекты создают запасы в виде высоколиквидных средств (бензин, спирт, т.п.). Отсюда следует, что хозяйствующий субъект должен иметь оптимальный запас материальных ресурсов по количеству, качеству, ассортименту.

В современных условиях хозяйствующие субъекты самостоятельно определяют, исходя из программы выпуска:

- величину потребляемых ресурсов;
- их качество;
- поставщиков и основные базы;
- сроки поступления.

Исходя из технологического процесса и других особенностей производства, определяют норму расхода, норму запасов выявляют ненужные материалы с точки зрения ассортимента выпуска, определяют меры по их реализации [4].

1.1.5 Планирование и рациональное экономное использование материальных ресурсов

Для эффективного использования материальных ресурсов важен процесс их планирования. Правильная система планирования основана на 3 аспектах: объект планирования, требуемые ресурсы, наличие ресурсов. Для правильного планирования материальных ресурсов необходимо, правильно изучить рынок сбыта и выявить необходимые рынку товары. Но важно отметить наличие равенства между возможностями организации и потребностями рынка. Для этого необходимо разработать план уравнивания рыночного спроса с имеющимися производственными ресурсами, запасами и производительностью.

Для наиболее эффективного планирования на предприятии должна быть разработана система планирования и контроля. Данная система может быть представлена из пяти уровней:

- стратегический бизнес-план;
- план производства (план продаж и операций);
- главный календарный план производства;
- план потребности в ресурсах;
- закупки и контроль над производственной деятельностью.

У каждого уровня своя задача, продолжительность и уровень детализации. По мере продвижения от стратегического планирования к контролю над производственной деятельностью задача меняется от определения общего направления до конкретного подробного планирования. Стратегический бизнес-план – это изложение главных целей и задач, которые компания предполагает выполнить в срок от двух до десяти лет или дольше. Это формулировка общего направления деятельности фирмы, описывающая вид бизнеса, которым предприятия хочет заниматься в будущем, – предметно-производственную специализацию, рынки и т. д. В данном плане нам наиболее интересен производственный план, цель данного плана удовлетворение рыночного спроса, а также эффективность использования всех агрегатов, материалов и механизмах. Отдельно об этом говориться в планах потребности в ресурсах, это более конкретный план, план производства и закупки компонентов, которые используются при изготовлении или оказании услуг. Уровень детализации данного плана довольно высок, и составляет он от трех до восемнадцати месяцев.

Одним из методов планирования материальных ресурсов, который был разработан, в недавнее время, стал метод MRP (Material Requirements Planning). Основная цель данного метода является минимизация издержек, связанных со складскими запасами. В ее основе лежит принцип зависимости потребности в сырье, полуфабрикатах и другие продуктах от плана выпуска готовой продукции. Учет этого показателя, а также времени технологических циклов производства дает возможность рассчитать необходимый запас материалов к конкретному сроку. Метод MRP декларирует, какие процессы учета и управления должны быть реализованы на предприятии, в какой

последовательности они должны выполняться, содержит конкретные рекомендации о том, как они должны выполняться, то есть алгоритмы. Метод MRP включает в себя составление проектов заказов на закупку и внутреннее производство необходимых материалов и комплектующих. Другими словами, его применение позволяет оптимизировать план поставок комплектующих, тем самым уменьшая затраты на производство и повышая его эффективность. Однако у MRP есть серьезный недостаток. При расчете запасов в рамках этой концепции не учитываются имеющиеся производственные мощности, их загрузка и стоимость рабочей силы. Это упущение было исправлено в концепции MRP-II. Основная суть этого метода сводится к тому, что прогнозирование, планирование и контроль производства осуществляется по всему циклу, начиная от закупки сырья и заканчивая отгрузкой товара потребителю.

Потребность в материальных ресурсах определяется потребностью на выполнение производственной программы, на капитальное строительство, на непромышленные нужды и необходимыми запасами материальных ресурсов на конец периода. Материальные затраты имеют наибольший удельный вес в текущих затратах на производство в большинстве отраслей производственной сферы. От того, как на предприятии осуществляется процесс материально-технического снабжения и контроль за соблюдением режима экономии, зависят наиболее важные показатели работы предприятия – объём производства, его рентабельность, а также финансовое состояние и ликвидность. В процессе финансово-экономического анализа работы предприятия осуществляется поиск резервов снижения материальных затрат и увеличения на этой основе объёмов производства и конечных результатов.

Потребность в материальных ресурсах определяется в трех оценках:

- в натуральных единицах измерения, что необходимо для установления потребности в складских помещениях;
- по стоимости - для выявления потребности в оборотных средствах;
- в днях обеспеченности - в целях планирования и контроля за выполнением графика поставки.

Обеспеченность предприятия запасами в днях исчисляется как отношение запасов материального ресурса в натуральных или стоимостных показателях к однодневному расходу материального ресурса в тех же единицах измерения. Среднедневной расход материалов определяется делением суммарного расхода материального ресурса за анализируемый период на количество календарных дней в периоде. Затраты сырья, материала, топлива, энергии и других предметов труда имеют наибольший удельный вес в текущих затратах на производство в большинстве отраслей производственной сферы. От того, как на предприятии осуществляется процесс материально-технического снабжения и контроль за соблюдением режима экономии в каждом подразделении, на каждом рабочем месте, зависят наиболее важные показатели работы предприятия – объём производства, его рентабельность, а также финансовое состояние и ликвидность.

В процессе планирования материальных ресурсов предприятия решаются задачи, связанные с поиском резервов снижения затрат предметов труда и увеличением на этой основе объёмов производства и конечных результатов. Среди обозначенных задач:

- анализ качества расчётов, которые осуществляют соответствующие функциональные подразделения предприятия, с целью выявления потребности в материальных ресурсах, включая анализ качества норм расхода сырья, материалов, энергоносителей на производство продукции;
- оценка деятельности служб материально-технического снабжения с точки зрения бесперебойности обеспечения производства всеми необходимыми видами материальных ресурсов и экономии финансовых ресурсов на создание складских запасов;
- факторный анализ материалоемкости продукции;
- выявление резервов снижения материальных затрат за счёт внедрения прогрессивных норм, ресурсосберегающих технологий, уменьшения непродуктивных затрат, отходов;
- подсчёт влияния внедрения режима экономии материальных ресурсов на количественные и качественные показатели деятельности предприятия.

Основную информационную базу экономического анализа использования материалов составляют данные бухгалтерского и управленческого учёта, плановые и отчётные калькуляции себестоимости продукции, материалы плановых, финансовых служб, а также технологических, конструкторских и других функциональных подразделений предприятия, которые обязаны принимать непосредственное участие в организации бесперебойного снабжения предприятия всеми необходимыми материальными ресурсами и в поиске резервов экономии этих ресурсов. Можно выделить основные этапы планирования использования материальных ресурсов:

- оценка эффективности использования материальных ресурсов;
- оценка влияния эффективности использования материальных ресурсов на величину материальных затрат;
- анализ обеспеченности предприятия материальными ресурсами;
- анализ обоснованности норм расхода материальных ресурсов;
- обоснование оптимальной потребности в материальных ресурсах.

Главной целью планирования потребности в материалах является обеспечение гарантии наличия необходимого количества требуемых материалов в любой момент времени в рамках срока планирования. С помощью планирования потребностей обеспечивается своевременная закупка или производство объёмов материалов, необходимых как для внутренних целей, так и для сбыта. Процесс планирования включает в себя непрерывный контроль запасов и, в частности, автоматическое создание проектов заказов на закупку и производство. Для планирования необходима вся информация по запасам материалов, в том числе зарезервированным, чтобы рассчитать объёмы закупок или производства. Процесс планирования приводит нас, к использованию материалов непосредственно в производстве,

данный процесс является очень важным для организации, так как его рационализация позволяет избежать ненужных затрат. Чем лучше используются сырьё, топливо, вспомогательные материалы, тем меньше их расходуется для выработки определённого количества продукции, тем самым создаётся возможность увеличить объём производства продукции.

Расход материальных ресурсов представляет собой их производственное потребление. Расход организации охватывает всё количество материальных ресурсов, затраченных предприятием непосредственно на выполнение программы по выпуску продукции или оказанию услуг. Расходование материальных ресурсов осуществляется также на ремонтные нужды, обслуживание транспорта, обеспечение подсобного хозяйства, культурно-бытовые нужды. Потребление материальных ресурсов характеризуется их общим и удельным расходом. Общий расход материальных ресурсов учитывается в натуральном выражении, суммарный расход различных видов материальных ресурсов – в стоимостном выражении.

Факторами рационализации потребления материальных ресурсов являются «результативные», то есть обуславливающие, с одной стороны, наращивание материальных ресурсов, и, с другой – сокращение потребности в них, а также «обеспечивающие» организационно – экономические мероприятия, без разработки которых невозможно эффективное использование ресурсного потенциала.

В обобщенном виде основными направлениями работы в области рационального потребления и экономичного использования материальных факторов производства являются:

- использование достижений научно – технического прогресса для доведения технического состояния производства до оптимального уровня, применение высокоэффективной техники и безотходных технологий, повышение качества продукции;
- улучшение организации производства и потребления материальных ресурсов, совершенствование учета и отчетности, применение современных методов планирования и оптимизации ресурсоиспользования, повышение трудовой дисциплины;
- прогрессивная структурная и инвестиционная политика, обеспечивающая преимущественный рост результатов производства по сравнению с материальными затратами;
- использование всех элементов хозяйственного механизма для повышения материальной заинтересованности трудовых коллективов в наиболее рациональном расходовании ресурсов, снижении потерь их при добыче и обработке, транспортировке и хранении [5].

Практическое задание №1

Тема: «Организация и планирование производства»

Цель работы: привить навыки в разработке планировки рабочих мест, организации производства и расчетах производственных ресурсов.

Задание: Составить планировку рабочего места и план разработки размещения оборудования на рабочем месте.

Практическое задание №2

Тема: «Определение нормы расхода материалов»

Цель работы: Научится определять расходы предприятия.

Задание: Составить расчет потребности в материальных ресурсах, запасных частей и электроэнергии.

Практическое задание №3

Тема: «Расчет основных технико-экономических показателей и экономической эффективности деятельности организации»

Цель работы: Научится рассчитывать показатели деятельности предприятия. По итогам практической работы студент должен:

Знать: – основные технико-экономические показатели деятельности и методы расчета.

Уметь: – рассчитывать плановые экономические показатели деятельности. Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитайте задание;
2. Определить последовательность расчета показателей;
3. Выбрать необходимые формулы;
4. Рассчитать показатели. Дать пояснения к расчетам.

Задание для работы:

На основании исходных данных и расчетов предыдущих практических работ провести планирование (расчет) следующих показателей работы предприятия за месяц:

1. производительности труда;
2. эксплуатационных расходов;
3. цены;
4. плановой прибыли.

Контрольные вопросы к разделу:

1. Мероприятия по организации и планированию материально-технического обеспечения производства.
2. Определение нормы расхода материалов.
3. Составление заявки на материалы и их экономное расходование.
4. Расход материальных ресурсов.
5. Расчет баланса электроэнергии.
6. Общие положения отдела материально-технического снабжения.
7. Ответственность отдела материально-технического снабжения.
8. Современная организация рабочих мест.
9. Планировка рабочего места.
10. Расчет баланса энергии.

Краткие выводы:

В конце данного раздела обучающиеся осваивают: мероприятия по организации и планированию материально-технического обеспечения производства, составляют заявки на материалы, запасные части, инструмент и обеспечить их экономное и рациональное расходование.

Раздел 2. Техническое обслуживание электрического и электромеханического оборудования

Цель и задачи:

В данном разделе обучающиеся будут изучать порядок организации испытания, эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования и приборов.

Предварительные требования:

Перед началом работы с данным разделом обучающиеся должны:

1. Изучить основы электропривода.
2. Получить навыки понимания схем управления электроприводами.
3. Овладеть навыками составления кинематической схемы.

Необходимые учебные материалы:

1. Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования. (Справочник), Колпачков Валерий Ильич, Ящура Александр Игнатьевич, Москва: -1999. - 438 с.
2. Электропривод: Учебное пособие. / сост. С. В. Петухов, М.В. Кришьянис. – Архангельск: С(А)ФУ, 2015. – 303 с.

2.1. Принцип работы электрооборудований, причины износа и меры по их устранению

2.1.1 Принцип работы, область применения электрического и электромеханического оборудования

Электрооборудование – это совокупность электротехнических устройств и изделий, предназначенных для производства, распределения, преобразования, передачи или потребления электрической энергии.

Виды электрооборудования.

Относительно защиты персонала от прямого контакта с токоведущими частями и движущимися элементами оборудования, а также попадания в электротехнические устройства (ЭУ) и электрооборудование (Э) посторонних предметов, пыли, жидкости, согласно ГОСТу 18311-80 классификация электрооборудования подразделяет основные виды электрооборудование:

- влагостойкое;
- открытое;
- защищенное;
- водозащищенное;
- брызгозащищенное;
- каплезащищенное;
- пылезащищенное;
- закрытое;

- взрывозащищенное.

Таким образом, классификацией электрооборудования выделены основные виды электрических защит электрооборудования, а также их степень надежности и безопасности для персонала, устойчивость и защита самого оборудования от различных внешних факторов.

ГОСТом 14254-80 утверждены степени защиты работников от контакта с находящимися внутри оболочки токоведущими частями, движущимися элементами и их характеристики. Также данным ГОСТом установлены степени защиты электрооборудования, располагающегося внутри оболочки при попадании посторонних твердых частиц и предметов с обозначением этих характеристик.

Этим же стандартом установлены степени защиты встроенного в оболочку электрического оборудования, от проникновения воды с обозначением характеристик.

Оболочка электрического оборудования или табличка с паспортными данными содержит обозначение, которое характеризует степень защиты данного вида от воздействия воды и прикосновения. Полным условным обозначением является то, которое содержит следующие пункты:

а) международная система обозначений - International Protection, обозначенная условными буквами IP;

б) степень защиты работников от прямого контакта с токоведущими частями и движущимися элементами оборудования, от попадания посторонних предметов и твердых частиц внутрь оболочки в условном цифровом обозначении;

с) степень защиты электрооборудования от проникновения воды и другой жидкости внутрь оболочки в условном цифровом обозначении.

Например, обозначение IP23 обозначает степень (уровень) защиты оболочки электрического оборудования, предохраняющего персонал от возможности прямого контакта с токоведущими частями и движущимися элементами, и предохраняющего оборудование от попадания посторонних предметов и твердых частиц диаметром не меньше 12,5 мм, защита оболочки оборудования от падающего под углом дождя не больше 60° к вертикали.

В случае если оборудование исключает необходимость в одном из перечисленных видов защиты, вместо его обозначения допускается проставление знака «Х». Например, IPX3 обозначает, что данное изделие не требует этого вида защиты или не производится его испытание.

Классификация электрооборудования определяет виды защит электроустановок и их устойчивость к проникновению внутрь жидкости, пыли, посторонних предметов, а также его безопасности для персонала.

Электромеханическое оборудование — это незаменимая для эффективной работы предприятий, которая позволяет оптимизировать работу персонала.

Электромеханическое оборудование применяется как для первичной обработки продукции и основных технологических процессов, так и для вспомогательных операций.

Выбор электрооборудования по техническим характеристикам.

Электрооборудование выбирается проектными организациями. При разработке проекта ориентируются на средние условия эксплуатации. Реальные факторы, воздействующие на оборудование, могут существенно отличаться. Проектной организации, скажем, трудно учесть, какие конкретные отклонения напряжения у электроприемников будут в каждом случае в условиях реальной эксплуатации. В ряде случаев не соответствуют проектным и режимы работы электроприемников(рис.2.1).



Рис.2.1. Электроприемник

В практике эксплуатации обычно возникает две группы задач, связанных с выбором электрооборудования — проверка соответствия выбранного электрооборудования реальным условиям эксплуатации и проведение правильной замены вышедших из строя изделий. Особенно актуальны эти вопросы для ответственных потребителей, для которых нерациональное использование электрооборудования наносит значительный ущерб.

Выбор электрооборудования сводится к оценке ряда показателей, характеризующих конкретные условия эксплуатации, и сопоставлению их с параметрами электрооборудования. При этом используются либо принцип ограничения, либо принцип оптимальности.

В первом случае показатели электрооборудования не должны выходить за пределы заданных допусков, например, фактическая мощность нагрузки не должна быть больше мощности электродвигателя. Во втором случае формируется оптимизационная задача, которая решается одним из известных методов.

Выбор оборудования по техническим характеристикам включает в себя оценку соответствия его условиям окружающей среды и предполагаемым режимам работы (мощности, току, напряжению).

Выбор электрооборудования по условиям окружающей среды.

Выбор с учетом параметров окружающей среды должен исключить применение электроприемников в условиях, на которые они не рассчитаны.

Электротехнические изделия, выпускаемые промышленностью, могут иметь следующее климатическое исполнение: У — с умеренным климатом, ХЛ — с холодным климатом, ТВ — с влажным тропическим климатом, Т — с сухим тропическим климатом, О — общеклиматического исполнения.

Категории размещения обозначаются следующим образом:

- 1 — для работы на открытом воздухе;
- 2 — для работы в помещениях, имеющих ту же температуру, что и на открытом воздухе;
- 3 — для работы в закрытых неотапливаемых помещениях;
- 4 — для работы в помещениях с искусственно регулируемым климатом;
- 5 — для работы в помещениях с повышенной влажностью.

Для применения электрооборудования в особых условиях выпускаются изделия сельскохозяйственного исполнения (С) и химостойкого исполнения.

При проверке вновь устанавливаемого или замене вышедшего из строя электрооборудования на резервное следует обратить внимание на соответствие его условиям окружающей среды в месте установки.

Климатическое исполнение и категория размещения указываются на заводской табличке после всех обозначений, относящихся к модификации изделия (в виде букв и цифр). Например, электродвигатель 4А160М2 (рис.2.2) в исполнении У (для умеренного климата), категории размещения 3 (работа в закрытых помещениях с естественной вентиляцией) имеет обозначение 4А160М2УЗ, а при специализированном сельскохозяйственном исполнении - 4А160М2СУЗ.



Рис.2.2. Электродвигатель

Помимо выбора по климатическому исполнению и категории размещения электрооборудование следует проверять по степени защиты. Для обозначения степени защиты применяются буквы IP и следующие за ними две цифры.

Первая обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися или находящимися под напряжением частями, а также от попадания внутрь твердых предметов, вторая — степень защиты от попадания влаги. Если нет необходимости в одном из видов защиты, то в условном обозначении пропущенная цифра заменяется знаком Х.

Электродвигатели общего применения по степени защиты изготавливаются двух исполнений IP44 - закрытое обдуваемое и IP23 - защищенное.

Остальное электрооборудование, используемое в промышленности и сельском хозяйстве, должно иметь предпочтительные степени защиты IP30, IP41, IP44, IP54, IP55.

Выбор степени защиты производится в зависимости от конкретных условий работы электрооборудования, т. е. от конкретных помещений. Обычно характеристика степени защиты проставляется на корпусах изделий или на табличках с паспортными данными.

Выбор электрооборудования по режимам работы.

Кроме защиты электрооборудования от факторов внешней среды, большое значение для надежной и экономичной работы его имеет выбор по мощности или току. Заниженная мощность электродвигателя снижает производительность приводного механизма, создает условия для преждевременного выхода его из строя. Применение электродвигателя завышенной мощности удорожает установку.

Мощность электродвигателя должна быть равна мощности, необходимой для привода рабочей машины. Решающее значение при этом имеет характер нагрузки рабочей машины. При длительной неизменной нагрузке выбор электродвигателя осуществляют по фактической потребляемой мощности. При мало изменяющейся во времени нагрузке, имеющей коэффициент вариации менее 20%, выбирают по средней мощности. При переменной нагрузке - по расчетной эквивалентной мощности (среднеквадратичной).

Зная расчетную мощность приводной машины, по каталогу выбирают электродвигатель, имеющий ближайшее большее значение мощности по условию $P_1 \geq P_m$

Электрические аппараты (магнитные пускатели, автоматические выключатели, рубильники) выбирают по току главных контактов $I_{ном1} \geq I_{раб}$, где $I_{ном1}$ — номинальный ток i -го аппарата, $I_{раб}$ — рабочий ток коммутируемой цепи.

Электронагревательные установки выбирают из условия, чтобы их мощность не была меньше расчетной, определяемой из уравнения теплового баланса помещений или технологического процесса.

В промышленности и сельском хозяйстве, как правило, применяют напряжение 380/220 В, поэтому все электроприемники должны выбираться на это напряжение.

Организация эксплуатации электроустановок на промышленных предприятиях.

Эксплуатация электроустановок предприятий предусматривает поддержание нормальной работы электрооборудования электроустановок, в том числе ликвидацию аварийных ситуаций, техническое обслуживание и ремонт электрооборудования данных электроустановок.

Главная задача любого предприятия — обеспечить безопасную эксплуатацию электроустановок, что обеспечивается соблюдением действующих нормативных документов.

Электроустановками называют совокупность машин, аппаратов, линии и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, передачи, накопления, распределения электрической

энергии и/или преобразования ее в другой вид энергии. Электроустановка — это комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений.

Пример электроустановок: электрическая подстанция, линия электропередачи, распределительная подстанция, конденсаторная установка, индукционный нагреватель.

Организация безопасной эксплуатации электроустановок на предприятии — это очень сложная система, работоспособность которой обеспечивается несколькими службами, которые руководствуются различными нормативными документами, в зависимости от типа предприятия.

Рассмотрим основные вопросы относительно обеспечения безопасной эксплуатации электроустановок на предприятиях.



Рис.2.3. Промышленное предприятие

Ремонт электрического оборудования электроустановок производится в соответствии с составленными и утвержденными руководством предприятия графиками проведения текущих и капитальных ремонтов электрооборудования.

На каждом промышленном предприятии(рис.2.3) есть лица, ответственные за электрохозяйство предприятия в целом, а также за отдельные участки. Рассмотрим для примера структуру энергоснабжающей компании.

На данном предприятии есть несколько участков, которые организуют эксплуатацию различного электрооборудования электроустановок(рис.2.4):

- служба подстанций (СПС) — отвечает за эксплуатацию электрооборудования подстанций;
- оперативно-диспетчерская служба (ОДС) — организует безопасное обслуживание подстанций оперативным персоналом;
- служба линий электропередач (СЛЭП) — организывает работы относительно проведения плановых и аварийных ремонтов ЛЭП, которые находятся в ведении данной энергоснабжающей компании;
- служба релейной защиты и автоматики (СРЗА) — осуществляет

эксплуатацию устройств релейной защиты, автоматики и вторичных цепей электрооборудования подстанций предприятия;

- отдел учета электроэнергии рассматривает вопросы относительно установки приборов учета, их поверки и обеспечения работоспособности;
- служба испытаний, изоляции, диагностики, защиты от перенапряжений (СИЗП) – осуществляет контроль состояния изоляции электрооборудования и аппаратов защиты от перенапряжений в электроустановках, в частности осуществляет испытание электрооборудования электроустановок.

Кроме вышеперечисленных служб, на предприятии есть множество других отделов, которые регулируют различные вопросы, начиная от начисления заработной платы, заканчивая работой с персоналом предприятия.



Рис.2.4. Обслуживающий персонал

Если количество обслуживаемых объектов предприятия достаточно много, то они могут быть разделены на несколько структурных подразделений. Это, прежде всего, дает возможность значительно упростить организацию обслуживания электроустановок предприятия. В данном случае к каждому структурному подразделению будет относиться несколько подстанций, линии электропередач, лаборатория и т.п. [6].

2.1.2 Порядок организации испытания, эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования

Под технической эксплуатацией электрооборудования понимают процесс его использования по назначению и поддержания в технически исправном состоянии. Четкая организация этого процесса, планирование и управление решаются на основе теории эксплуатации, широко применяющей современные методы моделирования, использования операций и др.

Техническая эксплуатация электрооборудования включает выполнение следующих мероприятий: подготовку, включение и выключение электрооборудования, обнаружение неисправностей и прогнозирование технического состояния; профилактические работы; настройку и регулирование отдельных узлов, связей и электрооборудования в целом:

обеспечение сохранности отдельных блоков и электрооборудования в целом; обеспечение комплектом запасных частей (ЗИП); техническую подготовку обслуживающего персонала; правильное ведение технической документации.

Эффективная организация системы технической эксплуатации электрооборудования возможна при условии, если еще в период проектирования были учтены особенности построения, использования и эксплуатации электрооборудования, разработаны технические средства его обслуживания, методы обработки информации и контроля состояния. Важной частью технической эксплуатации электрооборудования является техническое обслуживание. Плохо организованное техническое обслуживание может привести к простоему электрооборудования или аварии при неправильных действиях обслуживающего персонала.

Для оценки эффективности технического обслуживания систем электрооборудования следует применять следующие показатели: трудоемкость одноразового технического обслуживания или за определенный период эксплуатации; стоимость технического обслуживания; надежность электрооборудования, определяемую одним или несколькими показателями надежности; среднее время простоя и потери в процессе технического обслуживания; вероятность выполнения технического обслуживания в заданное время.

Обслуживающий персонал выполняет следующий объем работ по эксплуатации электрооборудования: наблюдение за состоянием и работой электрооборудования, а также за механической частью электроприводов с проведением профилактических мероприятий (смазывание, чистка, подтяжка креплений); периодическую ревизию основного и резервного электрооборудования с текущим ремонтом, проводимую по графику; капитальный ремонт электрооборудования при его износе и замену его при проведении модернизации; исследование характеристик оборудования для проведения модернизационных мероприятий; наладку нового оборудования или оборудования, подвергнутого ревизии или ремонту.

В процессе эксплуатации электрооборудования электротехнический персонал ведет журналы: дефектов, сбоев и неисправностей, где регистрируют неполадки в работе любого элемента оборудования; оперативных переключений на подстанции; технического осмотра и ремонта электрического оборудования; проведения работ в электроустановках низкого напряжения (до 1000 В).

В своей деятельности по обеспечению надежной и производительной работы электрооборудования электротехнический персонал использует техническую документацию, в том числе: комплект электротехнических схем (принципиальных и соединений) по электроснабжению, электроприводу, освещению и сигнализации; паспорта и технические описания электрооборудования с паспортом и актами испытаний к ним, должностные и производственные инструкции по обслуживанию, ремонту и наладке электрических аппаратов, машин и средств автоматизации; руководящие и нормативные материалы.

Все инструкции подлежат пересмотру не реже одного раза в 5 лет, а существенные изменения и дополнения вносят немедленно и доводят до сведения ответственных должностных лиц. Весь комплект проектных электрических схем, описаний, инструкций должен храниться в техническом архиве.

Широкое применение сложной электронной и микроэлектронной техники предъявляет повышенные требования к практике технической эксплуатации электрооборудования. В связи с этим получают распространение новые принципы технического обслуживания и ремонта электроустановок. Рассмотрим некоторые из них.

Эксплуатация по твердому ресурсу. Электрооборудование, эксплуатируемое по этому принципу, имеет установленный по наработке предел, после которого его заменяют новым. Межремонтный ресурс назначается до начала эксплуатации и корректируется через определенное время. Периодичность ремонта определяется исходя из надежности слабых элементов. Этот метод технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) имеет серьезные недостатки: недоиспользуются индивидуальные ресурсы по большинству элементов и узлов; трудоемкость ТО и Р увеличивается; снижается надежность работы электрооборудования в послеремонтный период. Указанный метод может быть применен для особо ответственных механизмов по отдельным узлам и блокам, в том числе неремонтопригодным.

Эксплуатация по техническому состоянию. В этом случае ресурс для элементов электрооборудования не устанавливают, но проводится периодический или непрерывный контроль и измерение параметров, которые характеризуют техническое состояние электропривода электрооборудования, блока или узла. По результатам контроля принимают решение о дальнейшей эксплуатации объекта, которое основывается на определении и прогнозировании технического состояния объекта и на данных о затратах на ТО и Р, включая потери на простои.

Основой метода является диагностика как средство достоверной информации о техническом состоянии электропривода. Следовательно, его можно применять для тех элементов электрооборудования, техническое состояние которых контролируемо. Метод ТО и Р по состоянию имеет отрицательные моменты, связанные с непостоянством объема работ при обслуживании из-за вероятностного характера требований на ремонт.

Эксплуатация по уровню надежности. В этом случае эксплуатацию электрооборудования осуществляют до безопасного отказа. При этом должны быть установлены допустимые уровни надежности элементов электропривода, обеспечивающие его исправную работу и приемлемые показатели экономичности эксплуатации. Допустимые уровни надежности могут быть назначены из опыта эксплуатации электрооборудования. В практике эксплуатации систем электрооборудования необходимо рационально использовать все три принципа ТО и Р или два последних,

которые иногда объединяют под общим названием «обслуживание по техническому состоянию».

Виды испытаний электрооборудования.

Цель испытаний электрооборудования — проверка соответствия требуемым техническим характеристикам, установление отсутствия дефектов, получение исходных данных для последующих профилактических испытаний, а также изучение работы оборудования. Различают следующие виды испытаний:

- 1) типовые;
- 2) контрольные;
- 3) приемосдаточные;
- 4) эксплуатационные;
- 5) специальные.

Типовые испытания нового оборудования, отличающегося от существующего конструкцией, материалами или технологическим процессом, принятым при его изготовлении, выполняются заводом-изготовителем с целью проверки соответствия всем требованиям, предъявляемым к оборудованию данного типа стандартами или техническими условиями.

Контрольным испытаниям подвергается каждое изделие (машина, аппарат, прибор и т. д.) при выпуске с завода-изготовителя для проверки соответствия выпускаемого изделия основным техническим требованиям. Контрольные испытания выполняются по сокращенной (по сравнению с типовыми испытаниями) программе.

Приемосдаточным испытаниям подвергается по окончании монтажа все вновь вводимое в эксплуатацию оборудование для оценки пригодности его к эксплуатации.

Оборудование, находящееся в эксплуатации, в том числе вышедшее из ремонта, подвергается **эксплуатационным испытаниям**, целью которых является проверка его исправности. Эксплуатационными являются испытания при капитальных и текущих ремонтах и профилактические испытания, не связанные с выводом оборудования в ремонт.

Специальные испытания проводятся для исследовательских и других целей по специальным программам.

Программы (а также нормы и методы) типовых и контрольных испытаний установлены ГОСТами на соответствующее оборудование. Объем и нормы приемосдаточных испытаний определены «Правилами устройства электроустановок». Эксплуатационные испытания проводятся в соответствии с «Нормами испытаний электрооборудования» и «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей». В процессе приемосдаточных и эксплуатационных испытаний необходимо дополнительно учитывать требования заводских и ведомственных инструкций.

Определенная часть испытательных работ является общей при наладке различных элементов электроустановок. К таким работам относятся проверка схем электрических соединений, проверка и испытание изоляции и др.

Проверка схем электрических соединений.

Проверка схем электрических соединений (рис.2.5) предусматривает:

- 1) ознакомление с проектными схемами коммутации как принципиальными (полными), так и монтажными, а также кабельным журналом;
- 2) проверку соответствия установленного оборудования и аппаратуры проекту;
- 3) осмотр и проверку соответствия смонтированных проводов и кабелей (марки, материала, сечения и др.) проекту и действующим правилам;
- 4) проверку наличия и правильности маркировки на оконцевателях проводов и жил кабелей, клеммниках, выводах аппаратов;
- 5) проверку качества монтажа (надежности контактных соединений, укладки проводов на панелях, прокладки кабелей и т. п.);
- 6) проверку правильности монтажа цепей (прозвонку);
- 7) проверку схем электрических цепей под напряжением.

Цепи первичной и вторичной коммутаций проверяют в полном объеме при приемосдаточных испытаниях после окончания монтажа электроустановки. При профилактических испытаниях объем проверки коммутации значительно сокращается. Обнаруженные в процессе проверки ошибки монтажа или другие отступления от проекта устраняют наладчики или монтажники (в зависимости от объема и характера работы). Принципиальные изменения и отступления от проекта допустимы только после согласования их с проектной организацией. Все изменения должны быть показаны на чертежах.

Планово-предупредительный ремонт электрооборудования.

Планово-предупредительный ремонт является самым простым и надежным способом планирования ремонтных работ.

Основные условия, обеспечивающие планово-предупредительные отношения относительно ремонта оборудования, следующие:

- главная необходимость электрооборудования в ремонте удовлетворяется за счет выполняемых через конкретное количество отработанных им часов планового ремонта, благодаря которым образуется периодически повторяющийся цикл;
- каждый планово-предупредительный ремонт электроустановок производится в том объеме, который необходим для устранения всех имеющихся дефектов, а также для обеспечения естественной работы оборудования до следующего запланированного ремонта. Срок плановых ремонтов определяют соответственно с установленными периодами;



Рис.2.5 Проверка измерительными приборами

Организация планово-предупредительного ремонта и контроль основываются на обычном объеме работ, выполнение которого обеспечивает работоспособное состояние оборудования;

- нормальный объем работ определяется благодаря установленным оптимальным периодам между плановыми периодическими ремонтами;
- между планово-периодическими периодами электрооборудование проходит плановые осмотры и проверки, которые являются средством профилактики.

Периодичность и чередование планового ремонта оборудования зависит от назначения оборудования, его конструктивных и ремонтных особенностей, габаритов и условий эксплуатации. Подготовка к плановому ремонту основывается на уточнении дефектов, подборе запасных деталей и запчастей, которые нужно будет заменить при ремонте. Специально создается алгоритм проведения данного ремонта, который обеспечивает бесперебойную работу во время ремонта. Такой подход в подготовке дает возможность осуществить полный ремонт оборудования без нарушения привычной работы производства.

Планово-предупредительный предусматривает:

- планирование;
- подготовку электрооборудования к ремонту плановому;
- проведение планового ремонта;
- проведение мероприятий, которые связаны с плановым техническим обслуживанием и ремонтом.

Система планово-предупредительного ремонта оборудования включает в себя пару этапов:

1. Этап межремонтный.

Выполняется без нарушения работы оборудования. Включает в себя: систематическую очистку; систематическую смазку; систематический осмотр; систематическую регулировку работы электрооборудования; замену деталей, которые обладают небольшим сроком службы; ликвидацию небольших неисправностей.

Другими словами, это профилактика, которая включает в себя ежедневный осмотр и уход, при этом, она должна быть подобающе организована для того, чтобы срок эксплуатации оборудования сделать максимальным, сохранить качественную работу, сократить расходы на плановый ремонт.

Основные работы, выполняемые на межремонтном этапе:

- отслеживание состояния оборудования;
- проведение сотрудниками правил соответствующего использования;
- ежедневная чистка и смазка;
- своевременная ликвидация небольших поломок и регулировки механизмов.

2. Этап текущий.

Планово-предупредительный текущий ремонт электрооборудования чаще всего выполняется без разборки оборудования, только останавливается его работа. Включает в себя ликвидацию поломок, возникших в период работы. На текущем этапе проводятся измерения и испытания, с помощью которых выявляются изъяны оборудования на ранней стадии.

Решение о годности электрооборудования выносят ремонтники. Это постановление основывается на сравнении выводов испытаний при плановом текущем ремонте. Кроме планового ремонта для устранения дефектов в работе оборудования выполняются работы вне плана. Проводятся они после исчерпания всего ресурса оборудования.

3. Этап средний.

Проводится для полного или частичного восстановления отслужившего оборудования. Включает в себя разборку узлов, предназначенную для просмотра, чистки механизмов и устранения выявленных дефектов, замены некоторых быстро изнашиваемых деталей. Осуществляется средний этап не чаще 1 раза в год.

Система на среднем этапе планово-предупредительного ремонта оборудования включает в себя установку цикличности, объема и последовательности работ в соответствии с нормативно-технической документацией. Средний этап влияет на поддержание оборудования в норме.

3. Капитальный ремонт.



Рис.2.6. Вскрытия электрооборудования

Проводится путем вскрытия электрооборудования(рис.2.6), его полной проверки с осмотром всех деталей. Включает в себя испытания, измерения, ликвидацию выявленных неисправностей, вследствие которых выполняется модернизация электрооборудования. В результате капитального ремонта происходит полное восстановление технических параметров устройств.

Проведение капитального ремонта возможно только после межремонтного этапа. Для его проведения необходимо выполнить следующее:

- составить графики производства работ;
- провести предварительный осмотр и проверку;
- подготовить документы;
- подготовить инструменты и необходимые сменные запчасти;
- выполнить противопожарные мероприятия.

Капитальный ремонт включает в себя:

- замену или восстановление изношенных механизмов;
- модернизацию каких-либо механизмов;
- выполнение профилактических проверок и измерений;
- осуществление работ, связанных с устранением небольших повреждений.

Неисправности, обнаруженные во время проверки оборудования, устраняются при последующем ремонте. А поломки, имеющие аварийный характер, ликвидируются немедленно [7].

2.1.3 Основные требования к организации рабочего места

Организация рабочего места - это система мероприятий по его оснащению средствами и предметами труда и размещению их в определенном порядке.

Организация обслуживания рабочего места означает его обеспечение средствами, предметами труда и услугами, необходимыми для осуществления трудового процесса. Основная цель организации рабочего места - достижение высококачественного и экономически эффективного выполнения производственного задания в установленные сроки на основе полного использования оборудования, рабочего времени, применения передовых методов труда с наименьшими физическими усилиями, создания безопасных и благоприятных условий ведения работ. В зависимости от специфики производства на организацию рабочих мест влияют и другие факторы: соотношение элементов умственной и физической работы, степень ее ответственности. При проектировании рабочих мест должны быть также учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, вибрация, пылевыделение и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест. Необходимыми требованиями являются:

- характеристика рабочего места;
- общие требования к организации рабочего места;
- оснащение рабочего места;
- пространственная организация рабочего места и порядок размещения организационной оснастки, инструментов, материалов;
- описание организации труда на рабочем месте и рекомендуемые передовые приемы и методы труда;

- организация обслуживания рабочего места, способы и средства связи со службами обслуживания и управления;
- условия труда на рабочем месте;
- требования безопасности и охраны труда;
- нормирование труда, применяемые формы и системы оплаты труда;
- документация на рабочем месте;
- экономическая эффективность от внедрения типового проекта.

Оснащение и планировка рабочих мест

Оснащение и планировка рабочих мест - основа их организации. Элементами оснащения рабочих мест являются основное и вспомогательное оборудование, технологическая и организационная оснастка.

Вспомогательное оборудование состоит из подъемных устройств, различных транспортеров, контрольных приборов, испытательных стендов и других подсобных средств.

Технологическая оснастка включает инструментарий и техническую документацию.

К организационной оснастке относятся:

- устройства для размещения и хранения на рабочих местах технологической оснастки, заготовок, сырья, материалов, готовых изделий, отходов;
- производственная мебель;
- средства сигнализации и связи, местного освещения;
- предметы ухода за оборудованием и рабочим местом (щетки, масленки, крючки, т.п.);
- оградительные и предохранительные устройства;
- детали производственного интерьера.

Расположение средств и предметов труда определяет трудовые движения, их количественные и качественные характеристики, площадь рабочего места. Совершенствование планировки рабочего места должно быть направлено на устранение лишних и нерациональных трудовых движений, максимальное сокращение перемещения рабочего и материальных элементов трудового процесса, а, следовательно, на повышение эффективности труда и снижение утомляемости рабочего.

Методологическая основа научно обоснованной планировки рабочего места - ее соответствие эргономическим требованиям. Это достигается за счет рационального формирования рабочих зон и правильного размещения материальных элементов производства в соответствии с антропометрическими и психофизиологическими данными человека на основе обеспечения рабочему необходимого оперативного пространства, позволяющего свободно осуществлять трудовые функции. Рациональная планировка рабочего места должна предусматривать четкий порядок и постоянство в размещении инструментов и приспособлений, документации, деталей как в процессе работы, так и при их хранении и обеспечивать удобную рабочую позу, выполнение трудовых процессов с максимальной экономией движений рабочего, а также полную безопасность труда. Важным

требованием является правильное использование отведенной для рабочего места производственной площади. На рабочем месте фиксируются оперативное и вспомогательное рабочие пространства. В оперативном пространстве размещается все необходимое оборудование, во вспомогательном - реже используемые средства и предметы труда. Оперативное пространство может подразделяться на рабочие зоны различной значимости. Рабочая зона - это участок трехмерного пространства, ограниченный пределами досягаемости рук в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Большое значение имеет выбор рабочей позы, вызывающей минимальное утомление работника: "сидя", "стоя" или "сидя - стоя". Выбор осуществляется с учетом физических усилий, необходимых для выполнения работы, ее темпа и характера. Одновременно устанавливается соответствие расстановки оборудования и оснастки нормам требований безопасности и условиям труда.

Важные исходные предпосылки проектирования рациональной планировки рабочего места - его специализация в соответствии с установленной технологией и формами разделения труда; разработанные методы и приемы труда; требования безопасности и охраны труда.

При планировке рабочих мест необходимо соблюдать рациональную ширину транспортных проходов и проездов, а также правильно определять виды подъемно-транспортных средств. Основные продольные и поперечные проезды должны быть сквозными, без тупиков [8].

2.1.4 Общие методы оценки состояния электрооборудования по результатам измерений и испытаний

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 Норме 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.

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.

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.

Повышение энергоэффективности работы электрооборудования.

Сигналом о неблагополучии, а, следовательно, и необходимости обследования степени эффективности энергоснабжения на промышленном предприятии, служит резкое отличие фактических удельных расходов энергии от нормативных показателей.

Проводя периодический сравнительный анализ текущей статистической информации по отчетной документации и параметров нормативного информационного базиса, можно вовремя определить возникший перерасход и начать реализацию комплекса мер по энергосбережению.

Для этого необходимо обеспечить два условия — достоверный банк данных по нормам электропотребления, в наибольшей степени соответствующий условиям технологического производства, а также оперативность и достоверность поступающей текущей статистической отчетности. В последнем случае достоверность резко повышается, если использовать автоматизированные системы учета и контроля за потреблением электроэнергии, а именно — каналы связи с

автоматизированным рабочим местом (АРМ) контроля расхода электроэнергии. Алгоритмы обработки построены по принципу дозирования, т.е. имеется связь между каналами учета энергии и материальных потоков промышленной установки, цеха, завода, комбината, региона, отрасли.

Следует различать отраслевые, общепроизводственные и технологические нормы и удельные расходы электроэнергии.

Удельные показатели затрат электроэнергии на единицу продукции определяют на основе методов, пригодных лишь для данного предприятия или страны.

Рассмотренные показатели можно разделить на следующие нормы:

- научно-обоснованные;
- построенные на базе статистической отчетности без научного обоснования;
- укрупненные, имеющие отраслевой или территориальный характер.

Очевидно, что различные производственные процессы требуют специфического подхода при определении показателей эффективности использования электроэнергии. Поэтому при разработке норм расхода энергии необходимо все процессы и установки «расположить» в порядке убывания их экономической эффективности. Достигается это сравнением результатов работы по определению удельных расходов энергии с затратами, имеющими место при разработке нормативов. В простейшем случае эффективность от данного мероприятия выражается экономией энергетических затрат. При наличии других положительных результатов от проведенных работ их оценивают дополнительно.

Норму электропотребления определяют по формуле (2.1), кВт • ч/ед. продукции:

$$\varepsilon = Q/M \quad (2.1),$$

где Q — расход электроэнергии;

M — количество (масса) продукции.

Наряду с основной частью потребляемой энергии, зависящей от выпуска продукции, существует еще так называемый побочный, но принципиально необходимый расход энергии на обеспечение санитарно-гигиенических условий труда работников, включающий в себя энергетические затраты на отопление, освещение и вентиляцию, и, кроме того, на потребление ремонтными, транспортными и прочими подразделениями предприятия, работа которых непосредственно связана с выпуском основной продукции. К побочному потреблению энергии относится и расход энергии на содержание производственных мощностей в исправном состоянии.

Деление энергетического потока на две части в зависимости от выпуска продукции позволяет выделить категорию побочного расхода в условиях любого предприятия.

Так, например, расход электроэнергии в ремонтном цехе относится к побочному потреблению, хотя можно выделить и часть расхода, зависящую от объема работ. Расход газа в нагревательной печи, установленной в

ремонтном цехе химического предприятия, также относится к побочному потреблению. Но если бы этот агрегат использовали в производственном процессе на машиностроительном заводе, то расход энергии на нем следовало бы отнести к части, зависящей от выпуска продукции.

В случаях, когда выбор единицы продукции, на которую относят расход электроэнергии, затруднен (например, при производстве множества различных изделий), допустимо пользоваться стоимостными показателями. При этом суммарный расход электроэнергии по предприятию делят на стоимость выпущенной продукции. Производственное электропотребление и стоимость выпущенной продукции должны соответствовать по структуре и по времени.

Мероприятия по совершенствованию энергоснабжения.

При любом самом рациональном варианте электропотребления неизбежными являются потери, связанные с необходимой транспортировкой и трансформацией энергоносителей. Кроме того, полезная работа обеспечивается за счет подготовительных, вспомогательных и основных технологических операций. Значительную часть неизбежных потерь электроэнергии можно представить в виде показателей нормативных потерь. Нарушение технологических режимов, неправильная эксплуатация электрооборудования, несвоевременная профилактика и отсутствие обновления основных фондов являются источниками других потерь: сверхнормативных и нерационального расхода электроэнергии.

Технически и экономически обоснованное снижение потерь электроэнергии в первом случае, а также частичная или полная ликвидация нерациональных расходов в сумме составляют резервы экономии энергии, т.е. пути повышения эффективности и надежности работы электрооборудования.

Традиционно потери разделяются на три категории:

- для ликвидации, которых либо не требовалось расходования специальных средств, либо было достаточно средств, выделенных на текущий ремонт электрооборудования;
- ликвидации которых использовались средства, отпущенные на капитальный ремонт, или требовались кредиты банков;
- ликвидации которых были необходимы централизованные (госдотационные) капиталовложения.

Переход на рыночную экономику выявил непригодность использования такого разделения потерь энергии в новых условиях при совершенствовании эффективности и надежности работы электрооборудования. Целесообразным стало разделение мероприятий по совершенствованию энергоснабжения на две категории технического, а не экономического свойства.

Резервы первой категории связаны с ликвидацией нерационального расхода энергии, основными причинами которого являются следующие:

- непосредственные потери энергоносителя (утечки сжатого воздуха, пара, воды и других сред, нарушение тепло- и электроизоляций, нерациональное использование электроосвещения, отопления и др.);

- сверхнормативные потери тепла излучением и теплопроводностью, потери из-за завышенной или заниженной мощности трансформаторов, нерациональных параметров трубопроводов по диаметру, давлениям и скоростям перекачки энергоносителей, износ технологического и электрического оборудования, неправильный выбор параметров трансформаторов, преобразователей, электродвигателей, приводов, избыточное потребление реактивной мощности, нарушение режимов энергоснабжения;

- нарушение режимов работы, регламентов и правил работы электрооборудования (сверхнормативные простои, повышенный по сравнению с допустимым процент брака продукции, недогрузка заводского оборудования, нарушение правил эксплуатации, нарушение режимов энергопотребления).

Повышение эффективности и надежности работы электрооборудования в данном случае осуществляется в процессе профилактики и текущих ремонтов, а также во время капитальных ремонтов.

Мероприятия второй категории связаны с совершенствованием существующего и внедрением нового электротехнологического, энергетического и вспомогательного оборудования, которые в настоящих условиях должны осуществляться либо самими предприятиями, либо централизованно - с использованием государственных дотационных средств при реализации целевых общегосударственных программ и постановлений.

Очевидно, что реализация мероприятий первой категории осуществляется эксплуатационным персоналом предприятий, в то время как меры по снижению (экономии) электрической энергии второй категории требуют привлечения сторонних производственных, проектных и исследовательских организаций.

Переход от экономического к техническому аспекту повышения эффективности работы электрооборудования создает предпосылки для решения ряда следующих задач:

- оценка состояния использования энергии в целом по предприятиям и регионам, а также на конкретных типах промышленных установок;

- подготовка необходимых данных для выработки рекомендаций по реализации выявленных резервов экономии энергии на предприятиях;

- разработка долгосрочных государственных и региональных программ по энергосбережению, фонда энергосберегающих мероприятий, целевых программ по производству энергосберегающего оборудования;

- создание алгоритмов сбора и обработки информации об эффективности энергоснабжения, постановка и решение вопросов, связанных с применением современных средств механизации и автоматизации получения фактических данных об энергопотреблении;

- передача передового опыта в области повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности, сельском хозяйстве и быту на базе сочленения информационных потоков различных уровней;

Таким образом, основополагающим при повышении эффективности и надежности работы электрооборудования является системный подход. Решение отдельных задач, выбранных из совокупности мероприятий совершенствования работы электрооборудования, не позволяет получать существенные результаты экономии электроэнергии [9].

2.2 Определение выбора и технических условий проверки и эксплуатации электропривода

2.2.1 Правила чтения электрических схем

Основным назначением принципиальных электрических схем является отражение с достаточной полнотой и наглядностью взаимной связи отдельных приборов, средств автоматизации и вспомогательной аппаратуры, входящих в состав функциональных узлов систем автоматизации, с учетом последовательности их работы и принципа действия. Принципиальные электрические схемы служат для изучения принципа действия системы автоматизации, они необходимы при производстве пуско-наладочных работ и в эксплуатации электрооборудования.

Принципиальные электрические схемы являются основанием для разработки других документов проекта: монтажных схем и таблиц щитов и пультов, схем соединения внешних проводок, схем подключения и др.

При разработке систем автоматизации технологических процессов обычно выполняют принципиальные электрические схемы самостоятельных элементов, установок или участков автоматизируемой системы (рис.2.7), например схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т. п.

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

На принципиальных электрических схемах в условном виде изображают приборы, аппараты, линии связи между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

В общем случае принципиальные схемы содержат:

- 1) условные изображения принципа действия того или иного функционального узла системы автоматизации;
- 2) поясняющие надписи;
- 3) части отдельных элементов (приборов, электрических аппаратов) данной схемы, используемые в других схемах, а также элементы устройств из других схем;
- 4) диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- 5) перечень используемых в данной схеме приборов, аппаратуры;

б) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания. Для чтения принципиальных схем необходимо знать алгоритм функционирования схемы, понимать принцип действия приборов, аппаратов, на базе которых построена принципиальная схема.

Принципиальные схемы систем контроля и управления по назначению могут подразделяться на схемы управления, технологического контроля и сигнализации, автоматического регулирования и питания. Принципиальные схемы по видам могут быть электрическими, пневматическими, гидравлическими и комбинированными. В настоящее время наиболее широкое применение находят электрические и пневматические схемы.

Как прочитать электрическую принципиальную схему.

Принципиальная электрическая схема - первый рабочий документ, на основании которого:

- 1) выполняют чертежи для изготовления изделий (общие виды и монтажные схемы и таблицы щитов, пультов, стативов и т. п.) и соединений их с приборами, исполнительными механизмами и между собой;
- 2) проверяют правильность выполненных соединений;
- 3) задают уставки аппаратам защиты, средствам контроля и регулирования процесса;
- 4) настраивают путевые и конечные выключатели;
- 5) анализируют схему как в процессе проектирования, так и при наладке и эксплуатации при отклонении от заданного режима работы установки, преждевременном выходе из строя какого-либо элемента и т. п.

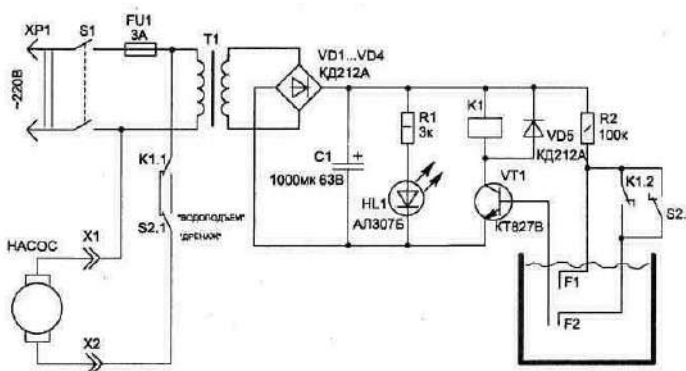


Рис.2.7. Электрическая схема управления уровня воды в резервуаре

Таким образом, в зависимости от выполняемой работы чтение принципиальной схемы преследует разные цели.

Кроме того, если чтение монтажных схем сводится к тому, чтобы определить, что, где и как нужно установить, проложить и соединить, то чтение принципиальной схемы гораздо сложнее. Во многих случаях оно требует глубоких знаний, владения методикой чтения и умения анализировать полученные сведения. И, наконец, ошибка, допущенная в принципиальной схеме, неизбежно будет повторяться во всех последующих документах. В итоге вновь придется возвращаться к чтению принципиальной

схемы, чтобы выявить, какая в ней допущена ошибка или что в конкретном случае не соответствует правильной принципиальной схеме (например, многоконтактное программное реле присоединено правильно, но установленная при настройке длительность или очередность переключения контактов не соответствует заданию).

Перечисленные задачи довольно сложны, и рассмотрение многих из них выходит за рамки данной статьи. Тем не менее полезно пояснить, в чем состоит их существо и перечислить основные технические приемы решения.

1. Чтение принципиальной схемы всегда начинают с общего ознакомления с нею и перечнем элементов, находят на схеме каждый из них, читают все примечания и пояснения.

2. Определяют систему электропитания электродвигателей, обмоток магнитных пускателей, реле, электромагнитов, комплектных приборов, регуляторов и т. п. Для этого находят на схеме все источники питания, выявляют по каждому из них род тока, номинальное напряжение, фазировку в цепях переменного тока и полярность в цепях постоянного тока и сопоставляют полученные данные с номинальными данными используемой аппаратуры.

Выявляют по схеме общие коммутационные аппараты, а также аппараты защиты (рис.2.8): автоматы, предохранители, реле максимального тока и минимального напряжения и т.п. Определяют по надписям на схеме, таблицам или примечаниям уставки аппаратов и, наконец, оценивают зону защиты каждого из них.

Ознакомление с системой электропитания может понадобиться для: выявления причин нарушения питания; определения очередности, в которой следует на схему подавать питание (это не всегда безразлично); проверки правильности фазировки и полярности (неправильная фазировка может, например, в схемах резервирования привести к короткому замыканию, изменению направления вращения электродвигателей, пробоем конденсаторов, нарушению разделения цепей с помощью диодов, отказу поляризованных реле и т. п.); оценки последствий перегорания каждого предохранителя.

3. Изучают всевозможные цепи каждого электроприемника: электродвигателя, обмотки магнитного пускателя, реле, прибора и т. п. Но электроприемников в схеме много и далеко не безразлично, с какого из них начинать чтение схемы — это определяется поставленной задачей. Если нужно определить по схеме условия ее работы (или проверить, соответствуют ли они заданным), то начинают с основного электроприемника, например, с электродвигателя задвижки. Последующие электроприемники выявятся сами собой.

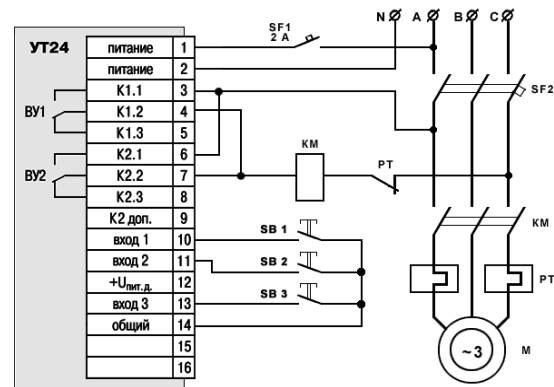


Рис.2.8. Щит управления и его схема

Например, для пуска электродвигателя нужно включить магнитный пускатель. Следовательно, следующим электроприемником должна быть обмотка магнитного пускателя. Если в ее цепь входит контакт промежуточного реле, надо рассматривать цепь его обмотки и т. п. Но может быть и другая задача: какой-то элемент схемы отказал, например, не горит определенная сигнальная лампа. Тогда первым электроприемником будет именно она.

Очень важно подчеркнуть, что если не придерживаться при чтении схемы определенной целенаправленности, то можно затратить много времени, ничего не решив.

Итак, изучая выбранный электроприемник, надо проследить все возможные его цепи от полюса к полюсу (от фазы к фазе, от фазы к нулю в зависимости от системы питания). При этом надо, во-первых, выявить все контакты, диоды, резисторы и т. п., входящие в цепь.

Особо подчеркнем, что нельзя рассматривать несколько цепей сразу. Нужно сначала изучить, например, цепь включения обмотки магнитного пускателя «Вперед» при местном управлении, установив, в каком положении должны быть элементы, входящие в эту цепь (переключатель режимов в положении «Местное управление», магнитный пускатель «Назад» отключен), что нужно сделать, чтобы включить обмотку магнитного пускателя (нажать выключатель кнопочный «Вперед»), и т. п. Затем следует мысленно отключить магнитный пускатель. Рассмотрев цепь местного управления, мысленно переводят переключатель режимов в положение «Автоматическое управление» и изучают следующую цепь.

Ознакомление с каждой цепью электрической схемы имеет целью:

- определить условия действия, которым удовлетворяет схема;
- выявить ошибки; например, в цепи могут быть соединенные последовательно контакты, которые никогда одновременно не должны быть замкнуты;
- определить возможные причины отказа. В неисправную цепь, например, входят контакты трех аппаратов. Рассматривая каждый из них, легко обнаружить неисправный. Такие задачи возникают при наладке и устранении неполадок в процессе эксплуатации;

- установить элементы, в которых могут быть нарушены временные зависимости либо в результате неправильной регулировки, либо из-за неправильной оценки проектировщиком реальных условий эксплуатации.

- типичными недостатками являются слишком короткие импульсы (управляемый механизм не успевает завершить начатый цикл), слишком длинные импульсы (управляемый механизм, за вершив цикл, начинает его повторять), нарушение необходимой очередности переключения (например, вентили и насос включаются не в той очередности, как надо, или между операциями не соблюдаются достаточные интервалы);

- выявить аппараты, которым могут быть заданы неправильные уставки; типичный пример — неправильная уставка токового реле в схеме управления задвижкой;

- выявить аппараты, коммутационная способность которых недостаточна для коммутируемых цепей, или номинальное напряжение ниже необходимого, или рабочие токи цепей больше номинальных токов аппарата и т. п.

Типичные примеры: контакты электроконтактного термометра непосредственно введены в цепь магнитного пускателя, что совершенно недопустимо; в цепи напряжения 220 В применен диод на обратное напряжение 250 В, что не достаточно, так как он может оказаться под напряжением 310 В (К2-220 В); номинальный ток диода 0,3 А, но он включен в цепь, через которую проходит ток 0,4 А, что вызовет недопустимый перегрев; сигнальная коммутаторная лампа 24 В, 0,1 А включена на напряжение 220 В через добавочный резистор типа ПЭ-10 сопротивлением 220 Ом. Лампа будет светить нормально, но резистор сгорит, так как выделяемая в нем мощность примерно вдвое выше номинальной;

- выявить аппараты, подверженные действию коммутационных перенапряжений, и оценить меры защиты от них (например, гасящие контуры);

- выявить приборы, на работу которых могут оказывать недопустимое влияние смежные цепи, и оценить средства защиты от влияний;

- выявить возможные ложные цепи как в нормальных режимах, так и во время переходных процессов, например, перезаряд конденсаторов, поступление в чувствительный электроприемник энергии, освободившейся при отключении индуктивности, и т. п.

Ложные цепи иногда образуются не только при непредвиденном соединении, но и при замыкании, контакта, перегорании одного предохранителя, в то время как остальные остались исправными. Например, промежуточное реле датчика технологического контроля включено через одну цепь питания, а его размыкающий контакт — через другую. При перегорании предохранителя промежуточное реле отпустит, что будет воспринято схемой как нарушение режима. В данном случае нельзя разделить цепи питания либо нужно иначе составлять схему и т. п.

Ложные цепи могут образоваться при несоблюдении очередности подачи питающих напряжений, что говорит о низком качестве

проектирования. В правильно составленных схемах очередность подачи питающих напряжений, а также восстановление их после нарушений не должны приводить к каким-либо оперативным переключениям;

- оценить последствия нарушения изоляции поочередно в каждой точке схемы. Например, если кнопки присоединены к нулевому рабочему проводнику, а обмотка пускателя - к фазному (необходимо включать наоборот), то при подключении кнопочного выключателя «Стоп» к проводнику заземления пускатель невозможно будет отключить. Если замкнется на землю провод после кнопочного выключателя «Пуск», произойдет самовключение пускателя;

- оценить назначение каждого контакта, диода, резистора, конденсатора, для чего исходят из предположения, что рассматриваемый элемент или контакт отсутствует, и оценивают, к каким это приведет последствиям.

4. Устанавливают поведение схемы при частичном отключении питания, а также при его восстановлении. Этот важнейший вопрос, к сожалению, часто недооценивают, поэтому одной из основных задач чтения схемы является проверка: сможет ли устройство прийти из любого промежуточного состояния в рабочее и не произойдут ли при этом непредвиденные оперативные переключения. Именно поэтому стандарт предписывает изображать схемы в предположении, что питание отключено, а аппараты и их части (например, якоря реле) не подвержены принудительным воздействиям. С этого исходного положения и нужно анализировать схемы. Большую помощь при анализе схем оказывают временные диаграммы взаимодействия, отражающие динамику работы схемы, а не только какое-то установившееся ее состояние [10].

2.2.2 Условия выбора и проверки двигателей механизмов

Выбор одного из каталожных типов электродвигателей считается правильным при соблюдении следующих условий:

- наиболее полное соответствие электродвигателя(рис.2.9) рабочей машине (приводу) по механическим свойствам. Это означает, что электродвигатель



Рис.2.9. Электродвигатель

должен обладать такой механической характеристикой, при котором он мог бы сообщать приводу необходимые величины скорости и ускорений как при работе, так и при пуске в ход;

- максимальное использование мощности электродвигателя в процессе работы. Температура всех активных частей электродвигателя в наиболее тяжелых режимах работы должна максимально приближаться к обусловленной по нормам температуре нагрева, но не превосходить ее;
- соответствие электродвигателя приводу и условиям окружающей среды по конструктивному исполнению;
- соответствие электродвигателя параметрам питающей его сети.

Для выбора электродвигателя необходимы следующие исходные данные:

- наименование и тип механизма;
- максимальная мощность на приводном валу механизма, если режим работы продолжительный и нагрузка постоянна, а в остальных случаях — графики изменения мощности или момента сопротивления в функции от времени;
- скорость вращения приводного вала механизма;
- способ сочленения механизма с валом электродвигателя (при наличии передач указываются род передачи и передаточное число);
- величина момента при пуске, которую должен обеспечить электродвигатель на приводном валу механизма;
- пределы регулирования скорости приводимого механизма с указанием верхнего и нижнего значений скоростей и соответствующих им величин мощности и момента;
- характер и качество (плавность, ступенчатость) необходимой регулировки скорости;
- частота пусков или включений привода в течение часа;
- характеристика окружающей среды.

Выбор электродвигателя на основе учета всех условий производится по каталожным данным.

Для механизмов широкого применения выбор электродвигателя значительно упрощается за счет данных, содержащихся в соответствующих информациях заводов-изготовителей, и сводится к уточнению типа электродвигателя применительно к параметрам сети и характеру окружающей среды.

Выбор электродвигателей по мощности.

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.

Различают следующие режимы работы:

- продолжительный (длительный), когда рабочий период настолько

велик, что нагрев электродвигателя достигает своего установившегося значения (например у насосов, ленточных транспортеров, вентиляторов и т. п.);

- кратковременный, когда длительность рабочего периода недостаточна для достижения электродвигателем температуры- нагрева, соответствующей данной нагрузке, а периоды остановки, наоборот, достаточны для охлаждения электродвигателя до температуры окружающей среды. В этом режиме могут работать электродвигатели самых разнообразных механизмов;
- повторно-кратковременный — с относительной продолжительностью включения 15, 25, 40 и 60% при продолжительности одного цикла не более 10 мин (например, у подъемных кранов, некоторых станков, однопостовых сварочных двигателей-генераторов и т. п.).

По изменениям величины потребляемой мощности различаются следующие случаи:

- постоянная нагрузка, когда величина потребляемой мощности в течение работы постоянна или имеет незначительные отклонения от среднего значения, как, например, у центробежных насосов, вентиляторов, компрессоров с постоянным расходом воздуха и т. п.;
- переменная нагрузка, когда величина потребляемой мощности периодически меняется, как, например, у экскаваторов, кранов, некоторых станков и т. п.;
- пульсирующая нагрузка, когда величина потребляемой мощности меняется непрерывно, как, например, у поршневых насосов, щековых дробилок, грохотов и т. п.

Мощность электродвигателя должна удовлетворять трем условиям:

- нормального нагрева при работе;
- достаточной перегрузочной способности;
- достаточного пускового момента.



Рис.2.10. Электродвигатель с приводом

Все электродвигатели подразделяются на две основные группы:

- для длительного режима работы (без ограничения продолжительности включения);
- для повторно-кратковременного режима с продолжительностями включения 15, 25, 40 и 60%.

Для первой группы в каталогах и паспортах указывается длительная мощность, которую электродвигатель может развивать неограниченно долго,

для второй группы — мощность, которую электродвигатель может развивать, работая с перерывами сколь угодно долгое время при определенной продолжительности включения.

Правильно выбранным во всех случаях считается такой электродвигатель, который, работая с нагрузкой по графику, заданному рабочей машиной, достигает полного допустимого нагрева всех своих частей. 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, обычно включающим эмпирические коэффициенты.

Значительно сложнее выбор мощности электродвигателей иных режимов работы.

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.

Практически следует различать два вида такой работы:

- нагрузка в период работы по величине постоянна и, следовательно, график ее изображается прямоугольниками, чередующимися с паузами;
- нагрузка в период работы изменяется по более или менее сложному закону.

В обоих случаях задача выбора электродвигателя по мощности может быть решена как аналитически, так и графически. Оба эти способа являются достаточно сложными, поэтому практически рекомендуется упрощенный метод эквивалентных величин, включающий в себя три способа:

- среднего квадратичного тока;
- средней квадратичной мощности;
- среднего квадратичного момента.

Проверка механической перегрузочной способности электродвигателя.

После выбора мощности электродвигателя по условиям нагрева необходимо произвести проверку механической перегрузочной способности электродвигателя, т. е. убедиться, что максимальный момент нагрузки по графику при работе и момент при пуске не будут превышать значения максимального момента по каталогу.

У асинхронных и синхронных электродвигателей величина допустимой механической перегрузки обуславливается их опрокидывающим электромагнитным моментом, по достижении которого эти электродвигатели останавливаются.

Кратность максимальных моментов по отношению к номинальным должна составлять 1,8 у трехфазных асинхронных электродвигателей с контактными кольцами не менее 1,65 у таких же короткозамкнутых электродвигателей. Кратность максимального момента синхронного электродвигателя должна быть также не ниже 1,65 при номинальных напряжениях, частоте и токе возбуждения, с коэффициентом мощности 0,9 (при опережающем токе).

Практически асинхронные и синхронные электродвигатели имеют механическую перегрузочную способность до 2—2,5, а у некоторых специальных электродвигателей эта величина повышается до 3—3,5.

Допустимая перегрузка электродвигателей постоянного тока определяется условиями работы и по ГОСТ составляет по моменту от 2 до 4, причем нижний предел относится к электродвигателям с параллельным, а верхний — к электродвигателям с последовательным возбуждением.

Если питающая и распределительная сети чувствительны к нагрузке, то проверка механической перегрузочной способности должна производиться с учетом потерь напряжения в сетях.

Для асинхронных короткозамкнутых и синхронных электродвигателей кратность начального момента должна быть не менее 0,9 (по отношению к номинальному).

В действительности кратность начального момента у электродвигателей с двойной беличьей клеткой и с глубоким пазом значительно выше и достигает 2—2,4.

При выборе мощности электродвигателя следует иметь в виду, что на нагрев электродвигателей оказывает влияние частота включений. Допустимая частота включений зависит от нормального скольжения, махового момента ротора и кратности пускового тока.

Асинхронные электродвигатели нормальных типов допускают без нагрузки от 400 до 1000, а электродвигатели с повышенным скольжением — от 1100 до 2700 включений в час. При пуске под нагрузкой допустимое число включений значительно сокращается.

Пусковой ток электродвигателей с короткозамкнутым ротором имеет большую величину, и это обстоятельство в условиях частых пусков, и особенно при повышенном времени разгона, имеет важное значение.

В противоположность электродвигателям с фазовым ротором (рис. 2.10), в которых часть тепла, образующегося при пуске, выделяется в реостате, т. е. вне машины, в короткозамкнутых электродвигателях все тепло выделяется в самой машине, что обуславливает ее повышенный нагрев. Поэтому выбор мощности этих электродвигателей нужно производить с учетом нагревания во время многочисленных пусков [11].

2.2.3 Устойчивость работы электропривода

Электропривод представляет собой электромеханическую систему, которая должна работать устойчиво.

Устойчивая работа электропривода определяется точкой пересечения механических характеристик электродвигателя и механизма.

Электропривод работает устойчиво в установившемся режиме.

Напомним, что установившимся режимом электропривода называется такой, при котором скорость привода не изменяется, потому что вращающий электромагнитный момент двигателя равен тормозному моменту механизма (2.2):

$$M = M_{cm} \quad (2.2).$$

Поясним это на примере (рис. 2.11).

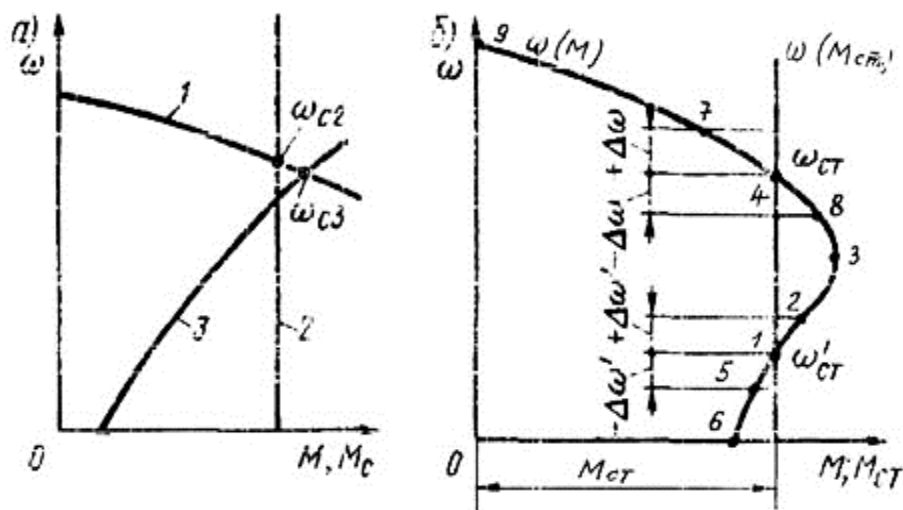


Рис. 2.11. Совмещенные механические характеристики электродвигателя и механизмов

На рис. а) изображены механические характеристики: электродвигателя 1; лебедки (крана) 2; центробежного насоса 3.

Точка пересечения механических характеристик электродвигателя и механизма как раз и соответствует установившемуся режиму работы привода, потому что именно в этой точке угловая скорость

электродвигателя равна угловой скорости механизма, и, Аналогично вращающий электромагнитный момент двигателя равен тормозному моменту механизма.

Для проверки устойчивости систему надо перевести из статического режима работы в динамический, создав внешнее возмущающее воздействие.

Напомним, что систему называют устойчивой, если она, будучи выведена из состояния равновесия и предоставлена самой себе, с течением времени вернется к старому установившемуся состоянию или перейдет в новое такое состояние.

Регулирование скорости электропривода.

Регулированием скорости является принудительное изменение скорости двигателя в целях регулирования скорости движения исполнительных органов машин и механизмов. В общем случае регулирование скорости двигателей – а под этим понимается также и поддержание скорости на заданном уровне – может осуществляться двумя способами – параметрическим и в замкнутых системах.

При параметрическом способе регулирование достигается изменением каких-либо параметров электрических цепей двигателей или питающего напряжения за счет включения, например, различных дополнительных элементов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Качество такого регулирования скорости обычно оказывается не очень высоким.

При необходимости получения процесса регулирования скорости с высокими качественными показателями переходят к замкнутым системам электропривода, в которых воздействие на двигатель обычно осуществляется изменением подводимого к двигателю напряжения, или частоты этого напряжения, или того и другого. Для этой цели служат различные силовые преобразователи постоянного и переменного тока.

Регулирование скорости в количественном отношении характеризуется пятью основными показателями.

1. Диапазон регулирования определяется отношением максимальной ω_{\max} и минимальной скоростей ω_{\min} : $D = \omega_{\max} / \omega_{\min}$ при заданных пределах изменения нагрузки на валу двигателя.

Различные рабочие машины(рис.2.12) требуют разных диапазонов регулирования. Так, прокатные станы характеризуются диапазоном $D = 20 - 50$, станки от $D = 3 - 4$ до $D = 50 - 1000$ и более, бумагоделательные машины $D = 20$ и т.д.



Рис.2.12 Регулируемые двигатели

2. Направление регулирования скорости определяется расположением получаемых искусственных характеристик относительно естественной. Если они располагаются выше естественной, то говорят о регулировании скорости вверх от основной, если ниже – вниз от основной. Расположение искусственных характеристик как выше, так и ниже естественной обеспечивает так называемое двухзонное регулирование.

3. Плавность регулирования скорости определяется числом получаемых в данном диапазоне искусственных характеристик: чем их больше, тем регулирование скорости будет осуществляться плавнее. Плавность оценивается коэффициентом(2.3), который находится как отношение скоростей на двух ближайших характеристиках

$$K_{пл} = \omega_i - \omega_{i-1}, \quad (2.3),$$

где ω_i и ω_{i-1} – скорости на i -й и $(i-1)$ искусственных характеристиках.

Наибольшая плавность достигается в замкнутых системах с использованием преобразователей напряжения и частоты(рис.2.13), небольшая плавность обычно соответствует параметрическим способам регулирования. При плавном регулировании скорости качественно протекает технологический процесс, улучшается качество выпускаемой продукции, повышается производительность работы электропривода и т.д.

4. Стабильность в поддержании заданной регулировочной скорости технологом зависит от жесткости механической характеристики электродвигателя. Более жесткую механическую характеристику возможно получить только в замкнутых электроприводах. В разомкнутом электроприводе и при слишком пониженной скорости и колебаниях момента сопротивления будут происходить большие колебания скорости, что недопустимо.

5. Допустимая нагрузка на двигатель при регулировании скорости зависит от протекающего тока в силовой части. Этот ток не должен превышать номинального значения. В противном случае двигатель будет перегреваться. Допустимый ток зависит от вида механической характеристики исполнительного органа и примененного способа регулирования скорости [12].



Рис.2.13. Двигатель и регулятор скорости

2.2.4 Электрические и электромеханические параметры электропривода

Основные параметры электродвигателя.

Мощность электродвигателя - это полезная механическая мощность на валу электродвигателя.

Механическая мощность.

Мощность - физическая величина, показывающая какую работу механизм совершает в единицу времени(2.4).

$$P = \frac{dA}{dt} \quad (2.4),$$

- где P – мощность, Вт;
- A – работа, Дж;
- t - время, с.

Работа - скалярная физическая величина, равная произведению проекции силы на направление F и пути s , проходимого точкой приложения силы(2.5).

$$dA = Fds \quad (2.5),$$

- где s – расстояние, м.

Для вращательного движения(2.6)

$$ds = r d\theta \quad (2.6),$$

- где θ – угол, рад(2.7).

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (2.7),$$

- где ω – угловая частота, рад/с.

Таким образом можно вычислить значение механической мощности на валу вращающегося электродвигателя(2.8)

$$P = M\omega \quad (2.8).$$

Частота вращения (2.9)

$$n = \frac{30 \times \omega}{\pi} \quad (2.9),$$

- где n - частота вращения электродвигателя, об/мин.

Момент инерции ротора.

Момент инерции (2.10) - скалярная физическая величина, являющаяся мерой инертности тела во вращательном движении вокруг оси, равна сумме произведений масс материальных точек на квадраты их расстояний от оси

$$J = \int r^2 dm \quad (2.10),$$

- где J – момент инерции, кг·м²;

- m - масса, кг.

Момент инерции связан с моментом силы следующим соотношением (2.11)

$$M = J\varepsilon \quad (2.11),$$

- где ε – угловое ускорение (2.12), с^{-2} .

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad (2.12).$$

Коэффициент полезного действия электродвигателя.

Коэффициент полезного действия (КПД) электродвигателя (2.13) - характеристика эффективности машины в отношении преобразования электрической энергии в механическую.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (2.13),$$

- где η – коэффициент полезного действия электродвигателя;
- P_1 - подведенная мощность (электрическая), Вт;
- P_2 - полезная мощность (механическая), Вт.

При этом потери в электродвигатели обусловлены:

- электрическими потерями - в виде тепла в результате нагрева проводников с током;
- магнитными потерями - потери на перемагничивание сердечника: потери на вихревые токи, на гистерезис и на магнитное последствие;
- механическими потерями - потери на трение в подшипниках, на вентиляцию, на щетках (при их наличии);
- дополнительными потерями - потери вызванные высшими гармониками магнитных полей, возникающих из-за зубчатого строения статора, ротора и наличия высших гармоник магнитодвижущей силы обмоток.

КПД электродвигателя может варьироваться от 10 до 99% в зависимости от типа и конструкции.

Номинальное напряжение.

Номинальное напряжение (англ. rated voltage) - напряжение на которое спроектирована сеть или оборудование и к которому относят их рабочие характеристики.

Электрическая постоянная времени.

Электрическая постоянная времени (2.14) - это время, отсчитываемое с момента подачи постоянного напряжения на электродвигатель, за которое ток достигает уровня в 63,21% ($1-1/e$) от своего конечного значения.

$$\tau_e = \frac{L}{R} \quad (2.14),$$

- где τ_e – постоянная времени, с.

Момент электродвигателя.

Вращающий момент (2.15) (синонимы: вращательный момент, крутящий момент, момент силы) - векторная физическая величина, равная произведению радиус вектора, проведенного от оси вращения к точке приложения силы, на вектор этой силы.

$$M = Fr \quad (2.15),$$

- где M – вращающий момент, Нм;
- F – сила, Н;
- r – радиус-вектор, м.

Номинальный вращающий момент $M_{ном}$, Нм, определяют по формуле(2.16)

$$M_{ном} = \frac{30P_{ном}}{\pi * n_{ном}} \quad (2.16),$$

- где $P_{ном}$ – номинальная мощность двигателя, Вт;
- $n_{ном}$ - номинальная частота вращения, мин⁻¹

Механическая характеристика.

Механическая характеристика двигателя представляет собой графически выраженную зависимость частоты вращения вала от электромагнитного момента при неизменном напряжении питания [13].

2.2.5 Кинематическая схема электропривода

Современная машина состоит из питающего устройства, привода (трансмиссии), исполнительных механизмов с рабочими органами, механизмов регулирования, контроля, управления, защиты, блокировки и др. Питающее устройство предназначено для непрерывной или периодической подачи объектов (сырья) в машину. Часто такая подача осуществляется путем отмеривания заданных порций продукта (по объему и реже по массе). В составе привода у машин имеются электродвигатель, как правило, редуктор, передачи гибкой связи, зубчатые и цепные передачи. Заканчивается привод рабочими или распределительно-управляющими валами. На рабочем валу закрепляют рабочий орган, на распределительно-управляющем — ведущие звенья исполнительных механизмов. Распределительно-управляющий вал может служить одновременно и промежуточным, и рабочим валом. Механизмы привода и приводных устройств (трансмиссионные) служат для передачи движения от двигателя к ведущим звеньям исполнительных механизмов или непосредственно к рабочим органам машины. Исполнительные механизмы служат для преобразования движения (иногда энергии) ведущего звена и передачи его в преобразованном виде ведомому звену (рабочему органу). Исполнительные механизмы, как правило, являются механизмами циклического действия.

Рабочие органы машин бывают основными (обрабатывающими) и вспомогательными (например, удерживающими объект). Они также бывают различными у машин периодического и непрерывного действия. Отличаются они и функциональным назначением. Движение рабочих органов осуществляется по определенным законам и в определенное заданное время. Механизмы регулирования, контроля, управления, защиты, блокировки и другие обычно состоят из исполнительного механизма циклического действия со вспомогательным рабочим органом. Ведущие звенья этих механизмов также могут закрепляться на распределительно управляющих валах машины. Создание машины начинается с представления ее структуры. Анализ условий работы машины немыслим без знания ее структуры. Структуру любой машины представляют в виде структурной схемы. На основании структурной схемы определяют основные размеры машины, осуществляют первое компоновочное решение и набрасывают предварительную кинематическую схему. Структурные схемы машин составляют в соответствии с рекомендуемыми условными обозначениями элементов машин. Нанесение и соединение (линиями или стрелками) условных обозначений для получения структурной схемы начинают от двигателя в последовательности присоединения передач, валов рабочих органов и механизмов. На структурной схеме указывают мощность двигателя, условные скорости вращения вала двигателя и валов машины, передаточные числа промежуточных передач, порядковые номера валов (римскими цифрами), названия исполнительных механизмов, а также названия рабочих органов, укрепленных непосредственно на валах (обычно в конце того или иного ответвления схемы). Структурная схема машины дает представление о распределении энергии от двигателя к механизмам. Схема весьма удобна при определении общего КПД машины. Кинематическая схема машины разрабатывается при конструировании новой и модернизации старой машины или снимается при исследовании (анализе) имеющейся машины. Кинематическая схема является исходным документом для кинематического и силового расчетов машины. Она также входит как обязательное приложение к описанию и инструкции по эксплуатации машины. Она помогает в условиях эксплуатации быстрее разобраться в принципе действия машины, представить ее структуру и состав, поэтому каждый инженер должен не только уметь читать и понимать кинематические схемы, но и быстро и четко составлять их. Кинематическая схема представляет собой условное плоскостное или перспективное изображение всех ее механизмов и звеньев в их взаимосвязи и должна давать представление о порядке присоединения механизмов, распределении потоков энергии, кинематических связях элементов машин, о взаимном расположении ведущих звеньев. Все элементы на схеме изображают с помощью условных графических обозначений или упрощенных внешних очертаний элементов машины. Допускается кинематические схемы вписывать в контур изображения машины. Полную кинематическую схему сложной машины выполнять на высоком качественном уровне часто бывает

трудно, поэтому в таких случаях можно рекомендовать раздельное составление кинематических схем привода (трансмиссии) и исполнительных механизмов циклического действия. Такое разделение оправдывается тем, что в целом ряде машин двигатель и трансмиссия представляют собой обособленную конструкцию, кинематика механизмов которой может изучаться и разрабатываться независимо от кинематики остальных механизмов машины. В большинстве случаев механизмы привода обладают постоянными для определенных режимов передаточными отношениями. Эти механизмы обычно являются механизмами непрерывного действия, однако они могут быть и механизмами прерывистого, но однонаправленного действия. В последнем случае их работа должна быть увязана с работой других механизмов машины. Цикличность работы исполнительных механизмов, как правило, должна быть подчинена цикличности технологического процесса, выполняемого машиной.

Непосредственное представление о механических связях даёт кинематическая схема электропривода (рис. 2.14):

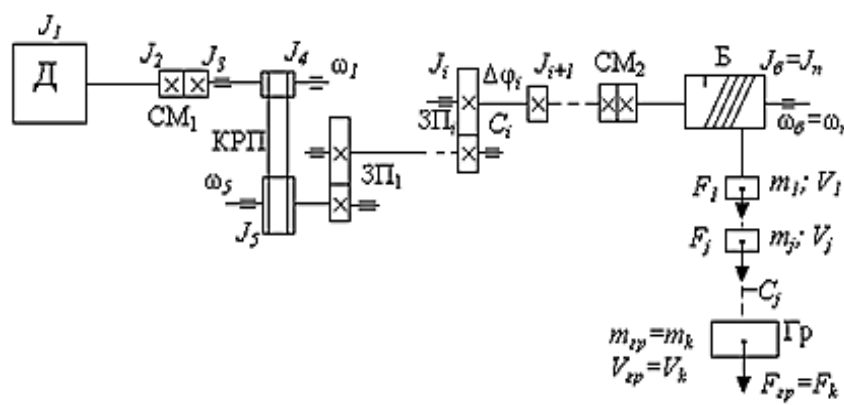


Рис. 2.14. Кинематическая схема электропривода

Здесь двигатель Д через соединительную муфту СМ₁, клиноременную передачу (КРП), ряд зубчатых передач ЗП_і и соединительную муфту СМ₂ приводит во вращение барабан (Б), преобразующий вращательное движение в поступательное движение ряда связанных масс. При нагружении элементы системы (валы, опоры, клиноременные передачи, зубчатые зацепления и т.п.) деформируются, т. к. механические связи не являются абсолютно жёсткими. При изменении нагрузки массы имеют возможность взаимного перемещения, которое определяется жёсткостью связи.

Каждый вращательно движущийся элемент обладает моментом инерции J_i и связан с $(i+1)$ - элементом механической связью, обладающей жёсткостью C_i . Соответственно каждый поступательно движущийся элемент имеет массу m_j и связан со следующим элементом с жёсткостью C_j . В пределах механических связей, для которых выполняется закон Гука, жёсткости можно определить с помощью соотношений (2.17)

$$C_1 = \frac{M_1}{\Delta\varphi_1} \quad C_1 = \frac{F_1}{\Delta S_1} \quad (2.17),$$

где, M_1 и F_1 - нагрузка упругой механической связи;

$\Delta\varphi_1$ и ΔS_1 - деформация упругого элемента при вращательном и поступательном движении.

В связи с наличием передач различные элементы системы движутся с различными скоростями. Поэтому для составления расчетных схем необходимо приведение всех параметров элементов кинематической цепи к одной расчётной скорости, обычно к скорости вала двигателя.

Условием соответствия расчётной схемы реальной механической системе является выполнение закона сохранения энергии. При приведении необходимо обеспечить сохранение кинетической и потенциальной энергий системы, а также элементарной работы всех действующих в системе сил и моментов на возможных перемещениях. Следовательно, (2.18),

$$(W_{kj})_{np} = J_{np} \frac{\omega_1^2}{2} = W_{kj} = J_j \frac{\omega_j^2}{2},$$

$$(W_{kj})_{np} = J_{np} \frac{\omega_1^2}{2} = W_{kj} = \frac{m_j v_j^2}{2} \quad (2.18).$$

Отсюда получаем формулы приведения(2.19):

$$J_{np} = \frac{J_j}{i_{1j}^2}$$

$$J_{np} = m_j p_{1j}^2 \quad (2.19),$$

где $i_{1j} = \frac{\omega_1}{\omega_j}$ - передаточное число от вала приведения до i -го вала;

$p_{1j} = \frac{v_1}{\omega_j}$ - радиус приведения к валу со скоростью ω_1 .

При приведении вращательных φ_i и поступательных S_j перемещений необходимо учитывать, что передаточное число и радиус приведения определяются соотношением скоростей. Тогда перемещения связаны зависимостями (2.20):

$$d\omega_{npl} = d\omega_l \times i_l \quad d\omega_{npj} = \frac{dS_j}{p_{1j}} \quad (2.20).$$

При линейных кинематических связях $i_{1l} = const$, $\omega_{1j} = const$. В этом случае формулы приведения перемещений имеют вид(32):

$$\varphi_{npl} = \varphi_l i_{1l} \quad , \quad \varphi_{npj} = \frac{S_j}{p_{1j}} \quad (2.20).$$

При приведении жёсткостей механических связей должно выполняться условие равенства запаса потенциальной энергии деформации.

Потенциальная энергия W_n равна работе, совершаемой моментом M на участке изменения угла $\Delta\varphi$. Так как величина момента скручивания изменяется от 0 до M_{\max} , то, с учетом (2.20), работа равна(2.21):

$$W_a = 1/2 M_{\max} \Delta\omega = 1/2 C \Delta\varphi \Delta\varphi = 1/2 C \Delta\varphi^2 \quad (2.21).$$

Тогда(2.22)

$$(W_{al})_{ap} = C_{npl} \frac{\Delta\varphi_{npl}^2}{2} = W_{al} = C_l \frac{\Delta\varphi_l^2}{2},$$

$$(W_{al})_{ap} = C_{npj} \frac{\Delta\varphi_{npj}^2}{2} = W_{nj} = C_j \frac{\Delta\varphi_j^2}{2} \quad (2.22).$$

Формулы приведения(2.23):

$$C_{npl} = \frac{C_l}{i_{1l}^2},$$

$$C_{npj} = C_j p_{1j}^2 \quad (2.23).$$

Приведение моментов и сил нагрузки элементов кинематической цепи должно осуществляться при условии равенства элементарной работы на возможных перемещениях:

$$M_{npl} \delta\varphi_{npl} = M_l \delta\varphi_l \quad M_{npj} \delta\varphi_{npj} = F_j \delta S_j.$$

Следовательно, (2.24),

$$M_{npl} = \frac{M_l}{i_{1l}} \quad , \quad M_{npj} = F_j p_{1j} \quad (2.24).$$

Для большей наглядности сопоставления по результатам приведения можно построить исходную приведённую расчётную схему, представив в ней массы в виде прямоугольников, площадь которых пропорциональна приведенным моментам инерции, а жёсткости связей между ними в виде соединений, длина которых обратно пропорциональна жёсткости.

Для рассматриваемой кинематической схемы приведённая расчётная схема имеет вид (рис. 2.15):

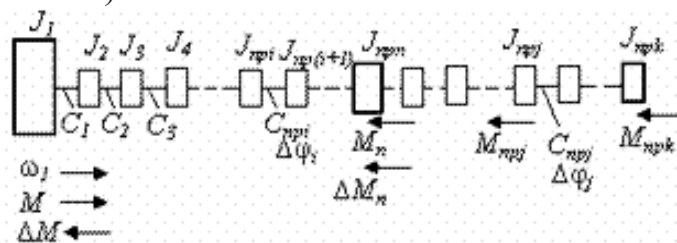


Рис. 2.15. Приведённая расчётная схема кинематической цепи.

В ней выделены три наиболее значительные массы – ротор двигателя с моментом инерции J_1 , барабан с приведённым моментом инерции J_{np1} и груз J_{npj} . Вследствие относительно малых величин остальных моментов её можно существенно упростить. Для этого следует малые массы добавить к близлежащим большим, а затем определить эквивалентные жёсткости связей между полученными массами по общей формуле(2.25):

$$\frac{1}{C_{nkd}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad (2.25).$$

К ротору двигателя с моментом инерции J_1 приложен электромагнитный момент M и момент потерь ΔM , причём для правильного учёта знаков действующих моментов указано положительное для всей приведённой схемы направление скорости ω_1 .

Исследования динамики электропривода показывают, что неразветвлённые расчётные механические схемы в большинстве случаев сводятся к трёхмассовой (рис. 2.16,а), двухмассовой (рис. 2.16,б) расчётным схемам и к жёсткому приведённому механическому звену (рис. 2.16,в):

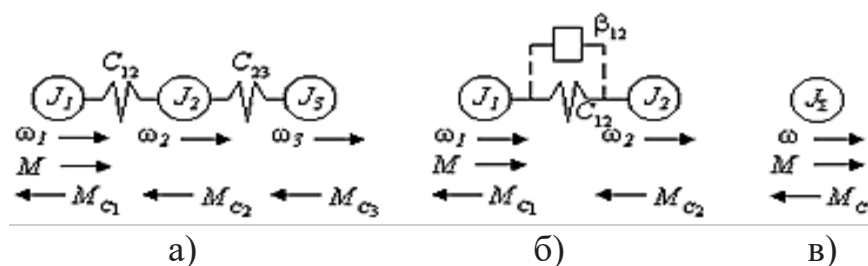


Рис. 2.16. Расчётные схемы электропривода: трёхмассовая (б) и жёсткое приведённое механическое звено (в).

Трёхмассовая упругая система используется в тех случаях, когда необходимо более детально анализировать движения масс механизма. При этом обычно используется моделирование на аналоговой (АВМ) или цифровой (ЦВМ) вычислительных машинах. Для исследования отдельных физических особенностей используется двухмассовая система.

В тех случаях, когда параметры системы таковы, что влияние упругих связей незначительно, или когда этим влиянием можно пренебречь, используется жёсткое приведённое звено. Суммарный приведённый момент инерции может быть выражен(2.26):

$$J_L = J_{\delta d} + \sum_{l=2}^n J_l / i_{1l}^2 + \sum_{j=1}^k m_j p_{1j}^2 \quad (2.26).$$

Где n и k – число масс установки, совершающих соответственно вращательное и поступательное движение.

Суммарный приведённый к валу двигателя момент статической нагрузки M_c (2.27)

$$M_c = \sum_{l=1}^q (M_l / i_{1l}) + \sum_{j=1}^p (F_j p_{1j}) \quad (2.27).$$

где q и p – число внешних моментов M_i и сил F_j , приложенных к системе, кроме электромагнитного момента двигателя.

Характерным примером разветвлённых кинематических схем является кинематическая схема многодвигательного электропривода, в котором двигатели через индивидуальные редукторы действуют на общий рабочий механизм [14].

Практическое задание №1

Тема: «Выбор электрооборудования по техническим характеристикам»

Цель работы: определить технические характеристики двигателей разных типов.

Задание: Показать условия для выбора технических характеристик электрооборудования и определить характеристики электродвигателя под маркой - 4А160М2 18,5 кВт 3000 об/мин

Практическое задание №2

Тема: «Расчет электромеханических параметров электроприводов»

Цель работы: определить виды электромеханических характеристик двигателей, рассчитать и построить механическую характеристику двигателя

Порядок выполнения работы:

1. Расчет механической характеристики асинхронного двигателя
2. Построение естественной механической характеристики двигателя

Практическое задание №3

Тема: «Схемы управления электроприводами»

Цель работы: Научится читать и определять элементы схем управления электроприводами (рис.2.17).

Задание для работы:

Рассказать общие правила чтения электрических схем.

На основании полученных данных определить название элементов на рисунке и принцип действия всей схемы.

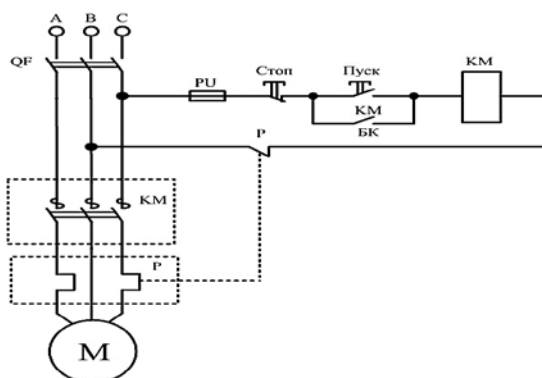


Рис.2.17. Схема управления

Контрольные вопросы к разделу:

1. Принципы работы, технические характеристики, области применения электрического и электромеханического оборудования.
2. Порядок организации испытания, эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования.
3. Оценка эффективности работы электрического и электромеханического оборудования.
4. Типы схемы управления электроприводами.
5. Расчет электрических и электромеханических параметров электроприводов.
6. Составления кинематической схемы электропривода.
7. Регулирования скорости электропривода.
8. Устойчивость работы электропривода.
9. Условия выбора двигателей механизмов.

Краткие выводы:

При изучении данного раздела обучающиеся смогут: определять организацию испытания, эксплуатации и ремонта электрического и электромеханического оборудования и приборов; составлять планы размещения электрического и электромеханического оборудования и осуществлять организацию рабочих мест; оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования и приборов; выбирать схемы управления электроприводами; определять условия выбора и проверки двигателей механизмов; регулировать скорость и определять устойчивость работы электропривода; составлять кинематическую схему электропривода.

Раздел 3. Организация и руководство производственной деятельностью работников

Цель и задачи:

В данном разделе обучающиеся будут изучать методы и средства организации и планирования технологического процесса, направленные на обеспечение его эффективного функционирования.

Предварительные требования:

Перед началом работы с данным разделом студенты должны:

1. Изучить правила внутреннего трудового распорядка.
2. Получить навыки по организации работой электромонтеров.

Необходимые учебные материалы:

1. Правила внутреннего трудового распорядка и другие локальные нормативные акты / Юрий Царенко.- М.: Индексмедиа, 2007.-352с.

3.1 Организация и регламент профессиональной деятельности

3.1.1 Правила внутреннего трудового распорядка

Понятие правил внутреннего трудового распорядка.

Трудовой распорядок организации определяется правилами внутреннего трудового распорядка. Одним из инструментов, который позволяет установить в компании четкую организацию рабочего процесса и трудовую дисциплину является внутренний нормативный документ - Правила внутреннего трудового распорядка.

В Правилах трудового распорядка устанавливаются рабочее время и время отдыха работников, условия обеспечения трудовой дисциплины, иные вопросы регулирования трудовых отношений.

Поэтому правила внутреннего трудового распорядка являются обязательными для всех, состоящих в трудовых отношениях. Правила внутреннего трудового распорядка распространяются на всех лиц, осуществляющих в Компании трудовую деятельность на основании заключенных с Компанией трудовых договоров, независимо от того является ли такая работа для работника основным местом работы либо совместительством, либо временной работой, в том числе на период замещения временно отсутствующего работника

Правила трудового распорядка утверждаются работодателем.

С Правилами внутреннего трудового распорядка должны быть ознакомлены все работники компании под роспись.

Правила внутреннего трудового распорядка – локальный нормативный акт, регламентирующий в соответствии с Трудовым кодексом порядок приема и увольнения работников, основные права, обязанности и ответственность сторон трудового договора, режим работы, время отдыха,

применяемые к работникам меры поощрения и взыскания, а также иные вопросы регулирования трудовых отношений у данного работодателя.

В уставах и положениях о дисциплине в отличие от правил внутреннего распорядка могут устанавливаться дополнительные виды поощрений и дисциплинарных взысканий по сравнению с установленными Трудовым кодексом РК.

Как правило, уставы и положения о дисциплине применяются не ко всем работникам соответствующей отрасли (сферы деятельности), а только к некоторым их категориям, занятым на основных участках и в производствах этой отрасли (сферы деятельности).

На работников, к которым применяются уставы и положения о дисциплине, распространяется действие правил внутреннего трудового распорядка организации, за исключением тех условий, которые регулируются уставами или положениями о дисциплине. На тех работников отрасли (сферы деятельности), которые не попадают под действие уставов или положений о дисциплине, правила внутреннего трудового распорядка распространяются полностью.

Почему этот документ особенно важен для кадровиков? В нем конкретизируются действия работодателя в случае расторжения трудового договора, например, по мотивам отсутствия сотрудника на работе в день увольнения. Как требует законодательство, именно в день прекращения трудового договора, работодатель обязан выдать документ, подтверждающий трудовую деятельность п. 1 ст. 62 ТК РК. Но из-за отсутствия сотрудника работодатель после составления акта об отсутствии направляет уведомление о необходимости явиться к работодателю за документом о трудовой деятельности.

Напомним также, что работодателем гарантируется сохранность трудовой книжки. Если в кадровой службе находится ее оригинал, работнику выдают письменное обязательство о возврате документа п. 7 ст. 32 ТК РК. И вся информация фиксируется в Книге учета движения трудовых книжек и вкладышей к ним.

Все трудовые моменты должны быть прописаны в правилах, как важном инструменте регулирования отношений, предотвращающем возникновение споров и спорных ситуаций.

Порядок утверждения правил внутреннего трудового распорядка

Правила внутреннего трудового распорядка организации утверждаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников и, как правило, являются приложением к коллективному договору.

Порядок учета мнения выборного органа первичной профсоюзной организации, представляющего работников организации при принятии локальных нормативных актов, содержащих нормы трудового права.

Работодатель перед принятием решения направляет просчет правил внутреннего трудового распорядка и обоснование к нему в выборный орган первичной профсоюзной организации, представляющий интересы всех или большинства работников.

Выборный орган первичной профсоюзной организации не позднее 5 рабочих дней со дня получения проекта указанного локального нормативного акта направляет работодателю мотивированное мнение по проекту в письменной форме.

В случае если мотивированное мнение выборного органа первичной профсоюзной организации не содержит согласия с проектом локального нормативного акта либо содержит предложения по его совершенствованию, работодатель может согласиться с ним либо обязан в течение 3 дней после получения мотивированного мнения провести дополнительные консультации с выборным органом первичной профсоюзной организации работников в целях достижения взаимоприемлемого решения.

При недостижении согласия возникшие разногласия оформляются протоколом, после чего работодатель имеет право принять локальный нормативный акт, который может быть обжалован выборным органом первичной профсоюзной организации в соответствующей инспекции труда или в суде. Выборный орган первичной профсоюзной организации также имеет право начать процедуру коллективного трудового спора в порядке, установленном Трудовым кодексом РК.

Государственная инспекция труда при получении жалобы (заявления) выборного органа первичной профсоюзной организации обязана в течение 1 месяца со дня получения жалобы (заявления) провести проверку и в случае выявления нарушения выдать работодателю предписание об отмене указанного локального нормативного акта, обязательное для исполнения.

Дисциплина труда (трудовая дисциплина).

Обязанность работника соблюдать трудовую дисциплину установлена статьей Трудового кодекса

Дисциплина труда – это обязательное для всех работников подчинение правилам поведения, определенным в соответствии с Трудовым кодексом, коллективным договором, соглашениями, локальными нормативными актами, трудовым договором.

Работодатель обязан в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, локальными нормативными актами, трудовым договором создавать условия, необходимые для соблюдения работниками дисциплины труда.

Работодатель поощряет работников, добросовестно исполняющих трудовые обязанности (объявляет благодарность, выдает премию, награждает ценным подарком, почетной грамотой, представляет к званию лучшего по профессии).

Другие виды поощрений работников за труд определяются коллективным договором или правилами внутреннего трудового распорядка, а также уставами и положениями о дисциплине. За особые трудовые заслуги перед обществом и государством работники могут быть представлены к государственным наградам.

За совершение дисциплинарного проступка, т.е. неисполнение или

ненадлежащее исполнение работником по его вине возложенных на него трудовых обязанностей, работодатель имеет право применить следующие дисциплинарные взыскания:

- замечание;
- выговор;
- увольнение (по соответствующим основаниям).

До применения дисциплинарного взыскания работодатель должен затребовать от работника письменное объяснение. Если по истечении 2 рабочих дней указанное объяснение работником не предоставлено, то составляется соответствующий акт. Непредоставление работником объяснения не является препятствием для применения дисциплинарного взыскания.

Дисциплинарное взыскание применяется не позднее 1 месяца со дня обнаружения проступка, не считая времени болезни работника, пребывания его в отпуске, а также времени, необходимого на учет мнения представительного органа работников.

Дисциплинарное взыскание не может быть применено позднее 6 месяцев со дня совершения проступка, а по результатам ревизии, проверки финансово-хозяйственной деятельности или аудиторской проверки не позднее 2 лет со дня его совершения. В указанные сроки не включается время производства по уголовному делу.

За каждый дисциплинарный проступок может быть применено только одно дисциплинарное взыскание.

Приказ (распоряжение) работодателя о применении дисциплинарного взыскания объявляется работнику под роспись в течение 3 рабочих дней, не считая времени отсутствия работника на работе. Если работник отказывается ознакомиться с указанным приказом (распоряжением) под роспись, то составляется соответствующий акт.

Дисциплинарное взыскание может быть обжаловано работником в государственную инспекцию труда и (или) органы по рассмотрению индивидуальных трудовых споров.

Если в течение года со дня применения дисциплинарного взыскания работник не будет подвергнут новому дисциплинарному взысканию, то он считается не имеющим дисциплинарного взыскания. Работодатель до истечения года со дня применения дисциплинарного взыскания имеет право снять его с работника по собственной инициативе, просьбе самого работника, ходатайству его непосредственного руководителя или представительного органа работников.

Зачем нужны Правила трудового распорядка.

Один из отличительных признаков трудового договора от любых других - это выполнение работником работы лично с подчинением трудовому распорядку, следовательно, ПТР носят обязательный характер. Правильно и четко разработанные ПТР будут защищать интересы работодателя при возникновении спорных ситуаций. Например, когда в ПТР не указано точное время начала и окончания рабочего времени, а также времени отдыха, то и

привлечь к ответственности работника за опоздание будет сложно, трудно применить к работнику дисциплинарное взыскание, если требования к его поведению на работе озвучены устно, но не прописаны соответствующим образом в ПТР и т.п.

ПТР - это локальный нормативный документ, действующий в конкретной организации, регулирующий отношения по организации труда работников и работодателя (подпункт 31) пункта 1 статьи 1 ТК РК). Утверждаются ПТР работодателем и вводятся в действие соответствующим приказом или распоряжением Работодателя.

Важно: при приеме на работу, при утверждении новых ПТР, внесении в них изменений и дополнений, необходимо ознакомить работника с документом под роспись, таким образом, с этим документом должны быть ознакомлены все работники.

В соответствии с пунктом 2 статьи 63 ТК РК в правилах трудового распорядка устанавливаются рабочее время и время отдыха работников, условия обеспечения трудовой дисциплины, иные вопросы регулирования трудовых отношений.

Отметим, что:

- рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с актами работодателя и условиями трудового договора выполняет трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с ТК РК, иными нормативными правовыми актами РК, коллективным договором, актом работодателя отнесены к рабочему времени;

- время отдыха - время, в течение которого работник свободен от выполнения трудовых обязанностей и которое он может использовать по своему усмотрению;

- трудовая дисциплина - надлежащее исполнение работодателем и работниками обязательств, установленных нормативными правовыми актами РК, а также соглашениями, трудовым, коллективным договорами, актами работодателя, учредительными документами (подпункт 30) пункта 1 статьи 1 ТК РК).

Таким образом, ПТР включают в себя достаточно широкий круг вопросов, благодаря чему данный документ направлен на эффективное регулирование отношений между работодателем и работниками, между самими работниками, на укрепление трудовой дисциплины, рациональное использование рабочего времени и т.д. Правила являются обязательными для выполнения работниками и работодателем [15].

3.1.2 Приказы, указания, распоряжения и другие нормативно-распорядительные документы

Деятельность любого предприятия сопровождается составлением разных видов документов. Организационно-распорядительными документами (ОРД) называют документы, функционирующие в сфере управления. С помощью ОРД определяются функции и права органа

управления, устанавливается структура и штаты подразделений, контролируют подведомственные объекты, фиксируются кадровые решения и т.д.

Можно выделить следующие основные группы документов:

- организационные (уставы, положения, штатное расписание, должностные инструкции, правила внутреннего трудового распорядка);
- распорядительные (приказы по основной деятельности, распоряжения, решения);
- справочно-информационные (акты, письма, факсы, докладные записки, справки, телефонограммы);
- документы по личному составу предприятия (приказы по личному составу, трудовые контракты, личные дела, личные карточки по форме Т-2, лицевые счета по зарплате, трудовые книжки);
- коммерческие документы (контракты, договоры).

Схема оформления большинства организационно-распорядительных документов типична и строится по формуляру образцу. Оформляющая часть практически одинакова во всех документах. Отличаются только заголовочные части внутренних и внешних документов. Во внешних документах обязательно указываются справочные данные предприятия, на внутренних документах они не указываются. Различия в большей части касаются формы изложения и структуры текста.

Целью распорядительных документов является регулирование деятельности, позволяющее органу управления обеспечивать реализацию поставленных перед ним задач. В условиях единоличного принятия решений процедура издания распорядительных документов включает в себя следующие стадии:

- инициирование решения – обоснование необходимости издания распорядительного документа;
- сбор и анализ информации по вопросу;
- подготовка проекта распорядительного документа;
- согласование проекта документа;
- внесение проекта распорядительного документа на рассмотрение руководства;
- принятие решения (подписание документа);
- доведение распорядительного документа до исполнителей.

Рассмотрим наиболее часто используемые виды документов управления.

Внутренняя деятельность предприятия регулируется его Уставом или Положением, в которых отражаются основания его организации и правовой статус, выполняемые функции, права, обязанности, ответственность, формы собственности, взаимоотношения с партнерами и государственными органами, порядок реорганизации и ликвидации.

Приказ – это правовой акт, который создается единолично руководителем организации (лицом, исполняющим его обязанности), в целях разрешения вопросов основной деятельности или по личному составу.

Приказами оформляются решения правового характера, а также по

оперативным, организационным, кадровым (прием, перемещение, совмещение, перевод, увольнение, аттестация, повышение квалификации, присвоение званий, изменение фамилии, поощрения, награждения, наложение дисциплинарных взысканий, оплата труда, премирование, различные выплаты, все виды отпусков работников, дежурства по профилю основной деятельности, командировки) и другим вопросам работы организации по форме согласно Типовым правилам документирования и управления документацией в государственных и негосударственных организациях, утвержденным Приказом Министра культуры и спорта РК от 22 декабря 2014 г. № 144.

Все приказы делятся на 2 вида – это приказы по основной деятельности (литеру можно не добавлять) и приказы по личному составу. Приказы по основной (производственной) деятельности включают в себя ВСЕ вопросы по деятельности предприятия:

- утверждение структуры организации и ее изменение;
- утверждение (изменение) локальных нормативных актов;
- организации (инструкций, правил, положений, регламентов);
- сокращение штатной численности (именно те приказы, которые не касаются лично каждого работника поименно, а отражают изменения в структуре компании);
- утверждение (изменение) структуры и штатной численности, штатного расписания;
- создание новых структурных подразделений, коллегиальных и совещательных органов, постоянных или временных комиссий;
- проведение аттестации персонала (сюда относятся опять же не приказы по аттестации конкретного работника, а утверждение регламента, процедуры, положений по аттестации);
- планирование деятельности;
- контроль за деятельностью (отчетность);
- установление режима работы (сменный, вахтовый режим; введение суммированного учета рабочего времени, установление неполного режима рабочего времени) и внесение изменений в него;
- финансирование деятельности;
- материально-техническое обеспечение;
- информационное и документационное обеспечение.

Распоряжение – это правовой акт, который издается руководителем организации преимущественно по оперативным вопросам деятельности организации, в том числе по вопросам, связанным с организацией по исполнению приказов, инструкций и др. нормативно-правовых актов, доведения решений руководства до работников структурных подразделений. Распоряжения, как правило, имеют ограниченный срок действия и касаются узкого круга организаций, должностных лиц и граждан.

Распоряжение не носит нормативного характера. Издается касательно оперативных, текущих вопросов. Действие распространяется на определенный круг людей. К примеру, распоряжение руководителя отдела

обязательно для исполнения всеми работниками данного структурного подразделения, не задевая всех остальных. Но оно не идет в разрез общей политики организации.

Распоряжения составляются и оформляются по тем же правилам, что и приказы. Текст распоряжения состоит из констатирующей и распорядительной части. В констатирующей части указывается причина или цель издания распоряжения, а в распорядительной – предписываемые действия.

Когда издается распоряжение?

Если руководитель предприятия решит издать правовой акт по оперативным и текущим вопросам деятельности организации, то необходимо будет подготовить распоряжение. Распоряжение, в отличие от приказа, издается с целью решения отдельных (узких, конкретных) вопросов, которые необходимы для претворения в жизнь определенных задач предприятия. Так, если приказом был утвержден план ремонта производственных цехов предприятия (т.е. определены основные этапы, сроки процесса модернизации производственных мощностей предприятия) то в распоряжении решается вопрос о подготовке цеха № 2 к проведению ремонта, т.е. это отдельный вопрос в рамках общей задачи модернизации производственных мощностей предприятия.

Распоряжение может издаваться по таким вопросам, как предоставление копий документов (например, договоров, счетов-фактур, товарных накладных и др.), предоставление и согласование графика отпусков, отчетных материалов и т.д.

Распоряжение может быть подготовлено также по вопросам, связанным с организацией исполнения приказов, инструкций и других актов данного органа и вышестоящих органов управления.

Указание – это акт, издаваемый единолично руководителем организации или его заместителем преимущественно по вопросам информационно-методического характера, а также по вопросам, связанным с организацией исполнения приказов, инструкций и других актов данного или вышестоящего органа управления.

В целом указания составляются и оформляются аналогично приказам, но ключевыми словами в тексте, разделяющими констатирующую и распорядительные части являются «ОБЯЗЫВАЮ» или «ПРЕДЛАГАЮ», в зависимости от содержания указания.

Если указания рассылаются в подведомственные организации с целью доведения до них норм общего характера или иных сведений, то указывается адресат или оформляется список рассылки документа.

Когда нужно подготовить указание?

Указания обычно издаются органами государственного управления, но руководитель коммерческой организации также может издать такой распорядительный документ. Указания могут быть изданы по вопросам оперативного, информационно-методического, административного характера или по вопросам, связанным с организацией исполнения приказов,

инструкций, поручений. Если организация примет решение использовать указание, то в инструкции по делопроизводству следует четко разграничить назначение приказов, распоряжений и указаний [16].

3.1.3 Организация и руководство работой электромонтеров

К самостоятельной работе электромонтёром по ремонту и обслуживанию электрооборудования (далее – электромонтёр) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, теоретическую и практическую подготовку с проверкой знаний согласно Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ) и получившие квалификационное удостоверение на допуск к работе в электроустановках; умеющие пользоваться средствами коллективной и индивидуальной защиты; имеющие группу по электробезопасности не ниже III, соответствующую подготовку, имеющие профессиональные навыки и соответствующую квалификацию согласно тарифно-квалификационного справочника.

1.2 Электромонтёр обязан:

1.2.1 Выполнять только ту работу, которая определена рабочей инструкцией;

1.2.2 Выполнять правила внутреннего трудового распорядка;

1.2.3 Правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты;

1.2.4 Соблюдать требования охраны труда;

1.2.5 Немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления);

1.2.6 Проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда;

1.2.7 Проходить обязательные периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования), а также проходить внеочередные медицинские осмотры (обследования) по направлению работодателя в случаях, предусмотренных Трудовым кодексом и иными федеральными законами.

1.2.8 Уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях;

1.2.9 Уметь применять средства первичного пожаротушения;

1.3 При выполнении работ по ремонту и обслуживанию электрооборудования на электромонтёра возможны воздействия следующих

опасных и вредных производственных факторов:

- опасного напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, электрического удара, ожога электродугой;

- недостаточная освещённость рабочей зоны;
- острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности

конструкций и оборудования;

- пожара, взрыва;
- падения с высоты персонала и предметов.

1.4 Электромонтёр должен быть обеспечен спецодеждой, спец-обувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты и Коллективным договором.

1.5. В процессе повседневной деятельности электромонтеры должны:

- применять в процессе работы инструмент по назначению, в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей;
- поддерживать инструмент и оборудование в технически исправном состоянии, не допуская работу с неисправностями, при которых эксплуатация запрещена;
- быть внимательными во время работы и не допускать нарушений требований безопасности труда.

1.6 В случаях травмирования или недомогания необходимо прекратить работу, известить об этом руководителя работ и обратиться в медицинское учреждение.

2. Требования охраны труда перед началом работы.

2.1 Перед началом работы электромонтер обязан:

- предъявить руководителю удостоверение о проверке знаний безопасных методов работ, получить задание и пройти инструктаж на рабочем месте по специфике выполняемых работ;
- надеть спецодежду и спецобувь установленного образца;
- при выполнении работ повышенной опасности ознакомиться с мероприятиями, обеспечивающими безопасное производство работ, и расписаться в наряде-допуске, выданном на поручаемую работу.

2.2 После получения задания у руководителя работ и ознакомления, в случае необходимости, с мероприятиями наряда-допуска электромонтер обязан:

- подготовить необходимые средства индивидуальной защиты, проверить их исправность;
- проверить рабочее место и подходы к нему на соответствие требованиям безопасности;
- подобрать инструмент, оборудование и технологическую оснастку, необходимые при выполнении работы, проверить их исправность и соответствие требованиям безопасности;
- ознакомиться с изменениями в схеме электроснабжения потребителей и текущими записями в оперативном журнале.

2.3 Электромонтер не должен приступать к выполнению работ при следующих нарушениях требований безопасности:

- неисправности технологической оснастки, приспособлений и инструмента, указанных в инструкциях заводов-изготовителей, при которых не допускается их применение;
- несвоевременном проведении очередных испытаний основных и дополнительных средств защиты или истечении срока их эксплуатации, установленного заводом-изготовителем;
- недостаточной освещенности или при загроможденности рабочего места;
- отсутствии или истечении срока действия наряда-допуска при работе в действующих электроустановках. Обнаруженные нарушения требований безопасности должны быть устранены собственными силами до начала работ, а при невозможности сделать это электромонтеры обязаны сообщить о них бригадиру или ответственному руководителю работ.

3. Требования охраны труда во время работы

3.1 Электромонтер обязан выполнять работы при соблюдении следующих требований:

- произвести необходимые отключения и принять меры, препятствующие подаче напряжения к месту работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;
- наложить заземление на токоведущие части;
- оградить рабочее место инвентарными ограждениями и вывесить предупреждающие плакаты;
- отключить при помощи коммутационных аппаратов или путем снятия предохранителей токоведущие части, на которых производится работа, или те, к которым прикасаются при выполнении работы, или оградить их во время работы изолирующими накладками (временными ограждениями);
- принять дополнительные меры, препятствующие ошибочной подаче напряжения к месту работы, при выполнении работы без применения переносных заземлений;
- на пусковых устройствах, а также на основаниях предохранителей вывесить плакаты «Не включать — работают люди!»;
- на временных ограждениях вывесить плакаты или нанести предупредительные надписи: «Стоять — опасно для жизни!»;
- отсутствия напряжения производить в диэлектрических перчатках;
- зажимы переносного заземления накладывать на заземляемые токоведущие части при помощи изолированной штанги с применением диэлектрических перчаток;
- при производстве работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением, пользоваться только сухими и чистыми изолирующими средствами, а также держать изолирующие средства за ручки-захваты не дальше ограничительного кольца.

3.2 Смену плавких вставок предохранителей при наличии рубильника

следует производить при снятом напряжении. При невозможности снятия напряжения (на групповых щитках, сборках) смену плавких вставок предохранителей допускается производить под напряжением, но при отключенной нагрузке.

3.3 Смену плавких вставок предохранителей под напряжением электромонтер должен производить в защитных очках, диэлектрических перчатках, при помощи изолирующих клещей.

3.4 Перед пуском оборудования, временно отключенного по заявке неэлектротехнического персонала, следует осмотреть его, убедиться в готовности к приему напряжения и предупредить работающих на нем о предстоящем включении.

3.5 Присоединение и отсоединение переносных приборов, требующих разрыва электрических цепей, находящихся под напряжением, необходимо производить при полном снятии напряжения.

3.6 При выполнении работ на деревянных опорах воздушных линий электропередачи электромонтеру следует использовать когти и предохранительный пояс.

3.7 При выполнении работ во взрывоопасных помещениях электромонтеру не разрешается:

- ремонтировать электрооборудование и сети, находящиеся под напряжением;
- эксплуатировать электрооборудование при неисправном защитном заземлении;
- включать автоматически отключающуюся электроустановку без выяснения и устранения причин ее отключения;
- оставлять открытыми двери помещений и тамбуров, отделяющих взрывоопасные помещения от других;
- заменять перегоревшие электрические лампочки во взрывозащищенных светильниках лампами других типов или большей мощности;
- включать электроустановки без наличия аппаратов, отключающих электрическую цепь при ненормальных режимах работы;
- заменять защиту (тепловые элементы, предохранители, расцепители) электрооборудования защитой другого вида с другими номинальными параметрами, на которые данное оборудование не рассчитано.

3.8 При работе в электроустановках необходимо применять исправные электрозащитные средства: как основные (изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки), так и дополнительные (диэлектрические галоши, коврики, переносные заземляющие устройства, изолирующие подставки, оградительные подставки, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности).

3.9 Работы в условиях повышенной опасности следует осуществлять вдвоем в следующих случаях:

- с полным или частичным снятием напряжения, выполняемого с

наложением заземлений (отсоединение и присоединение линий к отдельным электродвигателям, переключения на силовых трансформаторах, работы внутри распределительных устройств);

- без снятия напряжения, не требующего установки заземлений (электрические испытания, измерения, смена плавких вставок предохранителей и т.п.);

- с приставных лестниц и подмостей, а также там, где эти операции по местным условиям затруднены;

- на воздушных линиях электропередачи.

3.10 Измерение сопротивления изоляции мегаомметром следует осуществлять только на полностью обесточенной электроустановке. Перед измерением следует убедиться в отсутствии напряжения на испытываемом оборудовании.

3.11 При работах вблизи действующих крановых или тельферных троллей электромонтеры обязаны выполнять следующие требования:

- выключить троллей и принять меры, устраняющие их случайное или ошибочное включение;
- заземлить и закоротить троллей между собой;
- оградить изолирующими материалами (резиновыми ковриками, деревянными щитами) места возможного касания троллей в случае невозможности снятия напряжения. На ограждение повесить плакат «Опасно для жизни - напряжение 380 В».

3.12 При обслуживании осветительных сетей электромонтеры обязаны выполнять следующие требования:

- замену предохранителей и перегоревших ламп новыми, ремонт осветительной арматуры и электропроводки осуществлять при снятом напряжении в сети и в светлое время суток;
- чистку арматуры и замену ламп, укрепленных на опорах, осуществлять после снятия напряжения и вдвоем с другим электромонтером;
- установку и проверку электросчетчиков, включенных через измерительные трансформаторы, проводить вдвоем с электромонтером, имеющим квалификационную группу по технике безопасности не ниже IV;
- при обслуживании светильников с автовышек или других перемещаемых средств подмащивания применять пояса предохранительные и диэлектрические перчатки [17].

3.1.4 Контроль за качеством выполняемых работ, правил по технике безопасности

Контроль качества электромонтажных работ производится с целью выяснения и обеспечения соответствия выполняемых работ и применяемых материалов, изделий, конструкций и аппаратов требованиям нормативных документов.

1.1.2. Эти цели достигаются за счет:

- своевременного выявления, устранения и предупреждения дефектов,

брака и нарушений технологии электромонтажных работ, а также причин их возникновения;

- определения соответствия показателей качества электротехнических материалов и выполняемых ЭМР установленным требованиям;

- повышения качества ЭМР, укрепления производственной и технической дисциплины, усиления ответственности работников за обеспечение качества ЭМР.

1.1.3. Контроль качества электротехнических материалов, изделий и выполняемых работ осуществляется путем сплошной или выборочной проверки, вскрытия, в необходимых случаях, ранее выполненных скрытых работ, а также проведения испытаний смонтированных участков электрических сетей и электрооборудования в целях сопоставления с требованиями проекта и нормативных документов.

1.1.4. Контроль качества ЭМР осуществляется:

- представителями органов государственного контроля и надзора;
- представителями вышестоящих организаций заказчика, генподрядчика и субподрядчика, инспектирующими строящийся объект;
- представителями проектных организаций (авторский надзор);
- комплексными комиссиями в составе представителей заказчика, генподрядчика и субподрядчика;
- представителями заказчика (технический надзор за производством ЭМР).
- персоналом субподрядной (электромонтажной) организации (ИТР, непосредственно руководящими производством работ бригадами и звеньевыми, испытательными лабораториями, а также комиссиями внутреннего контроля, назначенными руководителем подрядной организации).

1.1.5. Контроль качества ЭМР производится:

- персоналом субподрядных организаций - ежедневно;
- представителями заказчика - периодически;
- представителями проектных организаций - в сроки, оговоренные договором на авторский надзор;
- органами государственного надзора - периодически по завершению технологических этапов работ.

1.1.6. На объекте, где производятся ЭМР, надлежит:

- вести общий журнал работ, специальные журналы по отдельным видам работ, перечень которых устанавливается заказчиком по согласованию с генподрядчиком и субподрядной организацией, журнал авторского надзора (при наличии такого надзора);
- составлять акты освидетельствования скрытых работ, протоколы испытаний и опробование систем, сетей и устройств;
- оформлять другую производственную документацию, предусмотренную СНиП и другими нормативными документами.

1.1.7. При контроле и приемке работ проверяются:

- соответствие примененных материалов и изделий требованиям

проекта, ГОСТ, СНиП, ПУЭ, ТУ;

- соответствие состава и объема выполненных ЭМР проекту;
- степень соответствия контролируемых параметров и свойств электротехнических материалов и изделий требованиям проекта;
- своевременность и правильность оформления производственной документации;
- устранение недостатков, отмеченных в журналах работ в ходе контроля и надзора за выполнением СМР.

1.1.8. При выполнении ответственных работ, скрываемых последующими операциями, объем и качество которых не могут быть в дальнейшем проверены визуально, составляют акты освидетельствования скрытых работ (например, на прокладку кабеля в траншее, монтаж электродов заземления). Качество выполнения таких работ удостоверяется представителями монтажной организации и технического надзора заказчика.

1.1.9. Перед включением электроустановок под напряжение и сдачей в эксплуатацию производят проверку правильности выполненных ЭМР и проверку сохранности и готовности электрооборудования к нормальной работе.

1.1.10. Электромонтажные организации при сдаче в эксплуатацию законченных монтажом электроустановок оформляют приемо-сдаточную документацию в соответствии с требованиями «Инструкции по оформлению приемо-сдаточной документации по электромонтажным работам» и передают ее генподрядчику для предъявления рабочей комиссии.

1.1.11. Пусконаладочные организации, выполняющие комплекс работ, включающий проверку, настройку и испытания электрооборудования с целью обеспечения электрических параметров и режимов, заданных проектом, оформляют и передают приемо-сдаточную документацию в соответствии с требованиями ПУЭ гл. 1-8 и РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» и эксплуатационную документацию предприятий-изготовителей электрооборудования.

Техника безопасности.

Основными причинами травматизма является нарушение правил техники безопасности, недостаточный инструктаж, отсутствие технического надзора при производстве работ, нарушения производственной и трудовой дисциплины.

Четкое знание и строгое соблюдение правил техники безопасности — основная гарантия избежания травматизма. Ни квалификация, ни большой стаж работы не являются гарантией от несчастных случаев. Анализ показывает, что 65% несчастных случаев падают на электромонтажников старших разрядов. Предупреждение и снижение травматизма во многом зависят от хорошо организованной профилактической работы.

Организация работ по технике безопасности, обучение безопасным методам монтажа являются основными обязанностями монтажного персонала. Правильно организованная пропаганда техники безопасности не

только предупреждает травматизм, но и способствует повышению производительности труда и квалификации электромонтажников.

В электромонтажных организациях применяются различные формы и методы пропаганды техники безопасности: инструктаж, курсы и семинары по обучению правилам техники безопасности, уголки и кабинеты, плакаты, фильмы и др.

Согласно действующим правилам по технике безопасности запрещено допускать рабочих к каким бы то ни было работам без предварительного инструктажа по технике безопасности.

Различают два вида инструктажа: вводный — для всех вновь принимаемых рабочих и производственный — непосредственно на рабочем месте.

Задачей вводного инструктажа является ознакомление вновь поступивших рабочих с общими правилами техники безопасности при выполнении электромонтажных работ. Вводный инструктаж проходят все вновь поступившие рабочие до начала работы. Вводный инструктаж проводится с отдельными рабочими или с группой рабочих в виде популярной беседы с демонстрацией иллюстрированных наглядных пособий (плакаты, модели, образцы инструментов и защитных средств). Рекомендуется также разбор наиболее характерных несчастных случаев, имевших место в монтажном управлении.

Производственный инструктаж проводит производитель работ или мастер непосредственно на рабочем месте. Цель этого инструктажа — разъяснение существующих правил безопасности при выполнении конкретной поручаемой работы, ознакомление с безопасными приемами работ, безопасной организацией рабочего места и мерами предупреждения несчастных случаев. Производственный инструктаж обязателен для рабочих, вновь приступающих к работе, переведенных с одной работы на другую, при работах с повышенной опасностью (на высоте, перемещение тяжестей, действующие цеха и т. д.), а также для рабочих по истечении 3 мес. их работы на одном и том же объекте.

Инструктаж не ограничивают определенным временем, заканчивают его после усвоения рабочим необходимых правил.

Каждый производитель работ или мастер ведет журнал регистрации производственного инструктажа по определенной форме. Записи в журнале должны характеризовать содержание инструктажа [18].

3.1.5 Разработка мероприятий по повышению надежности, качества работы закрепленных технических средств

На основе проведенного анализа за год разрабатываются планы мероприятий по повышению надежности технических средств, снижению технологических нарушений.

План состоит из отдельных разделов мероприятий:
по повышению надежности технических средств;

по снижению влияния отказов в работе технических средств на перевозочный процесс;

по снижению количества технологических нарушений.

Мероприятия по каждому разделу разрабатываются отдельно организационного, технического и технологического характера. В целях предотвращения дублирования мероприятий, выполнение которых направлено на улучшение сразу по нескольким разделам, допускается их выделение в отдельный, первый раздел (общие меры).

Мероприятия организационного характера включают в себя в обязательном порядке:

вопросы повышения качества и своевременности расследования случаев отказов и технологических нарушений;

вопросы повышения качества анализа отказов в работе технических средств и технологических нарушений;

назначение в подразделениях, находящихся в зоне риска, проверки, технического или технологического аудита, направление рабочей группы для оказания практической помощи в выявлении, разработку корректирующих мер и устранение факторов, влияющих на возникновение технологических нарушений и низкий уровень надежности технических средств;

закрепление за подразделением (работником) находящимся в зоне риска ответственного руководителя;

повышение уровня квалификации работников в т.ч. за счет проведения школ передового опыта, курсов повышения квалификации, набора вновь квалифицированных работников;

повышение уровня знаний работников, в том числе за счет включения в программу проведения технической учебы отдельных вопросов, практических занятий, организация системы самоподготовки работника, проведение их аттестации и т.д.;

совершенствование форм организации труда работников, методов и способов мотивации работников;

меры по совершенствованию организации устранения отказов (изменение состава, места дислокации аварийной бригады, укомплектованию вновь и изменению перечня неснижаемого запаса материалов и механизмов для снижения времени ликвидации последствий отказов и нарушений);

проведение учений и практических занятий по отработке вопросов оперативного устранения отказов и нарушений;

Мероприятия технического характера включают в себя вопросы:

внедрение вновь и совершенствование современных технических средств, новой техники, узлов, программного обеспечения, деталей и материалов, способствующих повышению надежности технических средств и снижению количества технологических нарушений;

реализацию мероприятий по реконструкции или модернизации технических средств;

внедрение новых средств диагностики, измерения, механизации и автоматизации труда направленные на выявление предотказных состояний

технических средств, выявление отказов на ранних стадиях, снижение времени выявления отказа технического средства и времени устранения отказа.

укомплектованию вновь и изменению перечня неснижаемого запаса материалов и механизмов для снижения времени ликвидации последствий отказов и нарушений.

Мероприятия технологического характера включают в себя вопросы:

внедрение вновь или изменение существующей технологии технического содержания объектов инфраструктуры и подвижного состава, устранение причин отказов и технологических нарушений;

разработки или внесения изменений в действующую техническую или технологическую документацию в т.ч. разработка норм содержания, обслуживания технического средства и подвижного состава (в том числе периодичности, квалификации работника, применения при обслуживании средств измерения, диагностики и т.д.);

разработки норм времени на устранение отказа, численного и квалификационного состава аварийных бригад, способа их оповещения, доставки к месту работ и т.д.

В обязательном порядке должны быть разработаны конкретные мероприятия, направленные на устранение негативных факторов, выявленных в ходе проведения анализа отказов технических средств и технологических нарушений:

В План также включаются работы, проводимые совместно с разработчиками систем, программного обеспечения, предприятиями изготовителями подвижного состава, устройств инфраструктуры, ремонтными организациями, научно-исследовательскими институтами, направленные на повышение надежности отдельных узлов и систем в целом.

В план не включаются мероприятия по проведению планово-предупредительных ремонтов и работ, предусмотренных в нормативных документах по текущему содержанию технического средства.

Работы по обеспечению надежности должны быть неотъемлемыми и обязательными составляющими работ по разработке, изготовлению, ремонту и эксплуатации изделий.

Для обеспечения надежности изделий на различных стадиях жизненного цикла, в том числе разработки, изготовления, эксплуатации, плановых ремонтов, должны быть предусмотрены и реализованы основные виды работ:

1) обоснование требований к надежности изделия в целом и распределение этих требований по его составным частям (СЧ);

2) расчет (прогнозирование) надежности изделия, его СЧ, комплектующих элементов (КЭ), исходя из принятых схемно-конструктивных решений, режимов и условий применения, стратегии технического обслуживания и ремонта;

3) экспериментальная отработка и испытания изделия и (или) его составных частей на надежность для условий и режимов, наиболее полно соответствующих условиям реальной эксплуатации;

4) анализ принятого технологического процесса и контроль важнейших технологических операций с точки зрения обеспечения изготовления изделия и его СЧ с заданными показателями надежности;

5) анализ принятых правил эксплуатации изделия, эксплуатационных и ремонтных документов, а также контроль правильности использования техники и выполнения операций технического обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации с точки зрения обеспечения заданной надежности изделия;

6) контроль фактического уровня надежности изделий при эксплуатации.

Для осуществления координации, планирования и контроля выполнения указанных работ по обеспечению надежности изделий разрабатывают программы обеспечения надежности (ПОН), содержащие все необходимые организационные, конструкторские, технические, технологические и эксплуатационные мероприятия.

Состав работ по обеспечению надежности на стадии серийного изготовления

На стадии серийного изготовления изделия выполняют основные работы по обеспечению его надежности:

1) анализ выбранной технологии серийного изготовления с точки зрения обеспечения заданных требований к надежности;

2) разработка методов пооперационного контроля и системы статистического регулирования технологического процесса на важнейших операциях;

3) входной контроль комплектующих элементов и материалов;

4) контроль технологических операций изготовления (в т.ч. технологических прогонов), влияющих на надежность изделия;

5) анализ надежности технологического оборудования и стабильности технологического процесса изготовления по параметрам качества изготавливаемых изделий;

6) проведение испытаний на надежность, анализ их результатов, причин отказов и повреждений, разработка мероприятий по их устранению;

7) сбор, обработка и анализ информации о дефектах изделий при изготовлении, его СЧ и технологического оборудования;

Примечание. При проведении плановых ремонтов на ремонтных предприятиях выполняют работы, перечисленные в разд. 3, с учетом опытно-конструкторской работы по ремонту.

Состав работ по обеспечению надежности на стадии эксплуатации

На стадии эксплуатации изделия выполняют основные работы по обеспечению его надежности:

1) контроль за соблюдением режимов, условий и правил эксплуатации (применения изделия по назначению, хранения, транспортирования, технического обслуживания и ремонта, особенно в начальный период эксплуатации);

2) анализ принятой системы технического обслуживания и ремонта

изделия и разработка предложений по их совершенствованию в целях обеспечения и повышения надежности;

3) сбор, анализ и обработка эксплуатационной информации о надежности изделия, анализ причин отказов, повреждений и переходов в предельное состояние, разработка и проведение мероприятий по их устранению;

4) обучение (при необходимости) обслуживающего операторского персонала передовым методам эксплуатации изделия; разработка программ и средств обучения [19].

Практическое задание №1

Тема: «Приказы, указания и распоряжения и другие нормативно-распорядительные документы, регламентирующие работу»

Цель работы: умение различать и определять нормативно-распорядительные документы.

Задание: Перечислить нормативно-распорядительные документы и их различия.

Практическое задание №2

Тема: «Контроль за качеством выполняемых работ»

Цель работы: определить виды и показать порядок выполнения контроля качества электромонтажных работ.

Порядок выполнения работы:

1. Показать виды контроля качества электромонтажных работ.
2. Перечислить порядок выполнения контроля качества электромонтажных работ.

Практическое задание №3

Тема: «Разработка мероприятий по повышению надежности технических средств»

Цель работы: Научится разрабатывать и определять элементы мероприятий по повышению надежности технических средств.

Задание для работы:

Определить типы мероприятий для повышения надежности технических средств.

Контрольные вопросы к разделу:

1. Правила внутреннего трудового распорядка.
2. Организация работы электромонтеров.
3. Контроль за качеством выполняемых работ, правил по технике безопасности, охране труда.
4. Разработка мероприятия по повышению надежности, качества работы закрепленных технических средств.
5. Требования охраны труда для электромонтеров.

6. Приказы, указания и распоряжения и другие нормативно-распорядительные документы, регламентирующие работу.

Краткие выводы:

После изучения данного раздела обучающиеся смогут: организовывать и руководить работой электромонтеров; обеспечивать контроль за качеством выполняемых ими работ, соблюдением технологии, правил по технике безопасности, охране труда, производственной санитарии и пожарной безопасности; разрабатывать мероприятия по повышению надежности, качества работы закрепленных технических средств, в освоении и модернизации действующих устройства.

Раздел 4. Комплексное техническое обслуживание и эксплуатация электромеханического оборудования

Цель и задачи:

В данном разделе обучающиеся будут: проводить технический осмотр, испытания, проверять, контролировать технические параметры; проводить диагностику и контроль технического состояния; выбирать необходимое оборудование в зависимости от технических требований; выбирать привод в зависимости от технических требований.

Предварительные требования:

Перед началом работы с данным разделом обучающиеся должны:

1. Приобрести навыки монтажа, эксплуатации и технического обслуживания электрического и электромеханического оборудования.
2. Овладеть навыками расчета электрических нагрузок.

Необходимые учебные материалы:

1. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения АПК: метод. указания / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 54 с.
2. Александровская А.Н., Гванцеладзе И.А. Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования. - Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М. : Издательский центр «Академия», 2016. — 336 с.

4.1 Техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования

4.1.1 Монтаж, эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования

Своевременное проведение технического обслуживания электрооборудования является необходимым условием для его надежной работы и продления срока службы. Именно регулярное проведение и правильная организация ТО помогают поддерживать электротехническое оборудование в работоспособном состоянии, выявлять и устранять неполадки, минимизировать потенциальные риски и предотвращать аварийные ситуации.

Организация технического обслуживания электрооборудования – это важная профилактическая мера, направленная на поддержание эксплуатируемых устройств в исправном состоянии и позволяющая снизить расходы на выполнение ремонтных работ. Различают 2 вида ТО:

- производственное – оно подразделяется на:

- эксплуатационное обслуживание – выполняемое обслуживаемым персоналом (осмотр, очистка техники до работ и по их завершению, управление и контроль функционирования);

- дежурное обслуживание – проводимое дежурными электромонтерами (переключения, отключения, ликвидация незначительных неполадок, выполнение требуемых регулировок).

- плановое – периодическая очистка, проверка, регулировка оборудования, нанесение смазки, замена пружин, щеток и других легкосъемных деталей. Выполняется по предварительно утвержденному графику, через четко установленные временные промежутки.

Перечень действий при техобслуживании электрооборудования.

Техобслуживанию подлежит электротехническое оборудование разных типов и назначения: кабельные линии, источники бесперебойного питания, трансформаторы, распределительные устройства, сети освещения, щиты управления и пр. Оперативное обслуживание электрооборудования включает в себя широкий спектр работ:

- осмотр оборудования (ежемесячно), при необходимости – частичная разборка;

- контроль соблюдения требований к эксплуатации и нагрузке;

- устранение загрязнений – периодичность зависит от эксплуатационных условий;

- очистка контактов;

- контроль прочности креплений, усиление затяга крепежных элементов – ежеквартально;

- замена неисправных креплений;

- ликвидация обнаруженных дефектов;

- контроль исправности заземления;

- измерения характеристик сети;

- замена ламп, стартеров, фильтров и прочих расходных элементов;

- проверка токовой нагрузки;

- обнаружение проблемных элементов и узлов с их последующим ремонтом или заменой;

- периодическое проведение измерений и испытаний;

- оформление технической документации;

- составление и реализация графиков планово-предупредительных ремонтов;

- аварийное восстановление электроснабжения.

Наладка электрооборудования.

Трудоемкость, сложность и временные затраты на наладку электрооборудования зависят от многих факторов и процессов. Правильность выполнения проекта, качество производимого оборудования, соответствие монтажа требованиям инструкций Заводов-изготовителей и Нормативных документов, качество монтажа, опыт и квалификация работников и специалистов. Все это в совокупности определяет сроки и сложность выполнения пусконаладочных работ электроустановок и

электрооборудования после монтажа. Сложные электрические устройства, в первую очередь, должны соответствовать выданной на них технической документации, быть исправными и правильно спроектированными, и смонтированными. В случае, если одно из этих правил не соблюдено, наладка электрооборудования не производится, и специалистами электролаборатории составляется акт, в котором указывают несоответствия в документации, факты неисправностей или несоответствия оборудования. При наладке требуется соблюдать также требования техники безопасности и требования, предъявляемые к квалификации специалистов, производящих работы. Как правило, при измерении сопротивления изоляции, например, требуются специалисты IV и III класса, работающие в бригаде, прошедшие недавнее переобучение и обязательный инструктаж. Также важно, чтобы до начала работ в электроустановке персонал электролаборатории или наладочной организации четко знал и соблюдал требования инструкций и руководств по эксплуатации на испытательное оборудование и средства измерений. Безопасность при работах с повышенным напряжением от постороннего источника включает в себя, помимо прочего, ограждение рабочего места и объекта испытаний ограждениями, ограждающими лентами и предупреждающими надписями.

В комплекс наладки электрооборудования и приведения его к эксплуатационной готовности относятся:

- проверка качества электромонтажных работ и соответствие их рабочим чертежам проекта;
- проверка установленной аппаратуры, ее настройка и регулировка; проверка состояния изоляции и заземляющих устройств;
- испытание электрооборудования и устройств управления в комплексе с другими системами в различных режимах работы, в том числе и под нагрузкой.

Процедура наладки сложна и вариативна: действия наладчика нельзя назвать строго определенными, поскольку количество и технические характеристики оборудования весьма различны. Однако существуют некоторые последовательности действий, которые упрощают работу - они называются методами наладки и эксплуатации электрооборудования [20].

4.1.2 Организация обслуживания и ремонт электрического и электромеханического оборудования

После завершения электромонтажных, пусконаладочных работ и приемо-сдаточных испытаний начинается использование электрооборудования по назначению в технологическом процессе предприятия, то есть эксплуатация этого оборудования. Под термином «эксплуатация» понимается стадия жизненного цикла оборудования, на которой реализуются, поддерживаются и восстанавливаются его технические характеристики, предусмотренные проектом и нормативными документами. Персонал, осуществляющий техническую эксплуатацию

электрооборудования, подразделяется: на административно-технический, организующий техническое обслуживание оборудования, оперативное управление оборудованием и ремонтные работы; оперативный, осуществляющий техническое обслуживание и оперативное управление (проведение осмотров, оперативных переключений, подготовку рабочего места, допуск к работе, надзор за работающими); ремонтный, выполняющий все виды работ по ремонту оборудования электроустановок. Эксплуатационный персонал должен иметь соответствующую выполняемой работе квалификационную подготовку и группу по электробезопасности. Организационные и технические положения по эксплуатации оборудования изложены в Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей, являющиеся обязательными для всех отраслей народного хозяйства. Применительно к конкретным условиям каждого предприятия разрабатываются и утверждаются руководителем электрохозяйства местные инструкции, базирующиеся на указанных Правилах. Для реализации и поддержания требуемых технических характеристик оборудования проводится его техническое обслуживание – комплекс работ, включающий в себя осмотры, межремонтное обслуживание, профилактические испытания и диагностирование состояния оборудования.

Осмотры оборудования выполняются с целью визуального контроля состояния этого оборудования. Различают плановые и внеочередные осмотры оборудования. Периодичность плановых осмотров регламентируется, а также с учетом конкретных условий работы оборудования – местными инструкциями. Внеочередные осмотры оборудования проводятся, например, при резких изменениях условий его работы, после стихийных бедствий, отключения оборудования релейной защитой. При межремонтном обслуживании электрооборудования выполняются технические мероприятия в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя, в частности чистка изоляции, смазка трущихся частей, а также устраняются выявленные при осмотрах мелкие неисправности и дефекты оборудования. В процессе эксплуатации происходит износ оборудования, сопровождающийся изменением его технических характеристик. Осмотры далеко не всегда позволяют выявить техническое состояние оборудования и возможность дальнейшего его использования по назначению. В частности, невозможно визуально оценить состояние изоляции кабеля, состояние масла трансформатора и его твердой изоляции. Более достоверная, чем при осмотрах, оценка технического состояния и возможности дальнейшего использования оборудования по назначению осуществляется профилактическими испытаниями (измерениями параметров) и диагностированием состояния оборудования. Объем и нормы профилактических испытаний регламентируются, а конкретные сроки этих испытаний определяются техническим руководителем предприятия (главным энергетиком) с учетом рекомендаций заводских инструкций и местных условий эксплуатации оборудования. Основными задачами диагностирования оборудования являются: определение вида технического

состояния; поиск места отказа или неисправностей; прогнозирование технического состояния. При определении вида технического состояния дается заключение об исправности (неисправности) и работоспособности (неработоспособности) оборудования. При прогнозировании технического состояния дается оценка остаточного ресурса и нижняя граница вероятности безотказной работы оборудования для заданного интервала времени. Общий порядок проведения диагностирования оборудования регламентируется. По результатам осмотров, профилактических испытаний и диагностирования оборудования оценивается необходимость и целесообразность его ремонта. Ремонт оборудования – это комплекс работ для поддержания работоспособности и требуемых технических характеристик оборудования путем замены или восстановления изношенных или отказавших элементов с последующей регулировкой, наладкой и испытаниями оборудования. По назначению различают восстановительный ремонт, реконструкцию и техническое перевооружение. Восстановительный ремонт осуществляется без изменения конструкции отдельных узлов и всего устройства в целом. Технические характеристики оборудования остаются неизменными. По объему работ восстановительные ремонты делятся на текущие и капитальные. При капитальном ремонте проводится полная разборка оборудования с заменой или восстановлением любых его частей. При таком ремонте достигается практически полное восстановление ресурса оборудования. К текущим ремонтам относятся ремонты, проводимые для обеспечения работоспособности оборудования и состоящие в замене или восстановлении его отдельных частей, например быстро изнашивающихся деталей. Эти ремонты проводятся в период между двумя капитальными ремонтами. При реконструкции производится изменение конструктивного исполнения отдельных узлов, замена отдельных материалов при практически неизменных технических характеристиках оборудования. При техническом перевооружении некоторые узлы и материалы заменяются более совершенными, технические характеристики оборудования улучшаются. Для оценки состояния оборудования после проведения ремонтных работ проводятся испытания, объем которых регламентируется. При эксплуатации оборудования происходит не только его физический, но и моральный износ, обусловленный появлением нового оборудования, характеризующегося более высокими технико-экономическими показателями. При экономической неэффективности восстановительного ремонта, особенно морально устаревшего оборудования, выполняется его утилизация – последняя стадия эксплуатации оборудования [20].

4.1.3 Виды технического обслуживания

Повышению надежности работы электрооборудования в процессе эксплуатации в значительной степени способствует правильная организация и своевременное проведение технического обслуживания (ТО) в полном объеме. **Основной задачей ТО** является поддержание электрооборудования

в работоспособном состоянии. Работы по ТО проводят на месте установки электрооборудования.

Техническое обслуживание электрооборудования подразделяют на **производственное** и **плановое**.

Производственное ТО включает в себя эксплуатационное обслуживание, которое проводится персоналом, обслуживающим электрифицированные рабочие машины и механизмы (очистка и осмотр до начала и после окончания работы, управление, контроль за работой), и дежурное обслуживание, выполняемое дежурными электромонтерами (производство отключений и переключений, устранение мелких неисправностей, проведение необходимых регулировок).

При плановом ТО электрооборудование очищают, проверяют, регулируют, смазывают и при необходимости заменяют недолговечные, легкоъемные детали (щетками, пружины и др.).

Проведение ТО позволяет своевременно обнаруживать и устранять неисправности, возникающие в процессе эксплуатации электрооборудования, или причины, которые могут вызвать неисправности. Таким образом, в своей основе техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, направленным на обеспечение работоспособности электрооборудования и предупреждение возникновения и развития неисправностей. При обнаружении во время проведения ТО неисправностей, устранение которых требует разборки электрооборудования или применения специального оборудования, решается вопрос о необходимости проведения ремонта (текущего или капитального).

Плановое ТО, независимо от формы эксплуатации, проводится согласно заранее составленному графику, через строго установленные периоды работы электрооборудования. Наибольшая эффективность планового ТО достигается в том случае, когда периодичность и состав работ, выполняемых при каждом таком обслуживании, в наибольшей степени соответствуют конструктивным особенностям электрооборудования, его техническому состоянию, режимам работы и другим условиям эксплуатации.

Стоимость технического обслуживания включена в себестоимость оборудования, исходя из этого, существует несколько видов ТО, в зависимости от приобретенного оснащения.

1. По твердому ресурсу. Такое оборудование имеет определенный предел работы, после чего его заменяют новым. Техническое обслуживание и ремонт этого вида оборудования назначается до начала эксплуатации. Такой метод имеет серьезные недостатки: большинство механизмов не вырабатывают свой ресурс; трудоемкий ремонт; после ремонта снижается надежность работы.

2. По техническому состоянию. В этом случае проводится плановое техническое обслуживание оборудования. Контроль за текущей работой возлагается на системы защиты механизмов. Основывается этот метод на диагностике, соответственно применим только для тех узлов, состояние которых можно контролировать.

3. По уровню надежности. В этом случае проводится техническое обслуживание с заменой механизмов электропривода. Уровни надежности механизмов устанавливаются в зависимости от эксплуатации [21].

4.1.4 Технический осмотр, испытания, проверка и контроль технических параметров

Частным случаем регламентированного ТО являются плановые контрольные технические осмотры оборудования, проводимые инженерно-техническим персоналом механической службы с целью: проверки полноты и качества выполнения эксплуатационным персоналом операций по ТО оборудования; выявления неисправностей, которые могут привести к поломке или аварийному выходу оборудования из строя; установления технического состояния наиболее ответственных деталей и узлов машин и уточнения объема и вида предстоящего ремонта.

Проверки (испытания) как самостоятельные операции планируются лишь для особо ответственного технологического оборудования.

Их цель – контроль эксплуатационной надежности и безопасности оборудования в период между двумя очередными плановыми ремонтами, своевременное обнаружение и предупреждение возникновения аварийной ситуации, например, испытания технической прочности и измерения сопротивлений электрической изоляции, испытания на плотность и прочность сосудов и трубопроводов.

Периодичность и состав проверок диктуются соответствующими правилами и инструкциями. Кроме того, в ряде случаев предусматриваются проверки для контроля точностных параметров, регламентируемых технологическими требованиями (проверки выходных параметров преобразователей для некоторых видов производств, проверки степени неуравновешенности роторов электродвигателей для прецизионного оборудования).

В этом случае они носят название проверок на точность.

В состав проверок могут включаться небольшие объемы регулировочных и наладочных работ. Для большей части оборудования и сетей проверки не планируются в качестве самостоятельных операций, а входят в состав плановых ремонтов. Объем проверок, как правило, должен включать в себя производство всех операций осмотра.

Методическое руководство ТО, контроль технического состояния оборудования и сетей энергохозяйства осуществляет ОГЭ. Перечни операций ТО, графики плановых технических осмотров, проверок, испытаний энергооборудования и т. п. разрабатываются ОГЭ. Рекомендуется следующая форма организации ТО энергетического оборудования и сетей:

Все виды работ по ТО основного и вспомогательного оборудования общезаводского энергетического хозяйства и общезаводских сетей, кроме технических испытаний, выполняются оперативным и оперативно-ремонтным персоналом ОГЭ; Все виды ТО (кроме испытаний)

энергооборудования технологических цехов выполняются производственным и дежурным ремонтным персоналом этих цехов; технические испытания энергооборудования, кроме вентиляционных установок и котлов, выполняются центральной заводской лабораторией по испытаниям энергоустановок, подчиненной ОГЭ, или специализированными организациями по договору; технические испытания вентиляционных установок выполняются вентиляционным бюро ОГМ (ОГЭ) или специализированными подрядными организациями по договору; технические испытания котлов необходимо проводить с привлечением специализированных пусконаладочных подрядных организаций.

Контроль и регулирование основных технических параметров: расхода, уровня, давления и температуры.

Совокупность единичных операций образует конкретные технологические процессы. В общем случае технологический процесс реализуется посредством технологических операций, которые выполняются параллельно, последовательно или комбинированно, когда начало последующей операции сдвинуто по отношению к началу предыдущей.

Управление технологическим процессом представляет собой организационно-техническую задачу, и решают ее сегодня, создавая автоматические или автоматизированные системы управления технологическим процессом.

Целью управления технологическим процессом может быть: стабилизация некоторой физической величины, изменение ее по заданной программе или, в более сложных случаях, оптимизация некоторого обобщающего критерия, наибольшая производительность процесса, наименьшая себестоимость продукта и т. д.

К числу типовых технологических параметров, подлежащих контролю и регулированию, относят расход, уровень, давление, температуру и ряд показателей качества.

Регулирование расхода.

Системы регулирования расхода характеризуются малой инерционностью и частой пульсацией параметра.

Обычно управление расходом — это дросселирование потока вещества с помощью клапана или шиберов, изменение напора в трубопроводе за счет изменения частоты вращения привода насоса или степени байпасирования (отведения части потока через дополнительные каналы).

В практике автоматизации технологических процессов встречаются случаи, когда требуется стабилизация соотношения расходов двух или более сред.

Выбор закона регулирования зависит от требуемого качества стабилизации параметра.

Регулирование уровня.

Системы регулирования уровня имеют те же особенности, что и системы регулирования расхода. В общем случае поведение уровня описывается дифференциальным уравнением(4.1)

$$D(dl/dt) = G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}} + G_{\text{обр}} \quad (4.1),$$

где S — площадь горизонтального сечения емкости;

L — уровень;

$G_{\text{вх}}, G_{\text{вых}}$ — расход среды на входе и выходе;

$G_{\text{обр}}$ — количество среды, увеличивающейся или уменьшающейся в емкости (может быть равно 0) в единицу времени t .

Регулирование давления.

Постоянство давления, как и постоянство уровня, свидетельствует о материальном балансе объекта. В общем случае изменение давления описывается уравнением (4.2):

$$V(dp/dt) = G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}} + G_{\text{обр}} \quad (4.2),$$

где V — объем аппарата, p — давление.

Способы регулирования давления аналогичны способам регулирования уровня.

Регулирование температуры.

Температура — показатель термодинамического состояния системы. Динамические характеристики системы регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Особенность такой системы — значительная инерционность объекта и нередко измерительного преобразователя.

Принципы реализации регуляторов температуры аналогичны принципам реализации регуляторов уровня с учетом управления расходом энергии в объекте. Выбор закона регулирования зависит от инерционности объекта: чем она больше, тем закон регулирования сложнее. Постоянная времени измерительного преобразователя может быть снижена за счет увеличения скорости движения теплоносителя, уменьшения толщины стенок защитного чехла (гильзы) и т. д. [22].

4.1.5 Показатели технического уровня эксплуатации электрического и электромеханического оборудования

Под технической эксплуатацией электрооборудования понимают процесс его использования по назначению и поддержания в технически исправном состоянии. Четкая организация этого процесса, планирование и управление решаются на основе теории эксплуатации, широко применяющей современные методы моделирования, использования операций и др.

Техническая эксплуатация электрооборудования включает выполнение следующих мероприятий: подготовку, включение и выключение электрооборудования, обнаружение неисправностей и прогнозирование технического состояния; профилактические работы; настройку и регулирование отдельных узлов, связей и электрооборудования в целом;

обеспечение сохранности отдельных блоков и электрооборудования в целом; обеспечение комплектом запасных частей (ЗИП); техническую подготовку обслуживающего персонала; правильное ведение технической документации.

Эффективная организация системы технической эксплуатации электрооборудования возможна при условии, если еще в период проектирования были учтены особенности построения, использования и эксплуатации электрооборудования, разработаны технические средства его обслуживания, методы обработки информации и контроля состояния. Важной частью технической эксплуатации электрооборудования является техническое обслуживание. Плохо организованное техническое обслуживание может привести к простоему электрооборудования или аварии при неправильных действиях обслуживающего персонала.

Для оценки эффективности технического обслуживания систем электрооборудования следует применять следующие показатели: трудоемкость одноразового технического обслуживания или за определенный период эксплуатации; стоимость технического обслуживания; надежность электрооборудования, определяемую одним или несколькими показателями надежности; среднее время простоя и потери в процессе технического обслуживания; вероятность выполнения технического обслуживания в заданное время.

Обслуживающий персонал выполняет следующий объем работ по эксплуатации электрооборудования: наблюдение за состоянием и работой электрооборудования, а также за механической частью электроприводов с проведением профилактических мероприятий (смазывание, чистка, подтяжка креплений); периодическую ревизию основного и резервного электрооборудования с текущим ремонтом, проводимую по графику; капитальный ремонт электрооборудования при его износе и замену его при проведении модернизации; исследование характеристик 338 оборудования для проведения модернизационных мероприятий; наладку нового оборудования или оборудования, подвергнутого ревизии или ремонту.

В процессе эксплуатации электрооборудования электротехнический персонал ведет журналы: дефектов, сбоев и неисправностей, где регистрируют неполадки в работе любого элемента оборудования; оперативных переключений на подстанции; технического осмотра и ремонта электрического оборудования; проведения работ в электроустановках низкого напряжения (до 1000 В).

В своей деятельности по обеспечению надежной и производительной работы электрооборудования электротехнический персонал использует техническую документацию, в том числе: комплект электротехнических схем (принципиальных и соединений) по электроснабжению, электроприводу, освещению и сигнализации; паспорта и технические описания электрооборудования с паспортом и актами испытаний к ним, должностные и производственные инструкции по обслуживанию, ремонту и наладке электрических аппаратов, машин и средств автоматизации; руководящие и нормативные материалы.

Все инструкции подлежат пересмотру не реже одного раза в 5 лет, а существенные изменения и дополнения вносят немедленно и доводят до сведения ответственных должностных лиц. Весь комплект проектных электрических схем, описаний, инструкций должен храниться в техническом архиве.

Широкое применение сложной электронной и микроэлектронной техники предъявляет повышенные требования к практике технической эксплуатации электрооборудования. В связи с этим получают распространение новые принципы технического обслуживания и ремонта электроустановок. Рассмотрим некоторые из них.

Эксплуатация по твердому ресурсу. Электрооборудование, эксплуатируемое по этому принципу, имеет установленный по наработке предел, после которого его заменяют новым. Межремонтный ресурс назначается до начала эксплуатации и корректируется через определенное время. Периодичность ремонта определяется исходя из надежности слабых элементов. Этот метод технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) имеет серьезные недостатки: недоиспользуются индивидуальные ресурсы по большинству элементов и узлов; трудоемкость ТО и Р увеличивается; снижается надежность работы электрооборудования в послеремонтный период. Указанный метод может быть применен для особо ответственных механизмов по отдельным узлам и блокам, в том числе неремонтопригодным.

Эксплуатация по техническому состоянию. В этом случае ресурс для элементов электрооборудования не устанавливается, но проводится периодический или непрерывный контроль и измерение параметров, которые характеризуют техническое состояние электропривода электрооборудования, блока или узла. По результатам контроля принимают решение о дальнейшей эксплуатации объекта, которое основывается на определении и прогнозировании технического состояния объекта и на данных о затратах на ТО и Р, включая потери на простои.

Основой метода является диагностика как средство достоверной информации о техническом состоянии электропривода. Следовательно, его можно применять для тех элементов электрооборудования, техническое состояние которых контролируется. Метод ТО и Р по состоянию имеет отрицательные моменты, связанные с непостоянством объема работ при обслуживании из-за вероятностного характера требований на ремонт.

Эксплуатация по уровню надежности. В этом случае эксплуатацию электрооборудования осуществляют до безопасного отказа. При этом должны быть установлены допустимые уровни надежности элементов электропривода, обеспечивающие его исправную работу и приемлемые показатели экономичности эксплуатации. Допустимые уровни надежности могут быть назначены из опыта эксплуатации электрооборудования. В практике эксплуатации систем электрооборудования необходимо рационально использовать все три принципа ТО и Р или два последних,

которые иногда объединяют под общим названием «обслуживание по техническому состоянию» [23].

4.1.6. Проведения диагностики и контроль технического состояния

Техническое диагностирование - это процесс анализа, заключения и выводов о техническом состоянии оборудования, при котором определяется степень исправности техустройства, за счет сравнительного анализа полученных данных с параметрами, установленными в технической документации. Согласно ГОСТ 20911-89 техническое диагностирование – это определение технического состояния объектов.

Техническая диагностика - область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Задачами технического диагностирования являются:

- контроль технического состояния;
- поиск места и определение причин отказа (неисправности, дефекта);
- прогнозирование технического состояния.

Контроль технического состояния проводится с целью проверки соответствия значений параметров объекта диагностирования требованиям технической документации, и определение на этой основе одного из видов технического состояния в данный момент времени. Видами технического состояния объекта диагностирования являются: исправное, работоспособное, неисправное, неработоспособное.

Исправное состояние: состояние объекта диагностирования, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние: состояние объекта диагностирования, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Прогнозирование технического состояния – это определение технического состояния объекта диагностирования с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени. Целью прогнозирования технического состояния является определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта диагностики.

Когда проводится техническое диагностирование?

Техническое диагностирование с применением методов неразрушающего и разрушающего контроля проводится:

- в процессе эксплуатации в пределах срока службы, в случаях, установленных руководством по эксплуатации;
- при проведении технического освидетельствования для уточнения характера и размеров выявленных дефектов;
- по истечении расчетного срока службы оборудования под давлением или после исчерпания расчетного ресурса безопасной работы в рамках

экспертизы промышленной безопасности в целях определения возможности, параметров и условий дальнейшей эксплуатации этого оборудования.

Как проводится техническое диагностирование?

Техническое диагностирование технических устройств включает следующие мероприятия:

- визуальный и измерительный контроль;
- оперативное (функциональное) диагностирование для получения информации о состоянии, фактических параметрах работы, фактического нагружения технического устройства в реальных условиях эксплуатации;
- определение действующих повреждающих факторов, механизмов повреждения и восприимчивости материала технического устройства к механизмам повреждения;
- оценку качества соединений элементов технического устройства (при наличии);
- выбор методов неразрушающего или разрушающего контроля, наиболее эффективно выявляющих дефекты, образующиеся в результате воздействия установленных механизмов повреждения (при наличии);
- неразрушающий контроль или разрушающий контроль металла и сварных соединений технического устройства (при наличии);
- оценку выявленных дефектов на основании результатов визуального и измерительного контроля, методов неразрушающего или разрушающего контроля;
- исследование материалов технического устройства;
- расчетные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния технического устройства, включающие анализ режимов работы и исследование напряженно-деформированного состояния;
- оценку остаточного ресурса (срока службы);

По результатам работ по техническому диагностированию составляется технический отчет с приложением протоколов неразрушающего контроля.

Методы и средства технического диагностирования.

Техническая диагностика представляет собой систему методов, применяемых для установления и распознавания признаков, характеризующих техническое состояние оборудования. Все методы технического диагностирования разделяются на субъективные (органолептические) и объективные (приборные).

Несмотря на развитие аппаратных средств измерений и контроля, большая роль в определении неисправностей и нахождении повреждений механического оборудования приходится на субъективные методы, предполагающие использование человеческих органов чувств. Комплекс таких органолептических методов контроля получил название осмотр. Осмотр, включает в себя элементы визуального, измерительного контроля, восприятия шумов и вибраций, оценку степени нагрева корпусных деталей, методы осязания, используемые для определения фактического состояния оборудования и его составных частей, процессов их функционирования и взаимодействия, влияния окружающей среды и условий эксплуатации [23].

4.2 Компонентное и планировочное решение системы электроснабжения цеха

4.2.1 Назначения и структура энергетических систем

Электроснабжение промышленных, коммунально-бытовых и других потребителей производится от электрических станций (ЭС), вырабатывающих электроэнергию. Электрические станции могут находиться, как вблизи электропотребителей (ЭП), так и удалены на значительные расстояния. В обоих случаях передача и распределение электрической энергии осуществляется по проводам линий электропередачи. С помощью современных автоматических средств управления постоянно поддерживается равновесие между объемами вырабатываемой и потребляемой электрической энергии. Тепловые электростанции выгодно располагать вблизи залежей топлива. Гидроэлектростанции также редко располагаются у крупных центров нагрузки. Крупные электрические станции связываются с центрами нагрузок линиями электропередачи (ЛЭП). Передачу электроэнергии на большие расстояния осуществляют на повышенном напряжении. Для этого между электрической станцией и потребителями сооружаются повышающие и понижающие (преобразовательные) подстанции (ПС). Исключение могут представлять отдельные промышленные электрические станции небольшой мощности или теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). ТЭЦ могут быть и крупными, но располагаются они вблизи потребителей, т.к. передача пара и горячей воды обычно осуществляется на относительно небольшие расстояния. Совокупность электростанций, линий электропередач, подстанций и тепловых сетей, связанных в одно целое общностью режима и непрерывностью процесса производства и распределения электрической и тепловой энергии, называется энергетической системой (энергосистемой) (рис.4.1). Электроэнергетический режим энергосистемы – единый процесс производства, преобразования, передачи и потребления электрической энергии в энергосистеме и состояние объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии (включая схемы электрических соединений объектов электроэнергетики).



Рис. 4.1 – Структура энергетической системы

Часть энергетической системы, состоящая из генераторов, распределительных устройств, повышающих и понижающих подстанций, линий энергетической сети и приемников электроэнергии, называется электроэнергетической системой (рис.4.2). Электрическими сетями называются части электроэнергетической системы, состоящие из подстанций и линий электропередачи постоянного и переменного тока различных напряжений. Электрическая сеть служит для передачи и распределения электрической энергии от места ее производства к местам потребления.



Рис. 4.2 – Структура электроэнергетической системы

Важными характерными свойствами электроэнергетических систем (ЭЭС) являются: одновременность процессов производства, распределения и потребления электрической энергии (выработка электрической энергии жестко определяется ее потреблением и наоборот). Преобразование и передача энергии происходит с потерями энергии во всех элементах ЭЭС. Необходимо своевременно развивать ЭЭС, ее рост должен опережать рост потребления энергии. Отдельные энергетические системы связываются между собой электрическими сетями в объединенную энергетическую систему. Объединенная энергетическая система (ОЭС) — совокупность нескольких энергетических систем, объединенных общим режимом работы, имеющая общее диспетчерское управление как высшую ступень управления по отношению к диспетчерским управлениям входящих в нее энергосистем [24].

4.2.2 Методы определения электрических нагрузок потребителей

Основой рационального решения комплекса вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией электрических сетей всех классов напряжений, является количественная информация об электрических нагрузках. Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования системы электроснабжения.

По величине электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования.

Знание способов расчета электрических нагрузок совершенно необходимо как при проектировании системы электроснабжения, так и при

эксплуатации действующих электрических сетей, так как часто появляются новые потребители, желающие получить разрешение на подключение к действующим электрическим сетям. Методы расчета электрических нагрузок для промышленных и сельских сетей имеют свои особенности, которые также необходимо знать инженеру – электрику.

Электрической нагрузкой называется мощность, потребляемая электроустановкой в установленный момент времени. При применении переменного тока полная мощность складывается из активных и реактивных составляющих, поэтому различают полную, активную и реактивную нагрузки. Часто понятие нагрузки распространяется также на электрический ток (токовая нагрузка), а иногда и на электрическое сопротивление (например, в виде сопротивления задается допустимая нагрузка вторичных цепей трансформаторов тока).

В настоящее время существует ряд методов определения электрических нагрузок. К таковым можно отнести методы:

- установленной мощности и коэффициента спроса (иногда этот метод называют методом коэффициента спроса);
- упорядоченных диаграмм или показателей графиков нагрузок;
- удельного расхода электроэнергии на единицу продукции;
- удельной нагрузки на единицу площади и ряд других.

Способ установленной мощности и коэффициента спроса является одним из наиболее простых и распространенных. Расчетная активная мощность P_p однородных по режиму работы приемников определяется при этом по формуле(4.3)

$$P_p = K_C P_Y \quad (4.3)$$

где P_Y — суммарная установленная мощность группы приемников.

Установленная мощность складывается из номинальных мощностей приемников, приведенных, как нами было показано в начале главы, например, в случае повторно-кратковременного режима к ПВ=100%.

Коэффициент спроса является статистической характеристикой объекта и определяется по справочным таблицам.

По расчетной активной мощности легко рассчитать соответствующие реактивную и полную мощности (4.4):

$$\begin{aligned} Q_n &= P_n \operatorname{tg} \varphi \\ S_p &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \\ &\text{или} \\ S_p &= P_n / \cos \varphi \quad (4.4), \end{aligned}$$

где $\cos \varphi$ — средневзвешенный коэффициент мощности данной группы приемников (определяется по справочнику).

Если имеется несколько (n) различных групп приемников, то полная

мощность определяется по выражению (4.5)

$$S_P = K_{p.\max} \sqrt{(\sum_1^n P_p)^2 + (\sum_1^n Q_p)^2} \quad (4.5),$$

где $K_{p.\max}$ — коэффициент разновременности максимумов нагрузки групп приемников.

Расчетная мощность электрического освещения определяется по формуле (4.6)

$$P_{p.o} = K_{c.o} P_{No} \quad (4.6),$$

где $K_{c.o}$ — коэффициент спроса для осветительных установок.

Коэффициент спроса для осветительных установок принимают равным:

- для производственных зданий, состоящих из одного или немногих крупных помещений, — 0,95;
- то же, но состоящих из значительного числа помещений средней площади, — 0,9;
- для конторских, лабораторных и аналогичных помещений — 0,9;
- для жилых помещений — 0,7—0,8;
- для складов и подстанций — 0,6.

При наличии смешанной нагрузки в выражение (смотрите формулу выше) к $\sum_1^n P_p$ добавляют суммарную расчетную мощность электрического освещения $\sum_1^n P_{p.o}$ то есть (4.7)

$$S = K_p \sqrt{(\sum_1^n P_p + \sum_1^n P_{p.o})^2 + (\sum_1^n Q_p)^2} \quad (4.7).$$

В практике подсчет силовых и осветительных нагрузок сводят в таблицы.

Общий коэффициент спроса по различным строениям колеблется в пределах 0,3—0,8. Приведенным значениям общего K_c для всего строения (или промышленного объекта) пользуются в тех случаях, когда определение расчетной мощности ведется по укрупненным показателям [25].

4.2.3 Устройства защитной коммутационной аппаратуры напряжением до и свыше 1000 В

Электрический аппарат представляет собой устройство необходимое для осуществления операций запуска и отключения цепей электрического тока. Это оборудование требуется для выполнения функций по контролю, защите и управлению различными установками, служащими для передачи, преобразования, распределения и потребления электрической энергии.

В большинстве своём работа электрических аппаратных устройств не

ограничивается выполнением какой-то одной конкретной функции, а, напротив, связана с реализацией целого набора действий. В связи с этим возникает определенная трудность в разделении таких устройств на конкретные виды и группы.

Для того чтобы провести классификацию электрических аппаратов, важно выделить главные функциональные особенности конкретных типов электрического оборудования:

Коммутационные устройства. Такое оборудование служит для размыкания и замыкания цепей электрического тока. К таким устройствам относятся различные рубильники, выключатели, разъединители.

Устройства защиты. Аппараты предохраняют проводящие элементы электрических цепей от перепадов напряжения, повышенной нагрузки сети и замыканий. Представленные функции защиты могут быть реализованы в различных видах предохранителей и реле.

Аппараты, регулирующие запуск электрических машин. Устройства подобного рода предназначены для обеспечения плавного пуска и остановки промышленных потребителей электрического тока. Аппараты регулируют скорость вращения якоря двигателя. К подобным устройствам можно отнести пускатели, реостаты, контакторы.

Ограничивающие аппараты. Подобные устройства называют реакторами и разрядниками, они обладают функцией ограничения токов короткого замыкания и перенапряжения.

Аппараты, обеспечивающие контроль различных параметров электрических цепей. Самые распространенные виды таких устройств – датчики и реле.

Аппараты, позволяющие проводить корректировку и изменение различных параметров электрического оборудования. К таким аппаратам относятся регуляторы и стабилизаторы.

Измерительные аппараты. Функция данного оборудования сводится к тому, чтобы обеспечить изоляцию линии первичной коммутации от цепей измерительных приборов и приборов защиты.

Устройства для проведения работ механического характера. Основным элементом таких устройств является электромагнит, призванный выполнять конкретные функции: подъемный электромагнит, электромагнитный тормоз

Основными электрическими коммутационными аппаратами являются:

- выключатель;
- выключатель нагрузки;
- отделитель;
- короткозамыкатель;
- разъединитель;
- автоматический выключатель;
- устройство защитного отключения;
- контактор;
- реле;

- рубильник;
- пакетный выключатель;
- предохранитель.

Коммутационный электрический аппарат служит для разъединения и замыкания электрической цепи при помощи контактной группы. Проще говоря, такое устройство можно назвать выключателем.

К основным видам представленного устройства относятся: рубильники, выключатели, контакторы, реле. Несмотря на то, что в этих приборах заложен практически один и тот же принцип работы, все они имеют ряд отличий друг от друга.

Рассмотрим каждый вид аппаратов в отдельности.

Рубильник относится к наиболее простому коммутационному аппарату. Аппарат приводится в действие вручную с помощью рукоятки. Такой вид устройств рассчитан на большие значения силы тока.

Выключатели имеют разные модификации. В промышленном применении, к наиболее распространенным видам таких устройств относятся масляные выключатели. Такие выключатели рассчитаны на напряжение до 220кВ.

Масло, в данном случае, служит для подавления/гашения, проходящей через него дуги электрического тока. Особого внимания заслуживают воздушные и электрогазовые выключатели.

Гашение дуги, то есть прекращение подачи электрического тока, происходит за счет подачи струи сжатого воздуха или электроотрицательного газа.

Кардинально новый способ размыкания токопроводящей линии воплощен в электромагнитных выключателях.

Принцип действия такого устройства заключается в следующем: электрическая дуга горит в нормальных условиях при атмосферном давлении – цепь включена.

Как только потребуется разомкнуть цепь, по направлению к дуге подается сильное магнитное поле. За счет воздействия магнитного поля, дуга начинает растягиваться и, в конечном итоге, расщепляется, размыкая тем самым токопроводящую линию.

Реле предназначено для размыкания и замыкания электрической цепи. Основным характерным свойством данного коммутационного аппарата является принципиально новый способ работы контактной пары.

Электромагнитное реле, как и в контакторе, под воздействием электрического тока, приводит в движение сердечник электромагнита с установленными на нем контактами, что приводит к замыканию цепи. Способ воздействия на контактную пару реле может быть не только электрическим, но также тепловым или акустическим.

Контакторы представляют собой разновидность электромагнитного реле. Основное назначение – включение и выключение токопроводящей линии силовых электрических цепей.

Контакторы могут применяться как в цепи переменного, так и

постоянного электрического тока. Принцип работы контактора основан на электромагнитном эффекте.

Сердечник электромагнита контактора под действием электрического тока увлекает за собой подвижный контакт, который, вследствие такого перемещения, прижимается к неподвижному контакту и цепь замыкается.

Как только подача тока прекращается, сердечник возвращается в свое первоначальное положение и контакты размыкаются [26].

4.2.4 Конструктивные особенности линий электропередачи и электрооборудования электрических станций и подстанций

Конструктивные особенности воздушных линий.

Воздушными линиями электрических сетей называются линии электропередачи, расположенные на открытом воздухе. Часть линии сооружается с грозозащитными тросами, назначением которых является экранирование (защита) проводов от непосредственного разряда в них молнии.

Конструктивная часть воздушной линии в целом характеризуется:

- Ø длинами промежуточного и анкерного пролетов;
- Ø типами примененных для ее сооружения опор;
- Ø их габаритными геометрическими размерами;
- Ø марками проводов и грозозащитного троса.

Основными конструктивными элементами воздушной линии (ВЛ) являются: стойка опоры 1, провода 2, грозозащитный трос 3, тросостойка 4, траверсы 5, изоляторы 6 и фундамент 7. Кроме того, к элементам ВЛ относится линейная арматура, необходимая в основном для крепления элементов ВЛ друг к другу.

По конструкциям различаются следующие типы проводов:

- а—однопроволочный;
- б —многопроволочный одно-металлический;
- в —многопроволочный из двух металлов;
- г —пустотелый.

Однопроволочные провода применяются только на линиях напряжением до 1000 в. Все линии более высоких номинальных напряжений сооружаются только с многопроволочными проводами.

Конструкция многопроволочных проводов из двух металлов была создана с целью сочетания высокой механической прочности стальных проволок, из которых изготавливается центральная часть провода, с хорошей электрической проводимостью менее прочных проволок наружных повивов. Из такого типа проводов наибольшее распространение получили сталеалюминевые провода. Эти провода широко применяются в мировой практике сооружения воздушных линий, что объясняется их относительно невысокой стоимостью и хорошими механическими и электропроводящими качествами. Соотношение площадей поперечного сечения алюминиевой и стальной частей в проводах разных марок лежит в пределах 4,5—8,5.

Полые провода применяются в основном в распределительных устройствах подстанций и реже—на линиях с номинальным напряжением 220 кВ и выше. Такая конструкция проводов при определенной площади поперечного сечения токоведущей части резко повышает напряжение появления коронирующего разряда на проводах, благодаря чему значительно снижаются потери электроэнергии на корону; обеспечивает хорошее использование металла провода, так как ' при высоких напряжениях, вследствие интенсивного проявления поверхностного эффекта, из внутренних слоев провода вытесняется ток.

Основные элементы воздушных линий электропередач.

К элементам воздушной линии относятся:

- кабель (это проводник, по которому передается электричество);
- траверсы (предотвращают соприкосновение проводов с другими элементами опорной конструкции);
- изоляторы;
- опоры;
- фундамент;
- заземление;
- молниеотводы;
- разрядники.

Каждый из перечисленных устройств незаменим. Элементы воздушной линии выполняют определенные функции, которые увеличивают безопасность и надежность системы.

В некоторых случаях линия может состоять из оптоволоконных проводников. Для таких устройств применяется специальное оборудование. Это позволяет прикрепить к соответствующим опорам высокочастотные проводники.

Электрооборудование станций и подстанций.

Это довольно сложный и универсальный комплекс. Он состоит из высокоточной аппаратуры и разнообразных систем. С их помощью обеспечивается непрерывная работа АЭС, ТЭС и ГЭС.

Электрооборудование электрических станций и подстанций подразделяется на следующие критерии:

- **Безопасность.** Это самый важный фактор, как для человека, так и для самой природы, которым должно обладать электрооборудование подстанций. Сюда входят меры по защиты окружающей среды от различных факторов техногенного характера в случае выхода из строя приборов либо возникновение аварий на самой электростанции.

- **Надёжность и высокое качество.** Беря во внимание условия эксплуатации, данный комплекс обязан иметь довольно высокий запас прочности и длительный срок работы.

- **Высокий коэффициент полезного действия и точность.**

Благодаря наличию современных технологий и инновационным разработкам удаётся усовершенствовать сами системы работы

электростанции. Новое оборудование, соответствующее всем требованиям, способно гарантировать безопасную и бесперебойную работу всех объектов.

Трансформаторная подстанция.

Это особый вид электрической установки. Предназначается она для того, чтобы получить напряжение, а также повысить или понизить величину переменного тока в сети. Трансформаторная подстанция даёт возможность правильно осуществлять распределение электроснабжения самых разных объектов (промышленный, городской, сельский и поселковый). Состоит она из комплекса различных устройств.

Электрооборудование трансформаторных подстанций включает в себя:

- Электрическую установку. Предназначается она для распределения входящей электроэнергии по отдельным цепям.

Силовой трансформатор. Служит данный агрегат для преобразования одной системы переменного тока в другую. Благодаря этому обеспечивается надлежащий уровень безопасности.

- Защитные устройства. Выбор защиты электрооборудования подстанций является очень важным. С помощью данных устройств осуществляется работа в допустимых рамках и нормальном режиме.

- Автоматическое управление. С его помощью выполняется постоянная поддержка частоты тока на заданном необходимом уровне.

- Вспомогательные сооружения [27].

4.2.5 Устройства релейной защиты и автоматики в энергосистемах

Единая энергосистема, объединенные и региональные энергосистемы, включающие в себя электростанции и межсистемные электрические сети, имеют сложную производственную технологию.

Выявление и локализация повреждений в электрической части энергосистем и автоматическое управление ее элементами для сохранения устойчивости при аварийных возмущениях имеют первостепенное значение в обеспечении надежности и экономичности энергосистем. В этой связи релейная защита и автоматика (РЗА) занимают одно из ведущих мест в технологии энергетического производства.

Основной задачей построения релейной защиты являются обеспечение эффективного функционирования электрооборудования по возможности при любых видах повреждений, предотвращение развития повреждений и значительных разрушений защищаемого оборудования.

К релейной защите предъявляются следующие требования:

1. Автоматическое отключение оборудования энергообъектов в аварийных режимах должно быть селективным (избирательным). Это означает способность релейной защиты выявлять место повреждения и отключать только ближайшими выключателями. Неселективное действие релейной защиты приводит к развитию аварийной ситуации.

2. Отключение поврежденного оборудования или участка энергоблока должно быть по возможности быстродействующим, чтобы

предотвратить или уменьшить размеры повреждения и не нарушить режим работы электростанций и приемников электрической энергии.

3. Релейная защита должна обладать чувствительностью к тем видам повреждений и нарушений нормального режима работы электрооборудования, на которые она рассчитана, чтобы обеспечить ее действие в начале возникновения повреждения.

4. Релейная защита должна быть надежной, т.е. правильно и безотказно действовать при всех повреждениях и нарушениях нормального режима работы электрооборудования и не действовать в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима работы, при которых действие данной защиты не предусмотрено и должна действовать другая защита.

Устройства релейной защиты на энергообъектах дополняются устройствами противоаварийной автоматики, позволяющими быстро устранять опасные послеаварийные режимы и восстанавливать электроснабжение потребителей, исключая вмешательство персонала.

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);

- 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) [28].

4.2.6 Внутренние атмосферные перенапряжения и защита от перенапряжений

Внезапные кратковременные повышения напряжения до величины, опасной для изоляции электроустановки, называют перенапряжением. По своему происхождению перенапряжения бывают двух видов: **внешние (атмосферные) и внутренние (коммутационные)**.

Атмосферные перенапряжения возникают при прямых ударах молнии в электроустановку или при ударах молнии в непосредственной близости от нее. Атмосферные перенапряжения представляют наибольшую опасность для электроустановки, так как при прямых ударах молнии они могут достигать 1000000 В, при токе молнии — до 200кА. Они не зависят от величины номинального напряжения электроустановки. Особенно опасны они для установок с более низким напряжением, так как в этих установках расстояния между токоведущими частями и уровень изоляции ниже, чем при высоких напряжениях.

Атмосферные перенапряжения подразделяют на индуктированные и от прямого удара молнии. Первые возникают при грозовом разряде вблизи от электроустановки, например, подстанции или линии электропередачи.

Перенапряжение образуется за счет индуктивного влияния грозового облака, заряженного до очень высокого потенциала (несколько миллионов вольт).

При прямом ударе молнии, кроме электромагнитного действия, вызывающего перенапряжения, отмечаются также механические повреждения, например, расщепление деревянных стоек или траверс опор воздушных линий электропередач.

Индуктированные перенапряжения имеют величину порядка 100 кВ, что значительно меньше перенапряжения, вызываемого прямым ударом молнии. Они распространяются по проводам воздушной линии после разряда в виде затухающих волн.

Разряд молнии в большинстве случаев состоит из серии отдельных импульсов, следующих друг за другом. Весь разряд длится десятые доли секунды, а отдельные импульсы имеют длительность в десятки микросекунд каждый. Число отдельных импульсов при разряде молнии может быть от 1 до 40.

Защита электроустановок от атмосферных перенапряжений.

Выше отмечалось, что атмосферные перенапряжения могут достигать нескольких миллионов вольт. Изоляция электроустановок не может выдержать таких уровней напряжения, поэтому она нуждается в дополнительных средствах защиты от пробоя. Эти средства предотвращают повреждение электрооборудования и должны применяться в электроустановках как для повышения бесперебойности электроснабжения потребителей, так и для защиты людей и животных.

Особое внимание должно быть уделено защите от перенапряжения воздушных линий напряжением 10 и 0,4 кВ, а также подстанциям потребителей, расположенных в сельской местности.

Одним из серьезных последствий перенапряжений, в частности, вследствие прямых ударов молнии, могут быть пожары. Поэтому вопросам организации правильной и надежно работающей защиты от атмосферных перенапряжений (или грозозащите) уделяют самое серьезное внимание.

В проблему грозозащиты входят мероприятия по защите отдельных элементов электроустановок от прямых ударов молнии, изоляции электрических машин и аппаратов от пробоев, от импульсов, набегающих с линии волн перенапряжений. Эти мероприятия сводятся к установке защитных аппаратов и устройств, которые отводят импульс (волну) перенапряжений в землю до того, как волна достигнет какого-либо ответственного элемента установки и выведет его из строя.

Главной частью всех защитных аппаратов поэтому являются заземлители. Они должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ и обеспечивать надежный отвод заряда в землю.

В качестве основных защитных средств от атмосферных перенапряжений применяют молниеотводы, разрядники и искровые промежутки.

Молниеотводы ориентируют атмосферный разряд на себя, отводя его от токоведущих частей установки. Для защиты сосредоточенных объектов

(например, подстанций или других сооружений) используют стержневые, а для защиты протяженных (например, проводов воздушной линии) — тросовые молниеотводы. Разрядники и искровые промежутки устанавливают для отвода заряда в землю.

Для грозозащиты генераторов станций и трансформаторов предусматривают набор средств как для защиты от прямых ударов молнии, так и от волн перенапряжений, набегающих с линии.

Защиту от прямых ударов молнии выполняют стержневыми молниеотводами и тросовыми молниеотводами на подходах воздушной линии к станции или подстанции. Защиту генераторов от волн, набегающих с линии, осуществляют разрядниками, ограничивающими амплитуду волны до значения, не опасного для изоляции электрической машины.

Крупные генераторы не рекомендуется непосредственно соединять с отходящими линиями электропередачи. Для небольших станций, снабжающих электроэнергией потребителей на генераторном напряжении, такое соединение возможно при дополнительной установке у генератора специальных разрядников с улучшенными характеристиками.

Если генераторы соединяются с повысительными трансформаторами непосредственно, т. е. по схеме блока "генератор - трансформатор", то специальных мер защиты от поли перенапряжений они не требуют.

Воздушные линии напряжением 6 - 35 кВ, выполненные на деревянных опорах, не требуют специальной защиты от перенапряжений. Грозоупорность изоляции у них обеспечивается изоляционными свойствами дерева. Здесь важно лишь выдержать следующие минимальные изоляционные расстояния между проводами (по дереву): 0,75 м для напряжений 6 - 10, 1,5 м для напряжения 20 и 3 м для напряжения 35 кВ.

Отдельные участки воздушных линий с ослабленной изоляцией (например, с использованием металлических или железобетонных опор, соединения воздушной линии с кабельной и др.) защищаются разрядниками или искровыми промежутками (при малых токах) (смотрите - Трубчатые разрядники и Вентильные разрядники). Сопротивление заземляющих устройств этих аппаратов должно быть не более 10 Ом.

Разрядники и искровые промежутки устанавливаются на опорах двух воздушных линий, пересекающихся между собой, или в местах пересечения воздушной линии электропередачи с линией связи. Сопротивление заземляющих устройств здесь должно быть не выше 15 Ом. Заземляющие спуски на опорах должны иметь болтовое соединение, а их сечение должно быть не ниже 25 мм².

Для восстановления питания по воздушной линии после быстропроходящих грозовых повреждений используют устройства АПВ (автоматического повторного включения) линий. При успешном срабатывании устройств АПВ в качестве средства от грозозащиты потребители не почувствуют перерыва в электроснабжении, который будет не больше 0,2 с, и их нормальная работа не нарушится.

Кабельные вставки защищаются с обоих концов разрядниками.

Защиту сетей потребителей напряжением 0,38/0,22 кВ выполняют особенно тщательно. Эти сети выполняют, как правило, воздушными и их конструкция наиболее подвержена атмосферным перенапряжениям, так как они возвышаются над всеми остальными сооружениями и проходят по открытой местности.

Низковольтные сети снабжают устройствами грозозащиты, отводящими импульсные токи разряда в землю. Это позволяет обезопасить людей и животных, предотвратить пожары, которые возникают вследствие грозových разрядов и их проникновения во внутренние электропроводки.

В сетях низкого напряжения предусмотрены присоединения к грозозащитным заземлениям крюков или штырей изоляторов всех фазных проводов и нейтрального провода.

На подстанциях потребителей 10/0,4 кВ низковольтные обмотки, соединенные с воздушными линиями, должны быть защищены разрядниками. Они устанавливаются возможно ближе к трансформатору и соединяются с общим заземляющим контуром подстанций. При мощности трансформатора 630 кВт и выше на линиях, отходящих от него, выполняют дополнительно два защитных заземления — в 50 и 100 м от подстанции с указанной величиной сопротивления [29].

4.2.7 Выбор необходимого оборудования в зависимости от технических требований

Технические требования на конкретные виды электрооборудования установлены действующими стандартами. Данные требования следует рассматривать как дополнительные требования, которые необходимо учитывать при разработке нового электрооборудования.

Требования к электрооборудованию напряжением 0,4 кВ.

1. В технических условиях (ТУ) на отдельные типы НКУ должны быть оговорены конкретные требования к степени защиты оболочкой размещенного в них электрооборудования, требования к лакокрасочным и металлическим защитным покрытиям, требования к температурному режиму и вентиляции.

2. Комплектующее электрооборудование должно быть климатического исполнения У1 (УХЛ1) или У2 (УХЛ2) для НКУ наружной установки в металлических шкафах без теплоизоляции и климатического исполнения У3 или У4 при размещении НК в закрытых помещениях с естественной вентиляцией или регулируемые климатическими условиями.

3. Система естественной вентиляции НКУ наружной установки должна обеспечивать в летнее время перепад не более 10-15°С между температурой внутри оболочки и окружающей температурой. Система вентиляции при этом должна удовлетворять требованиям по степени защиты оболочкой размещенного внутри электрооборудования.

4. При наличии автоматического подогрева в НКУ наружной установки требования к надежности системы подогрева и вентиляции обязательно

должны быть оговорены в ТУ на конкретные типы НКУ.

5. Конструкция верхней части металлических шкафов без теплоизоляции НКУ наружной установки должна исключать попадание капель конденсата на электрооборудование, размещенное внутри оболочки.

6. В ТУ на конкретные типы НКУ должны быть указаны требования к ремонтпригодности. В качестве основного показателя ремонтпригодности следует выбирать среднее время восстановления работоспособности. При этом указывается в часах среднее время восстановления работоспособности при проведении наиболее трудоемкого вида ремонта или замены.

7. Внутреннее освещение шкафов НКУ наружной установки должно осуществляться на напряжение 12 или 36 В.

8. На вводе в НКУ должен устанавливаться коммутационный аппарат с видимым разрывом цепи тока. При установке на вводе автоматического выключателя перед ним должен быть установлен разъединитель или рубильник категории применения АС-20 по ГОСТ 2327.

9. Дверцы НКУ наружной установки и НКУ с предохранителями, которые имеют степень защиты ИРОО, должны закрываться на ключ.

10. В ТУ на НКУ конкретных типов с ошиновкой и монтажным проводом на основе алюминия должны быть оговорены требования к типам зажимов и болтовых (винтовых) соединений и требования к плотности монтажа с учетом требований ГОСТ 10434 к контактным соединениям.

11. Устанавливаемые на отходящих линиях 0,4 кВ в РУНН КТП рубильники должны быть рассчитаны на категорию применения АС-22 по ГОСТ 2327. При оборудовании РУНН КТП автоматическими выключателями они должны быть рассчитаны на соответствующие токи к.з., отключать токи перегрузки кратностью 1,4-1,5 номинального тока трансформатора с выдержкой не более 2 часов, иметь приемлемые регулируемые уставки по кратности тока к.з.(3-10 I_n).

12. Система уличного освещения КТП должна быть построена на новой элементной базе с использованием элементов климатического исполнения У2 (или УХЛ2). Элементы системы освещения должны размещаться в РУНН таким образом, чтобы исключить случаи перекрытий изоляции.

Расположение «глазка» фотореле должно быть таким, чтобы исключить прямое воздействие солнечных лучей при любом варианте установки КТП на местности.

13. В системе учета электроэнергии необходимо использовать литые трансформаторы тока и счетчики электроэнергии исполнения УХЛ2 или У2.

14. Трансформаторы тока на номинальные токи до 2000А должны иметь литую изоляцию и класс точности 0,5 и 1,0. Конструкция должна обеспечивать надежность контактных присоединений проводов (шин) из алюминия.

15. Вентильные разрядники и ОПН должны иметь климатическое исполнение УХЛ1. Корпус вентильного разрядника должен быть стойким к растрескиванию, а уплотнения должны обеспечивать требуемую герметизацию. Ограничители перенапряжений должны иметь литую

конструкцию из полимерных материалов, стойких к воздействию климатическим факторам внешней среды.

16. Время-токовые характеристики предохранителей, которые устанавливаются в РУНН ТП, не должны допускать длительных перегрузок трансформаторов более 1,5 Ин. В ТУ на конкретные типы предохранителей необходимо оговорить допуски на калибровку плавких вставок.

17. Косинусные конденсаторы должны быть трехфазного исполнения и подключаться к стороне НН трансформатора через рубильник и предохранители. Конденсаторные батареи, предназначенные для установки на КТП 250 кВА и более, должны быть оборудованы регуляторами мощности.

Требования к электрооборудованию 10кВ силовые трансформаторы

1. Для повышения грозоупорности силовых масляных трансформаторов необходимо увеличить импульсную прочность межслоевой изоляции обмоток ВН или оборудовать трансформаторы электростатическими экранами, соединенными с линейными вводами обмоток ВН. Для улучшения стойкости к грозовым перенапряжениям необходимо пересмотреть в сторону увеличения крутизну фронта ударной волны при испытаниях трансформаторов.

2. С целью проверки конструкции и качества прессовки обмоток при приемочных испытаниях необходимо проводить однофазные испытания на стойкость при к.з.

3. Уплотнения разъемов, вводов, привода переключателя и других элементов трансформатора должны быть выполнены из надежных маслостойких материалов.

4. Конструкция переключателя ответвлений (ПБВ) должна обеспечивать четкую фиксацию положений подвижных контактов (ламелей). Допуск на люфт в механизме привода не должен превышать 5-6 градусов.

5. Трансформаторы должны обеспечивать возможность использования других электроизоляционных жидкостей, в т.ч. пожаро- и взрывобезопасных на основе кремнийорганических соединений.

6. Необходимо разработать новую конструкцию защитного кожуха, исключающую проникновение мелких животных и птиц, загрязнения изоляции вводов при открытой установке трансформаторов.

7. Конструкция пробки для заливки и отбора проб масла должна исключать возможность слива масла посторонними лицами.

Измерительные трансформаторы

1. Для установки в шкафах комплектных распределительных устройств (КРУ, КРУН, камерах КСО) измерительные трансформаторы тока и напряжения должны иметь литую конструкцию и климатическое исполнение УХЛ2 (У2) и У3.

2. Конструкция литых измерительных трансформаторов тока и напряжения должна быть рассчитана на любое рабочее положение трансформатора в пространстве (в шкафу КРУ, камере КСО).

3. Измерительные трансформаторы тока должны выдерживать

трехсекундный ток термической стойкости. В ГОСТ 7746 на трансформаторы тока необходимо внести изменения в части установления предпочтительных значений тока термической стойкости (ряда токов к.з.)

4. В ГОСТ 7746 и ГОСТ 1983 на трансформаторы тока и напряжения необходимо внести изменения в части установления конкретных численных значений основных показателей надежности.

Вакуумные выключатели

1. Вакуумные выключатели общепромышленного назначения должны иметь климатическое исполнение У3 и У2 (УХЛ2). Комплектующие изделия также должны иметь соответствующее климатическое исполнение. Вакуумные выключатели климатического исполнения У2 (УХЛ2) предназначаются в основном для замены маломасляных выключателей в шкафах КРУН.

Конструкция выкатных элементов с выключателями должна обеспечивать взаимозаменяемость с маломасляными выключателями.

2. Конструкция вакуумных выключателей должна обеспечивать их надежную работу без ремонтов до выработки установленного ресурса по механической и коммутационной износостойкости.

3. Конструкция вакуумных дугогасительных камер должна обеспечивать низкий уровень коммутационных перенапряжений. В ТУ на конкретные типы вакуумных выключателей должен указываться уровень перенапряжений при отключении ими малых индуктивных токов.

4. В ТУ на конкретные типы вакуумных выключателей должно быть указано время восстановления работоспособности при выполнении наиболее трудоемкой операции по ремонту или замене узла (элемента), выполняемой по месту установки выключателя.

Выключатели нагрузки

1. Выключатели нагрузки должны иметь климатическое исполнение У и УХЛ и категории размещения 1, 2 и 3. Выключатели нагрузки климатического исполнения У (УХЛ) категории размещения 1 должны быть предназначены для замены разъединителей КТП и секционирующих разъединителей и рассчитаны на соответствующие номинальные токи.

2. Выключатели нагрузки для сельских распределительных сетей должны быть рассчитаны на токи к.з. 10-12,5кА и время протекания 3с.

3. В ТУ на конкретные типы выключателей нагрузки с пружинным приводом должно быть указано усилие завода пружин. Конструкцией заводного механизма должно быть предусмотрено снижение усилия в процессе ручного завода (оператором) до значений ниже 245 Н.

4. Конструкция выключателя нагрузки должна обеспечивать без ремонтов надежную работу в процессе эксплуатации с учетом замен быстроизнашивающихся деталей. Предусмотренные замены деталей в процессе эксплуатации должны производиться без последующей регулировки и настройки хода контактов и механизмов привода.

. В ТУ на конкретные типы ВН должно быть указано среднее время восстановления работоспособности, время наиболее трудоемкой операции по

ремонту или замене узла (элемента), выполняемой по месту установки ВН.

6. В комплект поставки ВН, предназначенных для установки в КРУ и КСО, должен входить пульт местного дистанционного управления.

Линейные разъединители 10 кВ.

. Линейные разъединители 10 кВ должны быть рассчитаны на токи к.з. 6,3 ; 10 и 12,5 кА и длительность протекания 3с. 2. Конструкция привода, в т.ч. посредством штанги, должна обеспечивать надежную и безопасную работу оператора в любых погодных условиях.

3. Для комплектных трансформаторных подстанций целесообразна разработка разъединителей-предохранителей. Замена предохранителей должна осуществляться без снятия напряжения.

4. В ТУ на конкретные типы разъединителей должно быть указано среднее время восстановления работоспособности при выполнении наиболее трудоемкой операции по ремонту или замене узла (элемента), выполняемой по месту установки разъединителя.

Предохранители 10 кВ.

1. Предохранители 10 кВ должны иметь встроенное устройство сигнализации срабатывания.

Требования к электрооборудованию 35 кВ

1. В целях повышения надежности вновь разрабатываемых подстанций 35 кВ их комплектацию необходимо осуществлять новой элементной базой (вакуумные и элегазовые выключатели, ОПН, измерительные трансформаторы климатического исполнения УХЛ1 или У1 и т.п.).

2. При реконструкции или заменах электрооборудования действующих подстанций необходимо использовать новое оборудование или оборудование последних модификаций. Выключатели и разъединители должны иметь надежную конструкцию привода.

3. Подавляющее большинство выпускаемых в настоящее время трансформаторов 35/10 кВ по своим техническим параметрам соответствует в лучшем случае требованиям ГОСТ 11920-85. Поэтому необходима разработка серии силовых масляных трансформаторов мощностью 1600-6300 кВА со сниженными потерями и массо-габаритными параметрами.

4. Конструкция переключателей РПН трансформаторов 35 кВ должна обеспечивать надежную работу контакторных групп, удобство и качество регулировки контактов избирателей, снижение люфтов в передаточных звеньях привода. Конструкция бака контактора должна исключить прямое попадание атмосферной влаги в трансформаторное масло.

5. Уплотнение разъемов, вводов и других элементов силовых и измерительных масляных трансформаторов 35 кВ должны быть выполнены из надежных и маслостойких материалов. В ТУ на конкретные типы трансформаторов необходимо оговаривать требования к качеству сварных соединений.

6. Конструкция дугогасительных камер вакуумных выключателей должна обеспечивать низкий уровень коммутационных перенапряжений. В ТУ на конкретные типы вакуумных выключателей должен указываться

уровень перенапряжений при отключении ими силовых трансформаторов 35 кВ.

7. Для повышения надежности масляных выключателей необходимо дальнейшее совершенствование дугогасительных камер, использование качественных пружин, уменьшение люфтов в передаточных механизмах, совершенствование приводов.

8. Для комплектации подстанций 35/0,4 кВ мощностью 160-1000 кВА необходима разработка серии надежных разъединителей 35 кВ на отключение токов нагрузки 15-30 А.

9. Ограничители перенапряжений 35 кВ должны иметь, как правило, литую конструкцию из полимерных материалов, стойких к воздействию механическим и климатическим факторам. Для повышения механической прочности допускается комбинированная изоляция с использованием стеклопластиков [30].

4.2.8 Выбор привода в зависимости от технических требований

Электрический привод (сокращённо — электропривод, ЭП) — управляемая электромеханическая система, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую и обратно и управления этим процессом.

Современный электропривод — совокупность множества электромашин, аппаратов и систем управления ими (рис. 4.3). Он является основным потребителем электрической энергии (до 60 %) и главным источником механической энергии в промышленности.

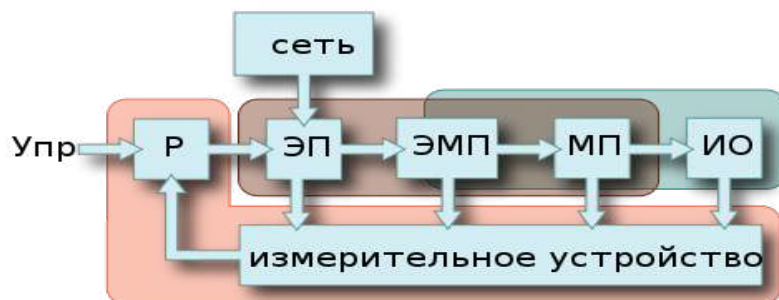


Рис.4.3. Функциональная схема

Функциональные элементы:

- регулятор (Р) предназначен для управления процессами, протекающими в электроприводе;
- электрический преобразователь (ЭП) предназначен для преобразования электрической энергии сети в регулируемое напряжение постоянного или переменного тока;
- электромеханический преобразователь (ЭМП) — двигатель, предназначен для преобразования электрической энергии в механическую;

- механический преобразователь (МП) может изменять скорость вращения двигателя;

- упр — управляющее воздействие;

- ио — исполнительный орган.

Функциональные части:

- силовая часть или электропривод с разомкнутой системой регулирования;

- механическая часть;

- система управления электропривода.

Характеристики привода.

Статические характеристики

Под статическими характеристиками чаще всего подразумеваются электромеханическая и механическая характеристика.

Механическая характеристика

Механическая характеристика — это зависимость угловой скорости вращения вала от электромагнитного момента M (или от момента сопротивления M_c). Механические характеристики являются очень удобным и полезным инструментом при анализе статических и динамических режимов электропривода.^[1]

Электромеханическая характеристика двигателя

Электромеханическая характеристика — это зависимость угловой скорости вращения вала ω от тока I .

Динамическая характеристика

Динамическая характеристика электропривода — это зависимость между мгновенными значениями двух координат электропривода для одного и того же момента времени переходного режима работы.

Классификация электроприводов

По количеству и связи исполнительных, рабочих органов:

Классификация электроприводов по степени их автоматизации рабочих машин и механизмов и качеству выполняемых операций

- индивидуальный, в котором рабочий исполнительный орган приводится в движение одним самостоятельным двигателем, приводом;

- групповой, в котором один двигатель приводит в действие исполнительные органы РМ или несколько органов одной РМ;

- взаимосвязанный, в котором два или несколько ЭМП или ЭП электрически или механически связаны между собой с целью поддержания заданного соотношения или равенства скоростей, или нагрузок, или положения исполнительных органов РМ;

- многодвигательный, в котором взаимосвязанные ЭП, ЭМП обеспечивают работу сложного механизма или работу на общий вал;

- электрический вал, взаимосвязанный ЭП, в котором для постоянства скоростей РМ, не имеющих механических связей, используется электрическая связь двух или нескольких ЭМП.

По типу управления и задаче управления:

- автоматизированный ЭП, управляемый путём автоматического регулирования параметров и величин;
- программно-управляемый ЭП, функционирующий через посредство специализированной управляющей вычислительной машины в соответствии с заданной программой;
- следящий ЭП, автоматически отрабатывающий перемещение исполнительного органа РМ с заданной точностью в соответствии с произвольно меняющимся сигналом управления;
- позиционный ЭП, автоматически регулирующий положение исполнительного органа РМ;
- адаптивный ЭП, автоматически избирающий структуру или параметры устройства управления с целью установления оптимального режима работы.

По характеру движения:

- эп с вращательным движением;
- линейный ЭП с линейными двигателями;
- дискретный ЭП с ЭМП, подвижные части которого в установившемся режиме находятся в состоянии дискретного движения.

По наличию и характеру передаточного устройства:

- редукторный ЭП с редуктором или мультипликатором;
- электрогидравлический с передаточным гидравлическим устройством;
- магнитогидродинамический ЭП с преобразованием электрической энергии в энергию движения токопроводящей жидкости.

По роду тока:

- переменного тока;
- постоянного тока.

По степени важности выполняемых операций:

- главный ЭП, обеспечивающий главное движение или главную операцию (в многодвигательных ЭП);
- вспомогательный ЭП;
- привод передач.

Подбор электродвигателя

Качество работы современного электропривода во многом определяется правильным выбором используемого электрического двигателя, что в свою очередь обеспечивает продолжительную надёжную работу электропривода и высокую эффективность технологических и производственных процессов в промышленности, на транспорте, в строительстве и других областях.

При выборе электрического двигателя для привода производственного механизма руководствуются следующими рекомендациями:

- исходя из технологических требований, производят выбор электрического двигателя по его техническим характеристикам (по роду тока, номинальному напряжению и мощности, частоте вращения, виду механической характеристики, продолжительности включения, перегрузочной способности, пусковым, регулировочным и тормозным

свойствами др.), а также конструктивное исполнение двигателя по способу монтажа и крепления;

- исходя из экономических соображений, выбирают наиболее простой, экономичный и надёжный в эксплуатации двигатель, не требующий высоких эксплуатационных расходов и имеющий наименьшие габариты, массу и стоимость;

- исходя из условий окружающей среды, в которых будет работать двигатель, а также из требований безопасности работы во взрывоопасной среде, выбирают конструктивное исполнение двигателя по способу защиты.

Правильный выбор типа, исполнения и мощности электрического двигателя определяет не только безопасность, надёжность и экономичность работы и длительность срока службы двигателя, но и технико-экономические показатели всего электропривода в целом [31].

4.2.9 Электрические схемы осветительных установок

Электрическое освещение в жизни человека играет огромную роль. Значимость его определяется тем, что при правильном выполнении осветительных установок (ОУ), электрическое освещение (ЭО) способствует повышению производительности труда, улучшению качества выпускаемой продукции, уменьшению количества аварий и случаев травматизма, снижает утомляемость рабочих; обеспечивает значительную работоспособность и создает нормальные эстетическое, физиологическое и психологическое воздействия на человека.

Правильность проектирования ОУ регламентируется множеством руководящей и нормативной документацией.

Комплексным критерием, оценивающим эффективность осветительной установки, являются годовые приведенные затраты, учитывающие первоначальные затраты и эксплуатационные расходы, а также расход электроэнергии, который часто рассматривается как самостоятельный показатель.

В связи с тем, что расход электроэнергии на освещение значителен и составляет 11 ... 14 % от всей потребляемой электроэнергии в стране. А экономия энергетических ресурсов является актуальной проблемой. Применение энергоэффективных, обеспечивающих минимальные расходы электроэнергии, ОУ является важнейшей задачей.

Целью проектирования осветительной установки является создание такой световой среды, которая бы обеспечивала светотехническую эффективность освещения с учетом требований физиологии зрения, гигиены труда, техники безопасности при минимальных расходах электроэнергии и затратах материальных и трудовых ресурсов на приобретение, монтаж и эксплуатацию ОУ.

Эти цели достижимы путем выполнения многовариантных расчетов освещения и выбора наиболее экономичного с учетом требований

действующих нормативных материалов на проектирование, монтаж и эксплуатацию ОУ.

Общие сведения о проектировании осветительных установок и искусственном освещении.

Проектирование осветительных установок (ОУ) может выполняться в одну или две стадии.

Для технически несложных объектов, а также объектов, строительство которых осуществляется по типовым и повторно применяемым проектам проектирование ОУ ведется в одну стадию – разрабатывается рабочий проект (РП).

Для крупных и сложных объектов ведется двухстадийное проектирование. На первой стадии выполняется технический проект (П), на второй – рабочая документация (РД).

РП состоит из светотехнической и электрической частей и рабочих чертежей (рис.4.4).

В светотехнической части РП осуществляется выбор значений освещенности и показателей качества освещения, систем, видов и способов освещения, типов источников света (ИС) и осветительных приборов (ОП), выполняются светотехнические расчеты, в результате которых определяется мощность и расположение ОП. Завершается светотехническая часть проекта составлением светотехнической ведомости.

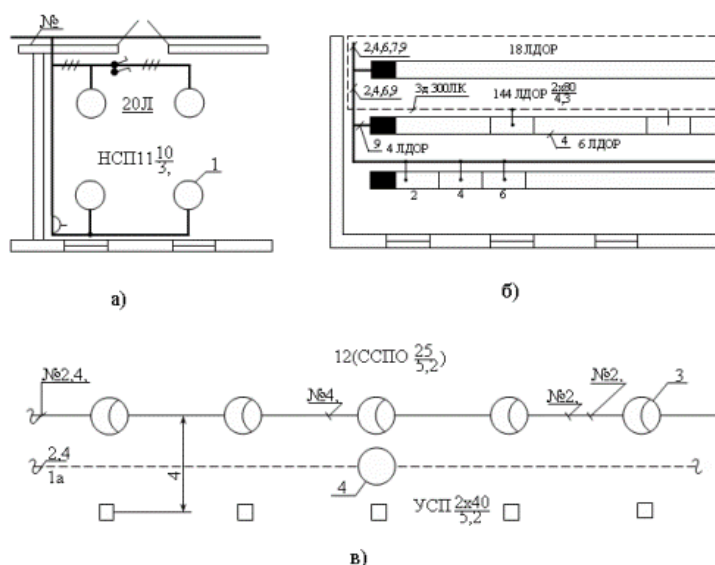


Рис.4.4. Схемы осветительных установок

В электрической части РП осуществляется выбор схемы питания ОУ, выбор напряжения; определяются места расположения групповых и магистральных щитков и выбираются их типы; определяется трасса электрической сети; производится выбор марки проводов и кабелей и способов их прокладки; выполняется расчет осветительной сети, в результате которого определяется сечение проводов и кабелей и защита осветительной сети.

В РП разрабатываются рабочие чертежи ОУ, состав и правила оформления которых регламентируются стандартами. Рабочие проекты должны быть ориентированы на выполнение электрического освещения промышленными методами монтажа.

В объем РП освещения каждого объекта входит спецификация на светотехническое и электротехническое оборудование, кабели, провода, электромонтажные изделия и другие необходимые для монтажа ОУ материалы, ведомость объемов электромонтажных работ.

При двухстадийном проектировании в первой стадии П решаются основные принципиальные вопросы в светотехнической части ОУ. При этом степень глубины и детализации проработки разных вопросов может изменяться в значительных пределах.

На следующей второй стадии разрабатывается РД в объеме, указанном выше для РП, за исключением решения основных принципиальных положений устройства ОУ, выявленных в первой стадии П.

Исходными данными для проектирования ОУ являются планы, характерные размеры объектов (зданий, помещений, сооружений), их характеристика, сведения об окружающей среде и др., данные об источниках питания.

Проектирование осветительных установок может выполняться ручным или автоматизированным машинным способом.

Системы освещения. 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.

При общем равномерном освещении создается равномерная освещенность по всей площади помещения. 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.

Общее локализованное освещение 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.

Преимущества локализованного освещения перед общим равномерным заключаются в сокращении мощности осветительных установок,

возможности создать требуемое направление светового потока, избежать на рабочих местах теней от производственного оборудования и самих работающих.

Наряду с системой общего освещения в помещениях может применяться местное освещение. 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 12, 24, 42 В в зависимости от категории помещения в отношении безопасности обслуживающего персонала.

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.

Система комбинированного освещения уменьшает установленную мощность источников света (ИС) и расход электроэнергии, так как лампы местного освещения включаются только на время выполнения работ непосредственно на рабочем месте.

Выбор той или иной системы освещения определяется в основном размещением оборудования и соответственно расположением рабочих мест, технологией выполняемых работ, экономическими соображениями [32].

4.2.10 Расчет необходимой компенсационной мощности

Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы, то есть загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива; увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках, увеличивается падение напряжения в сетях.

Реактивный ток дополнительно нагружает линии электропередачи, что приводит к увеличению сечений проводов и кабелей и соответственно к увеличению капитальных затрат на внешние и внутримплощадочные сети.

Компенсация реактивной мощности, в настоящее время, является немаловажным фактором, позволяющим решить вопрос энергосбережения практически на любом предприятии.

По оценкам отечественных и ведущих зарубежных специалистов, доля энергоресурсов, и в частности электроэнергии занимает величину порядка 30-40% в стоимости продукции. Это достаточно веский аргумент, чтобы руководителю со всей серьезностью подойти к анализу и аудиту энергопотребления и выработке методики компенсации реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности – вот ключ к решению вопроса энергосбережения.

Потребители реактивной мощности.

Основные потребители реактивной мощности - асинхронные электродвигатели, которые потребляют 40 % всей мощности совместно с бытовыми и собственными нуждами; электрические печи 8 %; преобразователи 10 %; трансформаторы всех ступеней трансформации 35 %; линии электропередач 7 %.

В электрических машинах переменный магнитный поток связан с обмотками. Вследствие этого в обмотках при протекании переменного тока индуцируются реактивные э.д.с. обуславливающие сдвиг по фазе (φ) между напряжением и током. Этот сдвиг по фазе обычно увеличивается, а косинус φ уменьшается при малой нагрузке. Например, если косинус φ двигателей переменного тока при полной нагрузке составляет 0,75-0,80, то при малой нагрузке он уменьшится до 0,20-0,40.

Малонагруженные трансформаторы также имеют низкий коэффициент мощности (косинус φ). Поэтому, применять компенсацию реактивной мощности, то результирующий косинус φ энергетической системы будет низок и ток нагрузки электрической, без компенсации реактивной мощности, будет увеличиваться при одной и той же потребляемой из сети активной мощности. Соответственно при компенсации реактивной мощности (применении автоматических конденсаторных установок КРМ) ток, потребляемый из сети снижается, в зависимости от косинус φ на 30-50%, соответственно уменьшается нагрев проводящих проводов и старение изоляции.

Кроме этого, реактивная мощность наряду с активной мощностью учитывается поставщиком электроэнергии, а следовательно, подлежит оплате по действующим тарифам, поэтому составляет значительную часть счета за электроэнергию.

Структура потребителей реактивной мощности в сетях энергосистем (по установленной активной мощности) (рис. 4.5):

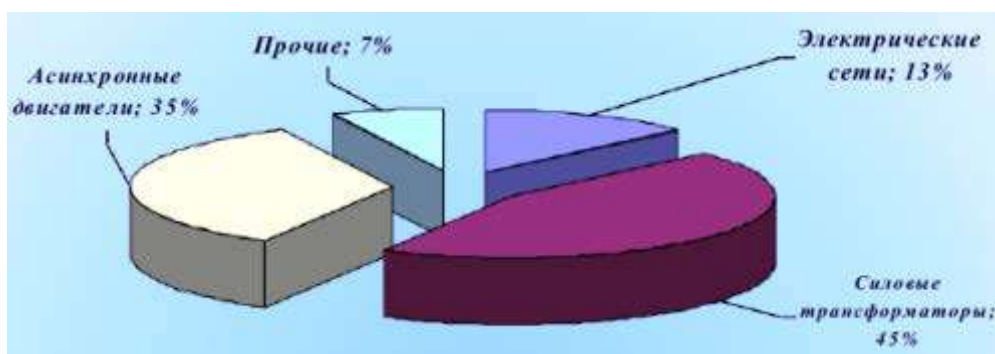


Рис.4.5 Структура потребителей реактивной мощности

Прочие преобразователи: переменного тока в постоянный, тока промышленной частоты в ток повышенной или пониженной частоты, печная нагрузка (индукционные печи, дуговые сталеплавильные печи), сварка (сварочные трансформаторы, агрегаты, выпрямители, точечная, контактная).

Суммарные абсолютные и относительные потери реактивной мощности в элементах питающей сети весьма велики и достигают 50% мощности, поступающей в сеть. Примерно 70 - 75% всех потерь реактивной мощности составляют потери в трансформаторах.

Так, в трехобмоточном трансформаторе ТДТН-40000/220 при коэффициенте загрузки, равном 0,8, потери реактивной мощности составляют около 12%. На пути от электростанции происходит самое меньшее три трансформации напряжения, и поэтому потери реактивной мощности в трансформаторах и автотрансформаторах достигают больших значений.

Способы снижения потребления реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности

Наиболее действенным и эффективным способом снижения потребляемой из сети реактивной мощности является применение установок компенсации реактивной мощности (конденсаторных установок).

Использование конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности позволяет:

- разгрузить питающие линии электропередачи, трансформаторы и распределительные устройства;
- снизить расходы на оплату электроэнергии;
- при использовании определенного типа установок снизить уровень высших гармоник;
- подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз;
- сделать распределительные сети более надежными и экономичными.

Наиболее распространенными видами компенсирующих устройств, которые выполняют роль местных генераторов реактивной мощности на предприятиях, являются батареи статических конденсаторов и синхронные двигатели. Конденсаторные батареи устанавливают на цеховых общезаводских трансформаторных подстанциях — со стороны низкого или высокого напряжения.

Чем ближе компенсирующее устройство к приемникам реактивной энергии, тем больше звеньев системы электроснабжения разгружается от реактивных токов. Однако при централизованной компенсации, т. е. при установке конденсаторов на трансформаторных подстанциях, конденсаторная мощность используется более полно.

Мощность конденсаторных батарей (4.8) может быть определена по диаграмме рис.4.6.

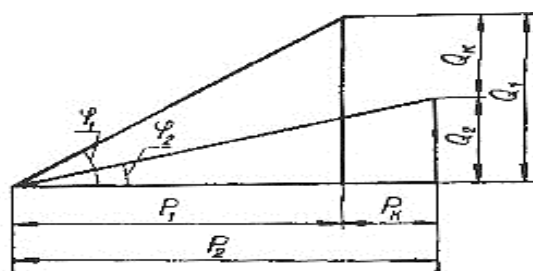


Рис. 4.6. Диаграмма мощностей

$$Q_K = P_1 \times \operatorname{tg} \varphi_1 - P_2 \times \operatorname{tg} \varphi_2 \quad (4.8)$$

где P_1 и P_2 - нагрузка до и после компенсации;

φ_1 и φ_2 - соответствующие углы сдвига фаз.

Реактивная мощность, отдаваемая компенсирующей установкой(4.9)

$$Q = Q_1 - Q_2 \quad (4.9)$$

где Q_1 и Q_2 — реактивная мощность до и после компенсации.

Активная мощность, потребляемая из сети компенсирующим устройством(4.10)

$$P_K = P_2 - P_1 \quad (4.10)$$

Величину необходимой мощности конденсаторной батареи можно определить приближенно без учета потерь в конденсаторах, которые составляют 0,003 - 0,0045 кВт/квар(4.11)

$$Q_K = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \quad (4.11)$$

Пример расчета и выбор конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности

Необходимо определить номинальную мощность Q_K конденсаторной батареи, необходимой для повышения коэффициента мощности до значения 0,95 на предприятии с трехменным равномерным графиком нагрузки. Среднесуточный расход электроэнергии $A_a = 9200$ кВтч; $A_p = 7400$ кварч. Конденсаторы установлены на напряжение 380 В.

Среднесуточная нагрузка

$$P_{CP} = \frac{A_a}{24} = \frac{9200}{24} = 384 \text{ кВт},$$

Мощность конденсаторных батарей

$$Q_K = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 384(0.8 - 0.32) = 185 \text{ квар},$$

где $\operatorname{tg} \varphi_1 = A_p/A_a = 7400/9200 = 0,8$;

$\operatorname{tg} \varphi_2 = (1 - 0,95^2)/0,95 = 0,32$.

Выбираем трехфазные конденсаторы типа КМ1-0,38-13 каждый номинальной мощностью 13 квар на напряжение 380 В. Число конденсаторов в батарее

$$n = Q/13 = 185/13 = 14$$

Мощность различных конденсаторных установок для среднесуточной нагрузки можно найти в электротехнических справочниках и каталогах производителей [33].

4.2.11 Типы коэффициентов для условий среды и температуры

Проектирование электропроводок заключается в выборе типа используемого провода или кабеля и сечения токопроводящего проводника, а также способов их прокладки. В пределах жилых зданий используются, как правило, изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000 В.

Типы проводов или кабелей определяют:

- вид изоляции токоведущих жил (резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая и пр.);
- наличие общих оболочки и оплетки;
- горючесть изоляционного материала провода или кабеля;
- материал токоведущих жил (медь, алюминий);
- гибкость материала токоведущей жилы;
- конструктивное выполнение (круглый, плоский, самонесущий и др.);
- специальное назначение (например, для водопогружных насосов; повышенной термической стойкости и др.);
- напряжение (250, 380, 660 и 1000 В);
- число токоведущих жил.

Выбор типа провода или кабеля зависит от следующих факторов:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа (в земле, в воздухе, в трубах, в коробах, на лотках и кронштейнах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто);
- от категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);
- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ; механические внешние воздействия; наличие флоры и фауны; солнечное излучение; конструкция здания);
- от уровня напряжения питающей сети.

Электрический ток, протекающий по проводникам линий электрической сети, нагревает токоведущие жилы. Одновременно происходит охлаждение проводников путем отвода тепла в окружающую среду. Через некоторое время, если величина протекающего в проводниках тока не меняется, температура проводника достигает некоторого предельного значения, которое в дальнейшем остается неизменным.

Наибольшая допустимая температура для проводов и кабелей определяется условиями безопасности, надежности и экономичности.

Излишне высокая температура изолированного провода или кабеля служит причиной быстрого износа изоляции и сокращения срока службы проводки. Особенно опасным является перегревание изоляции проводников в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, где воспламенение изоляции может вызвать пожар или взрыв.

Таким образом, величина токовой нагрузки на проводник заданного сечения должна быть ограничена, с тем чтобы наибольшая температура

проводника не превышала определенного предела. ПУЭ устанавливают следующие наибольшие допустимые температуры при нагревании длительной токовой нагрузкой: голые провода и шины 70°C, провода и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией 65°C, кабели с бумажной изоляцией на напряжение до 3 000 В 80 °С.

Допустимые токовые нагрузки зависят от сечений проводника, его конструктивного выполнения и условий охлаждения. Допустимая токовая нагрузка на проводник рассчитывается по формуле(4.12)

$$I_{\text{д}} = K_{\text{п}} I_{\text{нд}} \quad (4.12)$$

Где, $I_{\text{нд}}$ - допустимая длительная токовая нагрузка на проводник при нормальных условиях прокладки

$K_{\text{п}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий прокладки проводника:

$$K_{\text{п}} = K_1 K_2 \dots$$

Значения поправочных коэффициентов:

K_1 - отклонения температуры окружающей среды;

K_2 - число проложенных в траншее рабочих кабелей;

K_3 - условия кратковременного или повторно-кратковременного режима работы потребителей;

K_4 - прокладка проводов в коробах и лотках

K_5 - увеличение допустимой нагрузки на кабели до 10 кВ при аварийном режиме;

K_6 - расположение шин на изоляторах.

Примечание: Допустимый длительный ток для кабелей, прокладываемых в блоках, рассчитывается в соответствии с пунктом 1.3.20 ПУЭ, с применением вышеуказанных коэффициентов.

Коэффициент K_1

Нормальной температурой окружающей среды при прокладке проводов и кабелей на воздухе считается +25°C и при прокладке кабелей в земле или воде +15° С

Коэффициент K_2

Это поправка на количество кабелей, проложенных в общей траншее.

Данный коэффициент учитывается при прокладке в общей траншее более одного кабеля. При этом не нагруженные резервные кабели не учитываются.

Коэффициент K_3

Это поправка на повторно-кратковременный и кратковременный режимы работы электропотребителей. Применяется для медных проводников сечением не менее 10 мм² и алюминиевых сечением не менее 16 мм² при условии, что продолжительность рабочего периода электропотребителя не превышает 4 мин, а продолжительность последующей паузы не менее 6 мин.

Это поправка на прокладку проводников в коробах и лотках.

При прокладке проводников в коробах, а также лотках пучками, допустимые длительные токовые нагрузки принимаются при числу проводов до 4, как для проводников, проложенных в трубах.

Коэффициент K5

Это поправка для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ включительно, работающих в нормальном длительном режиме с нагрузкой, не превышающей 80% допустимого длительного тока по нагреванию.

На время ликвидации аварии (не более 5 суток) допускается в часы максимума (длительностью не более 6 ч) перегрузка до 130%, что учитывается введением коэффициента $K5=1,3$.

Коэффициент K6

Это поправка для шин при их креплении на изоляторах плашмя.

При расположении шин на изоляторах плашмя к допустимой нагрузке вводится поправочный коэффициент $K10$, равный для шин с шириной полос до 60 мм 0,95 и для шин с шириной полос более 60 мм 0,92 [34].

4.2.12 Расчет по выбору сечений проводника, по допустимому току и экономической плотности тока

Сечение проводов и кабелей определяют, исходя из допустимого нагрева с учетом нормального и аварийного режимов, а также неравномерного распределения токов между отдельными линиями, поскольку нагрев изменяет физические свойства проводника, повышает его сопротивление, увеличивает бесполезный расход электрической энергии на нагрев токопроводящих частей и сокращает срок службы изоляции. Чрезмерный нагрев опасен для изоляции и контактных соединений и может привести к пожару и взрыву.

Выбор сечения кабеля и провода по нагреву.

Выбор сечения из условий допустимого нагрева сводится к пользованию соответствующими таблицами длительно допустимых токовых нагрузок I_d при которых токопроводящие жилы нагреваются до предельно допустимой температуры, установленной практикой так, чтобы предупредить преждевременный износ изоляции, гарантировать надежный контакт в местах соединения проводников и устранить различные аварийные ситуации, что наблюдается при $I_d \geq I_p$, I_p - расчетный ток нагрузки.

Периодические нагрузки повторно-кратковременного режима при выборе сечения кабеля пересчитывают на приведенный длительный ток(4.13)

$$I_p = I_{пв} \frac{\sqrt{ПВ}}{0,875} \quad (4.13)$$

где $I_{пв}$ - ток повторно-кратковременного режима приемника с продолжительностью включения ПВ.

При выборе сечения проводов и кабелей следует иметь в виду, что при одинаковой температуре нагрева допустимая плотность тока токопроводящих жил большего сечения должна быть меньше, так как увеличение сечения их происходит в большей степени, чем растет охлаждающая поверхность (рис.4.7). По этой причине часто с целью экономии цветных металлов вместо одного кабеля большего сечения выбирают два или несколько кабелей меньшего сечения.

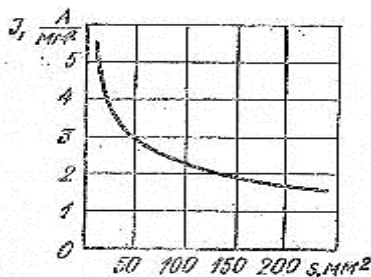


Рис.4.7 График зависимости допустимой плотности тока от сечения медных жил открыто проложенного трехжильного кабеля на напряжение 6 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, нагретых током до температуры +65°С при температуре воздуха +25 °С

При окончательном выборе сечения проводов и кабелей из условия допустимого нагрева по соответствующим таблицам необходимо учитывать не только расчетный ток линии, но и способ прокладки ее, материал проводников и температуру окружающей среды.

Кабельные линии на напряжение выше 1000 В, выбранные по условиям допустимого нагрева длительным током, проверяют еще на нагрев токами короткого замыкания. В случае превышения температуры медных и алюминиевых жил кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ свыше 200 °С, а кабелей на напряжения 35 - 220 кВ свыше 125 °С сечение их соответственно увеличивают.

Сечение жил проводов и кабелей сетей внутреннего электроснабжения напряжением до 1000 В согласуют с коммутационными возможностями аппаратов защиты линий - плавких предохранителей и автоматических выключателей - так, чтобы оправдывалось неравенство $I_d / I_z \leq k_z$, где k_z - кратность допустимого длительного тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания аппарата защиты I_z (из ПУЭ). Несоблюдение приведенного неравенства вынуждает выбранное сечение жил соответственно увеличить.

Выбор сечения кабелей и проводов по потере напряжения

Сечение кабелей и проводов (4.14), выбранное из условий нагрева и согласованное с коммутационными возможностями аппаратов защиты, нужно проверять на относительную линейную потерю напряжения.

$$\Delta U = \frac{U - U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} \times 100 \quad (4.14)$$

где U - напряжение источника электрической энергии, $U_{ном}$ - напряжение в месте присоединения приемника.

Допустимое отклонение напряжения на зажимах двигателей от номинального не должно превышать $\pm 5\%$, а в отдельных случаях оно может достигать $+10\%$.

В осветительных сетях снижение напряжения у наиболее удаленных ламп внутреннего рабочего освещения и прожекторных установок наружного освещения не должно превышать $2,5\%$ номинального напряжения ламп, у ламп наружного и аварийного освещения — 5% , а в сетях напряжением $12\text{,}42\text{ В}$ — 10% . Больше снижение напряжения приводит к существенному уменьшению освещенности рабочих мест, вызывает снижение производительности труда и может привести к условиям, при которых зажигание газоразрядных ламп не гарантировано. Наибольшее напряжение на лампах, как правило, не должно превышать 105% его номинального значения.

Повышение напряжения сетей внутреннего электроснабжения выше предусмотренного нормами не допустимо, так как оно приводит к существенному увеличению расхода электрической энергии, сокращению срока службы силового и осветительного электрооборудования, а иногда к снижению качества выпускаемой продукции.

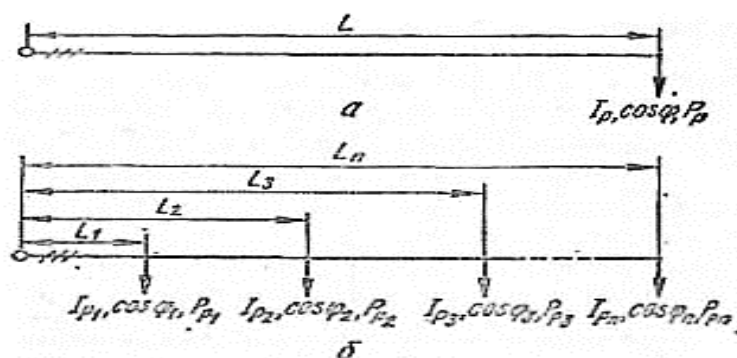


Рис.4.8. Расчет потери напряжения в трехфазной трехпроводной линии при выборе сечения кабелей и проводов: а - с одной нагрузкой на конце линии, б - с несколькими рапределенными нагрузками.

Проверку сечения проводников трехфазной трехпроводной линии с одной нагрузкой в конце ее (рис.4.8, а), характеризуемой расчетным током I_p и коэффициентом мощности $\cos \phi$ на относительную линейную потерю напряжения, выполняют так(4.15):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3 \times 100}}{U_{ном}} * (R_0 \times \cos \phi + X_0 \times \sin \phi) \times I_p \times L = \frac{10^5}{U_{ном}^2} \times (R_0 + X_0 \times \tan \phi) \times P_p \times L \quad (4.15)$$

где $U_{ном}$ — номинальное линейное напряжение сети, В, R_0 и X_0 — соответственно активное и индуктивное сопротивление одного километра

линии, выбираемое из справочных таблиц, Ом / км, P_p — расчетная активная мощность нагрузки, кВт, L — длина линии, км.

Для неразветвленной магистральной трехфазной трехпроводной линии постоянного сечения, несущей распределенные вдоль нее нагрузки с расчетными токами $I_{p1}, I_{p2}, \dots, I_p$ и соответствующими коэффициентами мощности $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2, \dots, \cos \varphi_i$, удаленными от источника питания на расстояния L_1, L_2, \dots, L_n (рис.4.8, б), относительная линейная потеря напряжения до наиболее удаленного приемника (4.16):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3 \times 100}}{U_{\text{ном}}} * \sum_{i=1}^{i=n} (R_0 \times \cos \varphi + X_0 \times \sin \varphi) \times I_{pi} \times L_i =$$

$$\frac{10^5}{U_{\text{ном}}^2} \times \sum_{i=1}^{i=n} (R_0 + X_0 \times \tan \varphi_i) \times P_{pi} \times L_i \quad (4.16)$$

где P_{pi} активная мощность — расчетная i -й нагрузки, удаленной от источника питания на расстояние L .

Если расчетная относительная потеря напряжения dU получится выше допустимой нормами, приходится выбранное сечение увеличить с тем, чтобы обеспечить нормируемое значение этой величины.

При небольших сечениях проводов и кабелей индуктивным сопротивлением X_0 можно пренебречь, что существенно упрощает соответствующие вычисления. в трехфазных трехпроводных распределительных сетях наружного освещения (рис.4.9) отличающихся значительной протяженностью, следует обращать внимание на правильное включение равноудаленных светильников, ибо в противном случае потери напряжения распределяются по фазам неравномерно и могут достигнуть нескольких десятков процентов по отношению к номинальному напряжению.

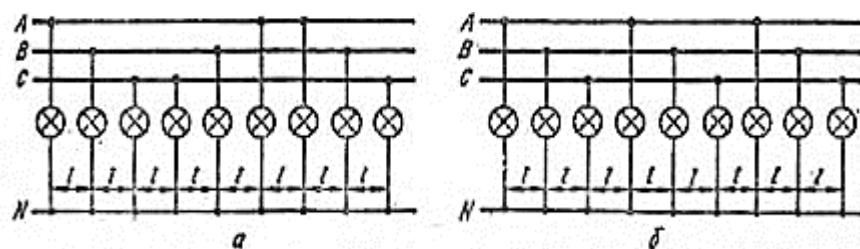


Рис.4.9. Схемы включения равноудаленных светильников наружного освещения: а - правильная, б – неправильная

Выбор сечения кабеля по экономической плотности тока

Выбор сечения проводов и кабелей без учета экономических факторов может привести к значительным потерям электрической энергии в линиях и существенному возрастанию эксплуатационных расходов. По этой причине сечение проводников электрических сетей внутреннего электроснабжения значительной протяженности, а также сетей, работающих с большим числом

часов использования максимума нагрузки $T_{\max} > 4000$ ч - должно быть не менее отвечающего рекомендованной экономической плотности тока, устанавливающей оптимальное соотношение между капитальными затратами и эксплуатационными расходами, которое определяют так (4.17):

$$S_{\text{э}} = \frac{I_{\text{э}}}{J_{\text{э}}} \quad (4.17)$$

где $I_{\text{р}}$ — расчетный ток линии без учета повышения нагрузки при авариях и ремонтах;

$J_{\text{э}}$ — экономическая плотность тока из расчета окупаемости капитальных затрат в течение 8 - 10 лет.

Расчетное экономическое сечение округляют до ближайшего стандартного и, если оно окажется свыше 150 мм^2 , одну кабельную линию заменяют двумя или несколькими кабелями с суммарным сечением, соответствующим экономическому. Применять кабели с малоизменяющейся нагрузкой сечением менее 50 мм^2 не рекомендуется.

Сечение кабелей и проводов напряжением до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки $T_{\max} < 4000 \dots 5000$ ч и все ответвления к приемникам того же напряжения, электрических сетей осветительных установок, временных сооружений и сооружений с малым сроком службы до 3 - 5 лет по экономической плотности тока не выбирают.

В трехфазных четырехпроводных сетях сечение нейтрального провода не рассчитывают, а принимают не менее 50% от сечения, выбранного для главных проводов, а в сетях, питающих газоразрядные лампы, вызывающие появление высших гармоник тока, такое же, как и главных проводов [35].

4.2.13 Потери напряжения в электрических сетях

Потребители электрической энергии работают нормально, когда на их зажимы подается то напряжение, на которое рассчитаны данный электродвигатель или устройство. При передаче электроэнергии по проводам часть напряжения теряется на сопротивление проводов и в результате в конце линии, т. е. у потребителя, напряжение получается меньшим, чем в начале линии.

Понижение напряжения у потребителя по сравнению с нормальным сказывается на работе токоприемника, будь то силовая или осветительная нагрузка. Поэтому при расчете любой линии электропередачи отклонения напряжений не должны превышать допустимых норм, сети, выбранные по току нагрузки и рассчитанные на нагрев, как правило, проверяют по потере напряжения.

Потерей напряжения ΔU называют разность напряжений в начале и конце линии (участка линии). ΔU принято определять в относительных

единицах — по отношению к номинальному напряжению. Аналитически потеря напряжения определена формулой(4.18):

$$\Delta U = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot l}{U_{\text{ном}}} \quad (4.18)$$

где P — активная мощность, кВт;

Q — реактивная мощность, квар;

r_0 — активное сопротивление линии, Ом/км;

x_0 — индуктивное сопротивление линии, Ом/км;

l — длина линии, км;

$U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение, кВ.

Значения активного и индуктивного сопротивлений (Ом/км) для воздушных линий, выполненных проводом марки А-16 А-120 даны в справочных таблицах. Активное сопротивление 1 км алюминиевых (марки А) и сталеалюминевых (марки АС) проводников можно определить также по формуле (4.19):

$$r_0 = \frac{32}{F} \quad (4.19)$$

где F — поперечное сечение алюминиевого провода или сечение алюминиевой части провода АС, мм² (проводимость стальной части провода АС не учитывают).

Согласно ПУЭ («Правилам устройства электроустановок»), для силовых сетей отклонение напряжения от нормального должно составлять не более $\pm 5 \%$, для сетей электрического освещения промышленных предприятий и общественных зданий — от $+5$ до $-2,5\%$, для сетей электрического освещения жилых зданий и наружного освещения $\pm 5\%$. При расчете сетей исходят из допустимой потери напряжений.

Учитывая опыт проектирования и эксплуатации электрических сетей, принимают следующие допустимые величины потери напряжений: для низкого напряжения — от шин трансформаторного помещения до наиболее удаленного потребителя — 6% , причем эта потеря распределяется примерно следующим образом: от станции или понизительной трансформаторной подстанции и до ввода в помещение в зависимости от плотности нагрузки — от $3,5$ до 5% , от ввода до наиболее удаленного потребителя — от 1 до $2,5\%$, для сетей высокого напряжения при нормальном режиме работы в кабельных сетях — 6% , в воздушных — 8% , при аварийном режиме сети в кабельных сетях — 10% и в воздушных — 12% .

Считают, что трехфазные трехпроводные линии напряжением $6-10$ кВ работают с равномерной нагрузкой, т. е. что каждая из фаз такой линии нагружена равномерно. В сетях низкого напряжения из-за осветительной нагрузки добиться равномерного ее распределения между фазами бывает

трудно, поэтому там чаще всего применяют 4-проводную систему трехфазного тока 380/220 В. При данной системе электродвигатели присоединяют к линейным проводам, а освещение распределяется между линейными и нулевым проводами. Таким путем уравнивают нагрузку на все три фазы.

При расчете можно пользоваться как заданными мощностями, так и величинами токов, которые соответствуют этим мощностям. В линиях, которые имеют протяженность в несколько километров, что, в частности, относится к линиям напряжением 6—10 кВ, приходится учитывать влияние индуктивного сопротивления провода на потерю напряжения в линии.

Для подсчетов индуктивное сопротивление медных и алюминиевых проводов можно принять равным 0,32—0,44 Ом/км, причем меньшее значение следует брать при малых расстояниях между проводами (500—600 мм) и сечениях провода выше 95 мм², а большее — при расстояниях 1000 мм и выше и сечениях 10—25 мм².

Потеря напряжения в каждом проводе трехфазной линии с учетом индуктивного сопротивления проводов подсчитывается по формуле (4.20)

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 \cdot l}{U_{\text{н}}} + \frac{Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{н}}} \quad (4.20)$$

где первый член в правой части представляет собой активную, а второй — реактивную составляющую потери напряжения.

Порядок расчета линии электропередачи на потерю напряжения с проводами из цветных металлов с учетом индуктивного сопротивления проводов следующий:

1. Задаемся средним значением индуктивного сопротивления для алюминиевого или сталеалюминиевого провода в 0,35 Ом/км.
2. Рассчитываем активную и реактивную нагрузки P , Q .
3. Подсчитываем реактивную (индуктивную) потерю напряжения (4.21)

$$\Delta U_p = \frac{Q \cdot x_0}{U_{\text{н}}} \quad (4.21)$$

4. Допустимая активная потеря напряжения определяется как разность между заданной потерей линейного напряжения и реактивной (4.22):

$$\Delta U_{\alpha} = \Delta U - \Delta U_p \quad (4.22)$$

5. Определяем сечение провода (4.23) s , мм²

$$s = \frac{P \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U_a \cdot U_{ном}} \quad (4.23)$$

где γ — величина, обратная удельному сопротивлению ($\gamma = 1/r_0$ — удельная проводимость).

6. Подбираем ближайшее стандартное значение s и находим для него по справочной таблице активное и индуктивное сопротивление на 1 км линии (r_0 , x_0).

7. Подсчитываем уточненную величину потери напряжения по формуле(4.24).

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 \cdot l}{U_n} + \frac{Q \cdot x_0 \cdot l}{U_n} \quad (4.24)$$

Полученная величина не должна быть больше допустимой потери напряжения. Если же она оказалась больше допустимой, то придется взять провод большего (следующего) сечения и произвести расчет повторно.

Для линий постоянного тока индуктивное сопротивление отсутствует и общие формулы, приведенные выше, упрощаются.

Расчет сетей постоянного тока по потерям напряжения.

Пусть мощность P , Вт, надо передать по линии длиной l , мм, этой мощности соответствует ток (4.25)

$$I = \frac{P}{U} \quad (4.25)$$

где U — номинальное напряжение, В.

Сопротивление провода линии в оба конца (4.26)

$$R = \frac{2 \cdot \rho \cdot l}{s} \quad (4.26)$$

где ρ — удельное сопротивление провода;

s — сечение провода, мм².

Потеря напряжения на линии (4.27)

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot s} \quad (4.27)$$

Последнее выражение дает возможность произвести проверочный расчет потери напряжения в уже существующей линии, когда известна ее нагрузка, или выбрать сечение провода по заданной нагрузке (4.28)

$$s = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (4.28)$$

Расчет сетей однофазного переменного тока по потерям напряжения.

Если нагрузка чисто активная (освещение, нагревательные приборы и т. п.), то расчет ничем не отличается от приведенного расчета линии постоянного тока. Если же нагрузка смешанная, т. е. коэффициент мощности отличается от единицы, то расчетные формулы принимают вид (4.29):

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \quad (4.29)$$

потери напряжения в линии (4.30)

$$\Delta U = I \cdot R = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot s \cdot \cos \varphi} \quad (4.30)$$

а необходимое сечение провода линии (4.31)

$$s = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U \cdot \cos \varphi} \quad (4.31)$$

Для распределительной сети 0,4 кВ, питающей технологические линии и другие электроприемники лесопромышленных или деревообрабатывающих предприятий, составляют ее расчетную схему и расчет потери напряжения ведут по отдельным участкам. Для удобства расчетов в таких случаях пользуются специальными таблицами. Приведем пример такой таблицы (таблица 1), где приведены потери напряжения в трехфазной ВЛ с алюминиевыми проводами напряжением 0,4 кВ.

Таблица 1.

Номинальное сечение, мм ²	Относительные потери напряжения, % на 1 кВт*км, при коэффициенте реактивной мощности								
	1,02	0,88	0,75	0,62	0,53	0,48	0,36	0,28	0,90
16	1,62	1,58	1,55	1,52	1,5	1,49	1,46	1,44	1,37
25	1,13	1,1	1,1	1,03	1,02	1,0	0,97	0,96	0,89
35	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,75	0,72	0,7	0,64

Потери напряжения определены следующей формулой (4.32):

$$\Delta U = \Delta U_{\text{табл}} \cdot M_a \quad (4.32)$$

где ΔU —потеря напряжения, В;

$\Delta U_{\text{табл}}$ — значение относительных потерь, % на 1 кВт•км;

Ma — произведение передаваемой мощности P (кВт) на длину линии, кВт•км; [36].

4.2.14 Конструирование цеховых трансформаторных подстанций в зависимости от схем электроснабжения

Трансформаторные подстанции служат для приема, преобразования и распределения электроэнергии. Конкретно распределительные подстанции служат только для приема и распределения электроэнергии, но без преобразования.

В зависимости от того, насколько велико удаление потребителя от источника питания, а также в зависимости от количества потребляемой мощности, в системах электрификации применяются подстанции следующих четырех основных видов:

- узловая распределительная подстанция;
- главная понизительная подстанция;
- подстанция глубокого ввода;
- трансформаторный пункт.

Узловая распределительная подстанция, сокращенно УРП - это такая центральная подстанция, на которую от энергосистемы подается электроэнергия при напряжении от 110 до 220 кВ, и где она распределяется, с частичной трансформацией или вообще без трансформации, по подстанциям глубокого ввода при напряжениях от 35 до 220 кВ, расположенным на территории промышленного предприятия.

Чаще всего узловые распределительные подстанции находятся в ведении организации, осуществляющей электроснабжение, поэтому и размещаются эти подстанции вне предприятия, но вблизи него.

Когда УРП определено предназначена для питания нескольких подстанций глубокого ввода, на одном предприятии, то рассматривают возможность размещения УРП на территории этого предприятия, и тогда эксплуатация подстанции ложится на плечи персонала предприятия.

Главная понизительная подстанция, сокращенно ГПП, - это подстанция рассчитанная на входное напряжение от 35 до 220 кВ, которая получает питание напрямую от районной энергетической системы, и распределяет электрическую энергию по предприятию, но уже при сильно пониженном напряжении.

ГПП считается одним источником, если питается по одной двухцепной линии, и двумя источниками, если питается по двум одноцепным линиям (на разных опорах) или по двум кабельным линиям, проложенным по разным трассам. ТЭЦ можно принять за несколько источников питания, если при выходе из строя генератора или при аварии на секции остальные секции (генераторы) продолжают работать.

Подстанция глубокого ввода, сокращенно ПГВ, - это подстанция, на которую подается напряжение от 35 до 220 кВ, обычно она выполнена с применением упрощенных схем коммутации на стороне первичного напряжения, и получает питание или от энергетической системы напрямую, или от центрального распределительного пункта на самом предприятии.

Предназначение ПГВ — питание группы установок конкретного предприятия или какого-то отдельного объекта на этом предприятии. Схемами с глубоким вводом называют схемы электроснабжения с подстанциями глубокого ввода.

Подстанции глубоких вводов располагаются вблизи наиболее крупных энергоемких производств и корпусов с концентрированной нагрузкой, например: прокатные и электросталеплавильные цехи; сталепроволочные и крепежно-калибровочные блоки метизных заводов; обогатительные фабрики и ряд других производств.

Трансформаторный пункт(рис.4.11), сокращенно ТП, - это подстанция с первичным напряжением, равным 35 кВ, 10 кВ или 6 кВ, которая питает напряжением 230 и 400 В непосредственно приемники электроэнергии. Иначе эти подстанции, в электрических сетях промышленных объектов, именуют цеховыми подстанциями.

Трансформаторные пункты часто выполняют сегодня из комплектных трансформаторных подстанций. Число трансформаторов может здесь варьироваться. Когда питаются потребители 3 категории, то, как правило, устанавливается один трансформатор. Когда в районе сконцентрирована значительная мощность нагрузки на 380 / 220 вольт, или когда питаются потребители 2 и 1 категорий, то трансформаторов ставится два.

Способы присоединения трансформаторных подстанций к питающим линиям различны, и подразделяются подстанции по этому признаку на:

- тупиковые трансформаторные подстанции;
- проходные трансформаторные подстанции;
- ответвительные трансформаторные подстанции.

На тупиковую подстанцию питание подается отдельной линией. Для питания тупиковых подстанций используются радиальные схемы питания, либо такая подстанция является последней в магистральной схеме с питанием односторонним.

Для проходных подстанций характерно включение в рассечку (в проход) магистральной линии питания, когда имеют место как вход, так и выход линии. Ответвительные подстанции подключаются через ответвления от питающих линий.

Трансформаторные подстанции бывают сборными или комплектными. Комплектные трансформаторные подстанции(рис.4.12), сокращенно КТП, состоят полностью из комплектных узлов. Их изготавливают на заводах, затем доставляют этими узлами на место установки, то есть демонтаж оборудования здесь не требуется. На месте уже блоки, узлы и присоединения монтируют, подключают к питающим сетям.

КТП широко применяются на производственных предприятиях, где их устанавливают внутри или снаружи (КТПН). Сборные подстанции изготавливают на заводах отдельными элементами, затем на месте элементы собирают и монтируют.

Любая трансформаторная подстанция включает в себя три главных блока:

- распределительное устройство низшего напряжения;
- трансформатор;
- распределительное устройство высшего напряжения.

Зачастую для приема электроэнергии служат распределительные устройства высокого напряжения (РУВН), которые подают ее к трансформаторам. В некоторых случаях РУВН выполняют функции как приема, так и распределения электрической энергии. Распределительные же устройства низкого напряжения (РУНН) всегда и везде осуществляют только прием и распределение электроэнергии.

Являясь одним из главных составляющих звеньев в системе электрификации любого крупного производственного предприятия, трансформаторная подстанция требует особо тщательного подхода к формированию наиболее рациональным способом схемы распределения электроэнергии.

Место установки подстанции подбирается так, чтобы распределительная и трансформаторная подстанции всех необходимых параметров были бы расположены как можно ближе к центру обслуживаемых ими групп нагрузок. Если от этой стратегии отступить, то возрастут потери, увеличится расход кабелей, проводов и т. д.

Подстанции классифицируются по месту их базирования на территории того или иного объекта на четыре типа:

- отдельно стоящие подстанции, располагающиеся на каком-то расстоянии от зданий;
- пристроенные подстанции, примыкающие непосредственно к стенам снаружи здания;
- встроенные подстанции, располагающиеся в специализированных отдельных помещениях внутри строения или примыкающие изнутри сооружения к его стенам;
- внутрицеховые подстанции, находящиеся внутри цехов, то есть электрооборудование размещается непосредственно в рабочем помещении, либо в закрытом помещении с выкаткой оборудования подстанции в цеха.

Промышленные сети с напряжением от 6 кВ до 10 кВ, с целью их сближения с электроприемниками, рекомендуется оснащать внутренними, интегрированными в здания или пристроенными к ним подстанциями.

Для очень крупных многопролетных цехов значительной ширины наиболее подходящими являются внутрицеховые трансформаторные подстанции, к примеру для производств, связанных с деревообработкой, с металлообработкой, и для иных производств, для установки в котельных, в насосных, в компрессорных станциях.

Монтаж таких подстанций осуществляют чаще всего возле колонн или возле закрытых помещений внутри цеха, за пределами зоны работы кранов. Эти подстанции подходят только для зданий второй и первой степени по огнестойкости, с производствами категорий Д и Г в соответствии с противопожарными нормами.

Количество силовых масляных трансформаторов, установленных во внутрицеховых подстанциях не должно превышать трех штук. Это ограничение не касается сухих трансформаторов или трансформаторов заполненных негорючей жидкостью. Трансформаторы внутрицеховых подстанций можно выкатывать из цеха, тогда естественной вентиляции будет достаточно.

Если применение внутрицеховых подстанций недопустимо, например, из-за обычного загрязнения воздуха рабочей зоны, или по причине нахождения потребителей за пределами цеха, тогда лучше подойдут пристроенные трансформаторные подстанции.

Встроенные и пристроенные ТП как правило располагают вдоль длинной стороны цеха, ближней к источнику питания, либо в небольших цехах — в чередующемся порядке вдоль двух стен цеха.

Относительно компоновки подстанции важно помнить, что она обязательно соотносится с генеральным планом объекта электроснабжения. Нужно непременно учесть СНиПы и размеры элементов зданий. Главные критерии при этом следующие:

- безопасность обслуживания оборудования в штатном режиме работы установки;
- удобство наблюдения за индикаторами положения разъединителей и выключателей, а также за уровнем трансформаторного масла в соответствующих аппаратах;
- надлежащая степень обнаружения повреждений в случае нарушения штатных условий функционирования установки при дуговом коротком замыкании;
- безопасность осмотра и ремонта как любого аппарата так и любой цепи при снятом напряжении, без помех для соседних цепей, пребывающих под напряжением;
- достаточная механическая стойкость опорных конструкций оборудования;
- удобство транспортировки оборудования;
- по возможности максимальная экономия площади [37].

4.2.15 Конструирование главных понизительных подстанций

В электроснабжении промышленных предприятий широкое применение находят комплектные трансформаторные подстанции (КТП), состоящие из силовых трансформаторов, шкафов ввода высшего и низшего напряжения, шкафов отходящих линий и в случае двух- или трехтрансформаторных подстанций — секционных шкафов.

Силовые трансформаторы КТП имеют следующие номинальные мощности: 250, 400, 630, 1000, 1600 и 2500 кВА и номинальные напряжения: высшее — 6; 10 кВ; низшее — 0,4; 0,69 кВ.

В зависимости от системы охлаждения различают трансформаторы сухие — ТСЗ (естественное воздушное охлаждение при защищенном исполнении), масляные — ТМЗ (масляное охлаждение, защита масла с помощью азотной подушки без расширителя); с негорючим жидким диэлектриком — ТНЗ (естественное охлаждение диэлектриком, защита диэлектрика с помощью азотной подушки без расширителя).

По количеству трансформаторов все подстанции подразделяют на однотрансформаторные, двухтрансформаторные, трехтрансформаторные. Однотрансформаторные подстанции применяют для питания потребителей III категории, а также части приемников II категории, допускающих перерыв питания на время замены трансформатора. Для электроприемников I и II категорий по надежности электроснабжения, требующих резервирования питания, как правило, устанавливают двухтрансформаторные подстанции.

Если питание получают преимущественно потребители I категории, то на стороне низшего напряжения подстанции предусматривают устройство АВР, срабатывающее при аварийном отключении одного из трансформаторов.

При питании потребителей II категории в аварийном режиме допускается ручное подключение резерва.

Двухтрансформаторные подстанции (рис. 4.10) применяют также для питания отдельно стоящих объектов общезаводского назначения — компрессорных, насосных станций.

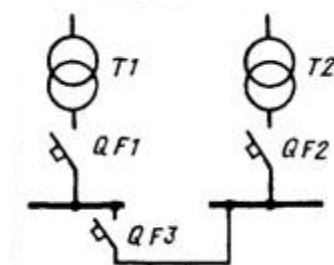


Рис. 4.10. Принципиальная схема двухтрансформаторной подстанции
QF1, QF2 — автоматические выключатели ввода низшего напряжения трансформаторов T1, T2;
QF3 — секционный автоматический выключатель.

В последние годы разработана серия трехтрансформаторных подстанций (рис. 4.11), применение которых с симметричным распределением нагрузки в послеаварийном режиме на оставшиеся в работе два трансформатора позволяет увеличить загрузку каждого из трех трансформаторов в нормальном режиме.

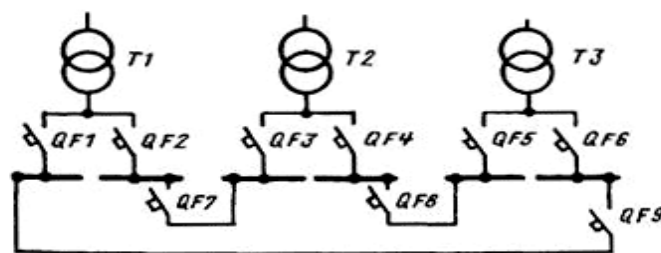


Рис.4.11. Принципиальная схема трехтрансформаторной подстанции
 QF1, QF2, QF3, QF4, QF5, QF6 — автоматические выключатели ввода
 низшего напряжения трансформаторов T1, T2 и T3 соответственно; QF7,
 QF8, QF9 — секционные автоматические выключатели

В общем виде соотношения между коэффициентами загрузки трансформатора в нормальном режиме k_z и в послеаварийном режиме $k_{z\text{ ав}}$ равны:

- для двухтрансформаторных подстанций $k_z = 0,5 k_{z\text{ ав}}$;
- для трехтрансформаторных подстанций $k_z = 0,666 k_{z\text{ ав}}$.

Применение трехтрансформаторных подстанций при условии полного резервирования нагрузки обеспечивает 25 %-ную экономию трансформаторной мощности по сравнению с двухтрансформаторными подстанциями.

К преимуществам трехтрансформаторных подстанций относится также значительное снижение токов вводных и секционных выключателей в послеаварийных режимах. В то же время у трехтрансформаторных подстанций сборные шины РУ до 1 кВ конструктивно выполнить труднее вследствие необходимости соединений секций между собой, а схема АВР получается более сложной по сравнению с двухтрансформаторной подстанцией. Трехтрансформаторные подстанции целесообразно применять для питания потребителей I и II категорий, как при сосредоточенной, так и при распределенной нагрузке, питаемой по магистральным сетям.

Цеховые трансформаторные подстанции напряжением 6 — 10/(0,4 - 0,69) кВ выполняют без сборных шин первичного напряжения как при радиальном, так и при магистральном питании. При радиальной схеме питания цеховой трансформатор обычно имеет глухое присоединение к линии 6—10 кВ, идущей от распределительной подстанции. Коммутационный аппарат (разъединитель или выключатель нагрузки) перед цеховым трансформатором применяют в следующих случаях: источник питания находится в ведении другой эксплуатирующей организации, подстанция значительно (более 3 км) удалена от источника питания, она питается по воздушной линии, на стороне низшего напряжения не установлен отключающий аппарат.

При магистральной схеме питания на вводе к цеховому трансформатору в большинстве случаев устанавливают выключатель нагрузки последовательно с предохранителем или разъединитель в комплекте с

предохранителем, позволяющий осуществить селективное отключение цеховой ТП при повреждении или ненормальном режиме работы трансформатора. Рекомендуются схема включения предохранителя — перед выключателем нагрузки.

Выбор типа трансформаторов осуществляется в зависимости от требований окружающей среды. Для внутренней установки преимущественно рекомендуется применение масляных трансформаторов, но с ограничениями по числу и мощности. Для внутрицеховых подстанций с трансформаторами сухими или с негорючим жидким (твердым) диэлектриком мощность трансформаторов, их число, расстояние между ними, этаж, на котором они могут быть установлены, не ограничиваются.

Трансформаторы с охлаждением негорючей жидкостью целесообразно применять в тех производственных помещениях, где по условиям среды, по числу, значению мощности и этажности нельзя применять масляные трансформаторы. Сухие трансформаторы мощностью не более 100 — 630 кВА применяют главным образом на испытательных станциях, в лабораториях и других установках с ограничениями по условиям пожарной безопасности [38].

4.2.16 Расчет заземляющих устройств и их выполнение

Расчет заземляющих устройств сводится к определению переходного сопротивления растекания тока замыкания на землю с заземлителей, зависящего от удельного сопротивления слоев грунта ρ . Сопротивление слоев грунта зависит от их состава, влажности, уровня грунтовых вод и температуры. Наиболее точно ρ можно определить непосредственным промером на месте одним из существующих методов. Рекомендуемые при предварительных расчетах значения для различных грунтов и повышающие коэффициенты в промерзающих грунтах приводятся в справочниках.

После того, как заземляющее устройство выполнено, обязательно измеряется его сопротивление, и если оно будет отличаться от нормативного, то его снижают, добавляя число заземлителей или повышая проводимость грунта, внося в него шлак, соль или иные вещества.

Произведя расчет для искусственных заземлителей, предварительно определяют, не окажется ли достаточно естественных заземлителей, а уже затем подсчитывают необходимое сопротивление заземлителей искусственных (4.33)

$$R_{\text{иск}} = \frac{R_{\text{зу}} \cdot R_{\text{ест}}}{R_{\text{ест}} - R_{\text{зу}}} \quad (4.33)$$

где $R_{\text{иск}}$ — сопротивление заземлителей искусственных;

$R_{\text{ест}}$ — то же, естественных;

$R_{\text{зу}}$ — нормальное сопротивление.

Заземлители свариваются со стальной полосой сечением 40х4 мм или таким же прутком. Эти полосы укладывают в землю на глубину 0,7 м и образуют общий контур заземлителей.

Стальной пруток длиной 5 м в нормальном грунте (суглинок) при $\rho = 100 \text{ ом} \cdot \text{м}$ имеет переходное сопротивление 22,7 Ом. Для получения нормативного сопротивления растеканию одиночного заземлителя 22,7 Ом подсчитывается сопротивление контура, которое состоит из сопротивления вертикальных R_v и горизонтальных электродов в виде соединительной полосы R_g , включенных параллельно (4.34).

$$\frac{1}{R_{\text{иск}}} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_g} \quad (4.34)$$

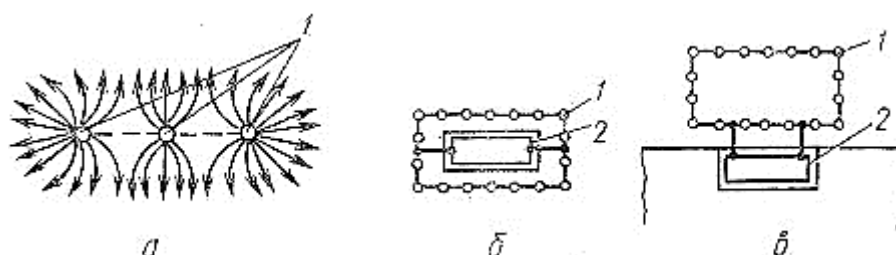


Рис.4.12. Заземляющие устройства: а - линии тока параллельно включенных заземлителей, б - контур заземления отдельно стоящей трансформаторной подстанции, в - то же встроенной подстанции- 1 - заземлители, 2 - внутренний контур заземления

Расстояние между электродами должно быть не менее их длины во избежание явления их взаимного экранирования (рис.4.12, а), что ведет к увеличению сопротивления заземлителя. Контур выполняется в форме прямоугольника, охватывающего электроустановку (например, отдельно стоящую станцию или подстанцию). Если электроустановка встроена в здание, то контур заземлителей делается выносным и присоединяется к внутреннему контуру (внутри здания) не менее чем двумя полосами (рис.4.12 б, в).

В установках с изолированной нейтралью и малыми токами замыкания на землю сечение заземляющих проводников считается достаточным: медных 25, алюминиевых 35, стальных 120 мм². Минимальное сечение круглой или полосовой стали магистралей заземления должно быть не менее 100 мм² в установках до 1000 В и 120 мм² в установках выше 1000 В.

Для электроустановок напряжением выше 1000 В с малыми токами замыкания на землю сопротивление заземляющего устройства должно удовлетворять условию(4.35)

$$R_z \leq \frac{U_z}{I_z} \quad (4.35)$$

где U_z принимается 250 В, если заземляющее устройство используется только для установок напряжением выше 1000 В, и $U_z=125$ В, если заземляющее устройство используется одновременно и для установок напряжением до 1000 В;

I_z - расчетный ток замыкания на землю, А.

В расчетах заземляющих устройств используют следующие упрощенные формулы, определяющие сопротивление, искусственных заземлителей:

- для углубленного пруткового электрода диаметром 10 - 12 мм, длиной около 5 м

$$R_z = 0,00227 \cdot \rho$$

- для электрода из уголковой стали 50x50x5 мм и длиной 2,5 - 2,7 м

$$R_z = 0,0034 \cdot \rho$$

- для электрода из трубы диаметром 50 - 60 мм и длиной 2,5 м

$$R_z = 0,00325 \cdot \rho$$

В установках напряжением до 1000 В правильный выбор заземляющих устройств обеспечивает и условия быстрого и надежного отключения участка сети (электроустановки) в случае короткого замыкания [39].

4.2.17 Испытание изоляции различных видов электрооборудования

Испытания изоляции повышенным напряжением позволяют выявить локальные дефекты, не обнаруживаемые иными методами; кроме того, такой метод испытаний является прямым способом контроля способности изоляции выдерживать воздействия перенапряжений и дает определенную уверенность в качестве изоляции. К изоляции прикладывается испытательное напряжение, превышающее рабочее напряжение, и нормальная изоляция выдерживает испытания, а дефектная пробивается.

При испытаниях повышенным напряжением используются три основных вида испытательных напряжений: повышенное напряжение промышленной частоты, выпрямленное постоянное напряжение и импульсное испытательное напряжение (стандартные грозовые импульсы).

Основным видом испытательного напряжения является напряжение промышленной частоты. Время приложения такого напряжения - 1 мин, и изоляция считается выдержавшей испытания, если за это время не наблюдалось пробоя или частичных повреждений изоляции. В некоторых случаях проводят испытания напряжением повышенной частоты (обычно 100 или 250 Гц).

При большой емкости испытуемой изоляции (при испытании кабелей, конденсаторов) требуется применение испытательной аппаратуры большой

мощности, поэтому такие объекты чаще всего испытываются повышенным постоянным напряжением. Как правило, при постоянном напряжении диэлектрические потери в изоляции, приводящие к ее нагреву, на несколько порядков ниже, чем при переменном напряжении такого же эффективного значения; кроме того, и интенсивность частичных разрядов намного ниже. При таких испытаниях нагрузка на изоляцию существенно меньше, чем при испытаниях переменным напряжением, поэтому для пробоя дефектной изоляции требуется более высокое постоянное напряжение, чем испытательное переменное напряжение.

При испытаниях постоянным напряжением дополнительно контролируется ток утечки через изоляцию. Время приложения постоянного испытательного напряжения составляет от 5 до 15 мин. Изоляция считается выдержавшей испытания, если она не пробилась, а значение тока утечки к концу испытаний не изменилось или снизилось.

Третьим видом испытательного напряжения являются стандартные грозовые импульсы напряжения с фронтом 1,2 мкс и длительностью до полуспада 50 мкс. Испытания импульсным напряжением производят потому, что изоляция в процессе эксплуатации подвергается воздействию грозовых перенапряжений со схожими характеристиками. Воздействие грозовых импульсов на изоляцию отличается от воздействия напряжения частотой 50 Гц из-за гораздо большей скорости изменения напряжения, приводящей к другому распределению напряжения по сложной изоляции типа изоляции трансформаторов; кроме того, сам процесс пробоя при малых временах отличается от процесса пробоя на частоте 50 Гц, что описывается вольт-секундными характеристиками. По этим причинам испытаний напряжением промышленной частоты в ряде случаев оказывается недостаточно.

Воздействие грозовых перенапряжений на изоляцию часто сопровождается срабатыванием защитных разрядников, срезающих волну перенапряжения через несколько микросекунд после ее начала, поэтому при испытаниях используют импульсы срезанные через 2-3 мкс после начала импульса (срезанные стандартные грозовые импульсы). Амплитуда импульса выбирается исходя из возможностей оборудования, защищающего изоляцию от перенапряжений, с некоторыми запасами, и исходя из возможности накопления скрытых дефектов при многократном воздействии импульсных напряжений. Конкретные величины испытательных импульсов определяются по ГОСТ 1516.1-76.

Испытания внутренней изоляции проводят 3-х ударным методом. На объект подается по три импульса положительной и отрицательной полярности, сначала полные, а затем срезанные. Интервал времени между импульсами - не менее 1 мин. Изоляция считается выдержавшей испытания, если во время испытания не произошло ее пробоев и не обнаружено повреждений. Методика обнаружения повреждений довольно сложна и обычно проводится осциллографическими методами.

Внешняя изоляция оборудования испытывается 15-и ударным методом, когда к объекту с интервалом не менее 1 мин. прикладывается по пятнадцать

импульсов обеих полярностей, как полных, так и срезанных. Изоляция считается выдержавшей испытания, если в каждой серии из пятнадцати импульсов было не более двух полных разрядов (перекрытий).

Все виды испытаний можно разделить на три основные группы, различающиеся по назначению и, соответственно, по объему и нормам:

- испытания новых изделий на заводе-изготовителе;
- испытания после прокладки или монтажа нового оборудования, испытания после капитального ремонта;
- периодические профилактические испытания.

При профилактических или послеремонтных испытаниях проверяется способность изоляции проработать без отказа до следующих очередных испытаний. Контроль изоляции повышенным напряжением дает только косвенную оценку длительной электрической прочности изоляции, и основная его задача - проверка отсутствия грубых сосредоточенных дефектов.

Испытательные напряжения для нового оборудования на заводах-изготовителях определяется ГОСТ 1516.2-97, а при профилактических испытаниях величины испытательных напряжений принимаются на 10-15% ниже заводских норм. Этим снижением учитывается старение изоляции и ослабляется опасность накопления дефектов, возникающих при испытаниях.

Контроль изоляции повышенным напряжением в условиях эксплуатации проводится для некоторых видов оборудования (вращающиеся машины, силовые кабели) с номинальным напряжением не выше 35 кВ, поскольку при более высоких напряжениях испытательные установки слишком громоздки.

Кабели. Испытательные напряжения для кабелей устанавливаются в соответствии с ожидаемым уровнем внутренних и грозовых перенапряжений.

На заводах-изготовителях маслонаполненные кабели и кабели с маловязкой пропиткой испытывают повышенным напряжением промышленной частоты (около $2,5 U_{ном}$). Кабели с вязкой пропиткой и газовые кабели для предотвращения повреждения изоляции испытывают выпрямленным напряжением порядка $(3,5..4) U_{ном}$, где $U_{ном}$ - линейное напряжение при рабочих напряжениях 35 кВ и менее.

Кроме того, измеряют сопротивление изоляции, а при рабочих напряжениях 6 кВ и более измеряют сопротивление изоляции и $\tan \delta$.

После прокладки кабеля, после капитального ремонта и во время профилактических испытаний изоляцию кабелей испытывают повышенным выпрямленным напряжением. Время испытаний для кабелей напряжением 3...35 кВ составляет 10 мин для кабелей после прокладки и 5 мин после капитального ремонта и во время профилактических испытаний. Периодичность профилактических испытаний составляет от двух раз в год до 1 раза в три года для разных кабелей. При испытаниях контролируется ток утечки, значения которого лежат в пределах от 150 до 800 мкА/км для нормальной изоляции. До и после испытаний измеряется сопротивление изоляции.

Силовые трансформаторы. На заводе-изготовителе внутренняя и

внешняя изоляция испытывается полными и срезанными стандартными грозовыми импульсами, а также повышенным переменным напряжением промышленной частоты. Обнаружение повреждений продольной изоляции чаще всего проводят осциллографированием тока в нейтрали трансформатора и сравнением осциллограммы с типовой.

Если изоляция нейтрали и линейного вывода одинаковы, то при испытаниях повышенным переменным напряжением оба конца испытуемой обмотки изолируются, и на обмотку подается напряжение от постороннего источника. Если уровень изоляции нейтрали понижен, то испытания проводятся индуктированным напряжением повышенной частоты (до 400 Гц) с тем, чтобы можно было бы подавать напряжение порядка $2 U_{ном}$. Нейтраль при этом заземляется или на нее подается постороннее напряжение той же частоты. Поскольку ЭДС самоиндукции в обмотке пропорциональна частоте, то при той же максимальной индукции можно приложить повышенное, по сравнению с рабочим, испытательное напряжение.

При испытаниях изоляции должна быть испытана поочередно каждая электрически независимая цепь или параллельная ветвь (в последнем случае - при наличии полной изоляции между ветвями), а испытательное напряжение прикладывается между выводом и заземленным корпусом, все другие обмотки заземляются. Измерения сопротивления изоляции проводят до и после испытаний повышенным напряжением.

Перед первым включением вновь смонтированного трансформатора измеряют пробивное напряжение трансформаторного масла, сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции, отношение C_2/C_{50} , $tg\delta$ (значение которого сравнивают с результатами заводских испытаний).

Во время периодических профилактических испытаний проводят те же испытания, что и перед первым включением, но допустимые значения $tg\delta$ при этом увеличены. Испытания изоляции повышенным напряжением при профилактических испытаниях предполагаются для обмоток напряжением до 35 кВ, значения испытательных напряжений при этом снижаются до 0,85-0,9 значения заводского испытательного напряжения.

Периодичность профилактических испытаний для разных трансформаторов колеблется от 1 раза в год до 1 раза в 4 года.

Вводы высокого напряжения. Основной вид контроля - периодический осмотр (от одного раза в трое суток до одного раза в шесть месяцев), также измеряют сопротивление изоляции между специальной измерительной обкладкой ввода и соединительной втулкой. Периодичность таких испытаний для разных вводов разная, но не реже одного раза в 4 года [40].

4.2.18 Схемы защиты от перенапряжения

Перенапряжение – это ненормальный режим работы в электрических сетях, который заключается в чрезмерном увеличении значения напряжения выше допустимых значений для участка электрической сети, который

является опасным для элементов оборудования данного участка электрической сети.

Изоляция оборудования электроустановок рассчитана на нормальную работу при определенных значениях напряжения, в случае наличия перенапряжения, изоляция приходит в негодность, что приводит к повреждению оборудования и представляет опасность для обслуживающего персонала или людей, которые находятся в непосредственной близости к элементам электрических сетей.

Способы защиты от перенапряжений

В электроустановках для защиты оборудования от возможных перенапряжений применяют такое защитное оборудование, как разрядники и ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН).

Основным конструктивным элементом данного защитного оборудования является элемент с нелинейными характеристиками. Характерная особенность данных элементов заключается в том, что они изменяют свое сопротивление в зависимости от приложенного к ним значения напряжения. Рассмотрим вкратце принцип работы данных защитных элементов.

Разрядник или ограничитель перенапряжения присоединяется к шине рабочего напряжения и к контуру заземления электроустановки. В нормальном режиме, то есть, когда сетевое напряжение находится в пределах допустимых значений, разрядник (ОПН) имеет очень большое сопротивление, и он не проводит напряжение.

В случае возникновения перенапряжения на участке электрической сети сопротивление разрядника (ОПН) резко падает, и данный защитный элемент проводит напряжение, способствуя утечке возникшего скачка напряжения в заземляющий контур. То есть на момент перенапряжения разрядник (ОПН) осуществляет электрическое соединение провода с землей.

Разрядники и ОПН устанавливаются для защиты элементов оборудования на территории распределительных устройств электроустановок, а также в начале и в конце линий электропередач напряжением 6 и 10 кВ, которые не оборудованы грозозащитным тросом.

Для защиты от природных (внешних) перенапряжений на металлических и железобетонных конструкциях открытых распределительных устройств устанавливают стержневые молниеотводы. На высоковольтных линиях напряжением 35 кВ и выше применяют грозозащитный трос (тросовый молниеотвод), который располагается в верхней части опор линий электропередач на всей их протяженности, соединяясь с металлическими элементами линейных порталов открытых распределительных устройств подстанций. Молниеотводы притягивают атмосферные заряды на себя, тем самым предупреждая их попадания на токоведущие части электрооборудования электроустановок.

Для обеспечения надежной защиты оборудования электроустановок от возможных перенапряжений, разрядники и ограничители перенапряжений, как и все элементы оборудования, должны проходить периодические

ремонт и испытания. Также необходимо в соответствии с установленной периодичностью проверять сопротивление и техническое состояние заземляющих контуров распределительных устройств.

Защита от молний — это достаточно важный пункт в электрической цепи дома. Молния - это природный разряд электричества.

Молниезащита.

В первую очередь это молниеотвод, который всегда устанавливается на самой высокой точке дома, соединенный проводником с вашей системой заземления.

Задача внешней системы молниезащиты состоит в том, чтобы на долю секунды раньше непосредственного контакта уловить разряд молнии и отправить его по токоотводам на заземление.

Молниеприемник, который устанавливается на крыше, обычно бывает двух видов (рис.4.13 и 4.14).

1.

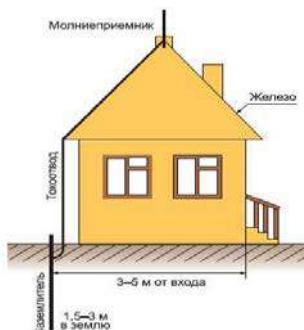


Рис.4.13. Высокий металлический штырь.

2.

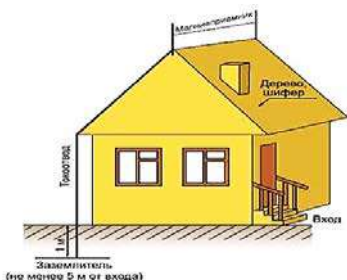


Рис.4.14. Трос, протянутый вдоль всего конька крыши.

Есть еще один вариант и состоит он в том, что на крышу жилья укладывается металлическая сетка (рис.4.15), сваренная из арматур сечением 8 – 10 мм², и с шагом ячеек обычно составляющих 2- 6м.

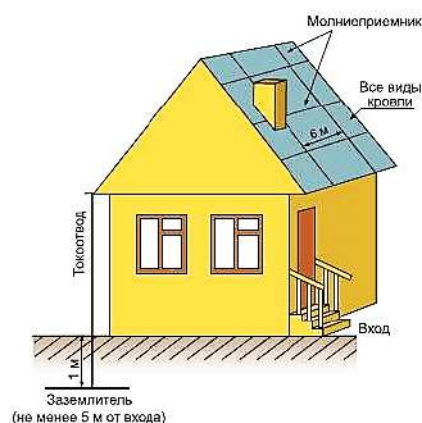


Рис.4.15. Металлическая сетка для защиты от молний

Сечение молниеприемника должно быть не меньше 12 мм^2 , но лучше конечно, чтобы молниеприемник имел запас по сечению. При установке штыря всегда надо помнить, что он должен возвышаться над самой высокой точкой кровли не меньше чем на 30 см, то же самое относится и к тросовому приемнику.

Зона (рис.4.16), которую защищает громоотвод, примерно равна его высоте. То есть при высоте над землей к примеру 8м он защитит от попадания молнии территорию круга с радиусом равным 8 метрам.

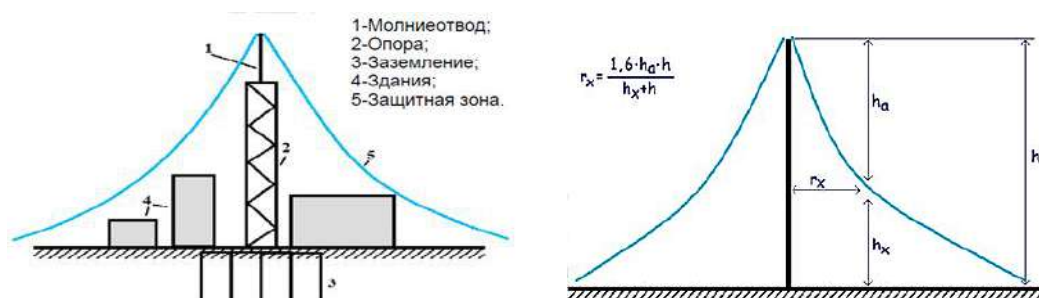


Рис.4.16 Зона защиты

Провод, по которому энергия молнии пойдет к заземлителю, надо брать стальной сечением не меньше 10 мм^2 или медный с сечением не меньше 6 мм^2 . Проводник соединяется с приемником сваркой или при помощи болтового соединения. Проводник не должен проходить мимо металлических элементов ближе чем на 30 см [41].

4.2.19 Чтения и составления схем

Основным техническим документом для электромонтера и электромонтажника является учебное пособие для электромеханика. Чертеж включает размеры, форму, материал и состав электроустановки. По нему не всегда можно понять функциональную связь между элементами. В ней

помогает разобраться электрическая схема, которую необходимо иметь при пользовании чертежами электроустановок.

Чтобы читать электрические схемы, необходимо хорошо знать и помнить: наиболее распространенные условные обозначения обмоток, контактов, трансформаторов, двигателей, выпрямителей, ламп и т. п., условные обозначения, применяющиеся в той области с которой преимущественно приходится сталкиваться в силу профессии, схемы наиболее распространенных узлов электроустановок, например двигателей, выпрямителей, освещения лампами накаливания и газоразрядными и т. п., свойства последовательного и параллельного соединений контактов, обмоток, сопротивлений, индуктивностей и емкостей.

Любая электроустановка удовлетворяет определенным условиям действия. Поэтому при чтении схем, во-первых, нужно выявить эти условия, во-вторых - определить, отвечают ли полученные условия задачам, которые должны электроустановкой решаться, в-третьих, следует проверить, не получились ли попутно "лишние" условия, и оценить их последствия.

Для решения этих вопросов пользуются несколькими приемами.

Первый из них состоит в том, что схема электроустановки мысленно расчленяется на простые цепи, которые сначала рассматривают отдельно, а затем в сочетаниях.

Простая цепь включает источник тока- (батарея, вторичная обмотка трансформатора, заряженный конденсатор и т. п.), приемник тока (двигатель, резистор, лампа, обмотка реле, разряженный конденсатор и т. п.), прямой провод (от источника тока к приемнику), обратный провод (от приемника тока к источнику) и один контакт аппарата (выключателя, реле и т. п.). Понятно, что в цепях, не допускающих размыкания, например, в цепях трансформаторов тока, контактов нет.

При чтении схемы нужно сначала мысленно расчленить ее на простые цепи, чтобы проверить возможности каждого элемента, а затем рассмотреть их совместное действие.

Реальность схемных решений.

Наладчики хорошо знают, что не всегда могут быть осуществлены на деле схемные решения, хотя они не содержат явных ошибок. Иными словами, проектные электрические схемы не всегда реальны.

Поэтому одна из задач чтения электрических схем состоит в том, чтобы проверить, могут ли быть выполнены заданные условия.

Нереальность схемных решений обычно имеет в основном следующие причины:

- не хватает энергии для срабатывания аппарата;
- в схему проникает "лишняя" энергия, вызывающая непредвиденное срабатывание или препятствующая своевременному отпуску электрического аппарата;
- не хватает времени для совершения заданных действий;
- аппаратом задана уставка, которая не может быть достигнута;
- совместно применены аппараты, резко отличающиеся по свойствам;

- не учтены коммутационная способность, уровень изоляции аппаратов и проводки, не погашены коммутационные перенапряжения;
- не учтены условия, в которых электроустановка будет эксплуатироваться;
- при проектировании электроустановки за основу принимается ее рабочее состояние, но не решается вопрос о том, как ее привести в это состояние и в каком состоянии она окажется, например, в результате кратковременного перерыва питания.

Порядок чтения электрических схем и чертежей.

Прежде всего, необходимо ознакомиться с имеющимися чертежами (или составить оглавление, если его нет) и систематизировать чертежи (если этого не сделано в проекте) по назначению.

Чертежи чередуют в таком порядке, чтобы чтение каждого последующего являлось естественным продолжением чтения предыдущего. Затем уясняют принятую систему обозначений и маркировки.

Если она не отражена на чертежах, то ее выясняют и записывают.

На выбранном чертеже читают все надписи, начиная со штампа, затем примечания, экспликации, пояснения, спецификации и т. д. При чтении экспликации обязательно находят на чертежах аппараты, в ней перечисленные. При чтении спецификации сопоставляют их с экспликациями.

Если на чертеже имеются ссылки на другие чертежи, то нужно найти эти чертежи и разобраться в содержании ссылок. Например, в одну схему входит контакт, принадлежащий аппарату, изображенному на другой схеме. Значит, нужно уяснить, что это за аппарат, для чего служит, в каких условиях работает и т. п.

При чтении чертежей, отражающих электропитание, электрическую защиту, управление, сигнализацию и т. п.:

1) определяют источники электропитания, род тока, величину напряжения и т. п. Если источников несколько или применено несколько напряжений, то уясняют, чем это вызвано;

2) расчлняют схему на простые цепи и, рассматривая их сочетание, устанавливают условия действия. Рассматривать всегда начинают с того аппарата, который нас в данном случае интересует. Например, если не работает двигатель, то нужно найти на схеме его цепь и посмотреть, контакты каких аппаратов в нее входят. Затем находят цепи аппаратов, управляющих этими контактами, и т. д.;

3) строят диаграммы взаимодействия, выясняя с их помощью: последовательность работы во времени, согласованность времени действия аппаратов в пределах данного устройства, согласованность времени действия совместно действующих устройств (например, автоматики, защиты, телемеханики, управляемых приводов и т. п.), последствия перерыва электропитания. Для этого поочередно, предполагая отключенными выключатели и автоматы электропитания (предохранители перегоревшие), оценивают возможные последствия, возможность выхода устройства в

рабочее положение из любого состояния, в котором оно могло оказаться, например, после ревизии;

4) оценивают последствия вероятных неисправностей: незамыкание контактов поочередно по одному, нарушения изоляции относительно земли поочередно для каждого участка;

5) нарушения изоляции между проводами воздушных линий, выходящих за пределы помещений и т. п.;

5) проверяют схему на отсутствие ложных цепей;

6) оценивают надежность электропитания и режим работы оборудования;

4.2.20 Выбор и проверка реактора, шин к устойчивости токов короткого замыкания

Реакторы служат для ограничения токов КЗ в электроустановках напряжением 6-10 кВ, а также позволяют поддерживать на шинах подстанции или электростанции определённый уровень напряжения при повреждениях за реакторами. В электроустановках применяются как линейные, так и секционные реакторы. В качестве линейных реакторов могут применяться как одинарные, так и сдвоенные реакторы, схемы включения реакторов приведены на рис.4.17.

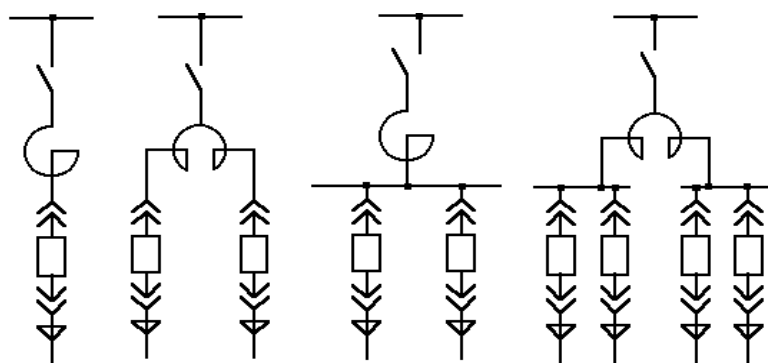


Рис.4.17. Схемы включения линейных реакторов

Линейные реакторы широко применяются на электростанциях как для питания потребителей собственных нужд на ТЭЦ, так и питания потребителей промышленных предприятий. На подстанциях линейные реакторы применяются для питания потребителей.

Секционные реакторы применяются на ТЭЦ для ограничения тока КЗ на шинах генераторного распределительного устройства напряжением 6-10 кВ.

Токоограничивающие реакторы выбираются по номинальному напряжению, номинальному току, номинальному индуктивному сопротивлению. Номинальное напряжение реактора выбирается таким образом, чтобы выполнялось условие(4.36)

$$U_{уст} \leq U_{НОМ} \quad (4.36)$$

Номинальный ток одинарного реактора или одной ветви сдвоенного реактора, используемого в качестве линейного, должен быть таким, чтобы выполнялось условие(4.37)

$$I_{НОМ} \geq I_{МАКС} \quad (4.37)$$

Номинальный ток секционного реактора должен соответствовать наибольшей мощности, передаваемой от секции к секции в следующих режимах: нормальном или аварийном, при отключении одного трансформатора связи или самого мощного генератора, подключенного к шинам ГРУ. Обычно принимают $I_{у.НОМ} \geq 0,7 * I_{Г.НОМ}$. Индуктивное сопротивление линейного реактора определяется исходя из следующих двух условий: ограничения тока КЗ до величины номинального тока отключения выключателя $I_{откл.выкл}$ или тока термической стойкости кабеля I_t , присоединенного к сборным шинам ГРУ электростанции или подстанции. Сопротивление реактора должно быть таким, чтобы выполнялись условия(4.38)

$$I_{в.0} \leq I_T = \frac{S \times C \times 10^{-3}}{\sqrt{t_{откл} + T_a}} \quad (4.38)$$

где S - сечение кабеля, присоединенного к шинам ГРУ электростанции или подстанции.

Требуемое сопротивление цепи для ограничения тока КЗ до величины $I_{в.0}$ равно((4.39)

$$X_{КЗ}^{огр} = \frac{U}{\sqrt{3 \times I_{в0огр}}} \quad (4.39)$$

Требуемое сопротивление реактора равно(4.40)

$$X_p^{сопр} = X_{рез}^{сопр} - X_{рез} \quad (4.40)$$

где $X_{рез}$ - результирующее сопротивление цепи КЗ до установки реактора, которое определяется по выражению(4.41)

$$X_{рез} = \frac{U}{\sqrt{3 \times I_{в0}}} \quad (4.41)$$

После расчета $X_p^{сопр}$ выбирают тип реактора с большим ближайшим индуктивным сопротивлением и рассчитывают действительное значение периодической составляющей тока КЗ за реактором.

Сопротивление секционного реактора выбирается из условий наиболее эффективного ограничения токов КЗ. Обычно сопротивление секционного реактора принимается таким, чтобы падение напряжения на реакторе при протекании по нему номинального тока было не более $(0.08/0.12) * U_{НОМ}$, т.е.

$$\frac{\sqrt{3 \times X_p \times I_{\text{ном}}}}{U_{\text{ном}}} = 0.08/0.12$$

Выбранный реактор необходимо проверить на электродинамическую и термическую стойкость при протекании через него тока КЗ.

Реактор будет электродинамически стойким, если выполняется условие(4.42)

$$i_{\text{дин}} \geq i_y \quad (4.42)$$

где i_y - ударный ток трехфазного КЗ за реактором;

$i_{\text{дин}}$ - ток электродинамической стойкости реактора.

Проверка реактора на термическую стойкость проводится по условию(4.43)

$$B_K \leq B_{\text{имп.доп}} \quad (4.43)$$

где B_K - расчетный импульс квадратичного тока при КЗ за реактором;

$B_{\text{имп.доп}}$ - допустимый импульс квадратичного тока КЗ для проверяемого реактора

Необходимо также определить потерю напряжения $\varepsilon\%$ в реакторе в нормальном и утяжеленном режимах и остаточное напряжение $U_{\text{ост}}\%$ на шинах ГРУ электростанции или подстанции при КЗ за реактором.

Потеря напряжения в реакторе определяется по выражениям: для одинарного реактора(4.44)

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3 \times X_p \times I \times 100 \times \sin \varphi}}{U_{\text{ном}}} \quad (4.44)$$

для сдвоенного реактора(4.45)

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{3 \times X_p \times (1 - K_{\text{СВ}}) \times I \times 100 \times \sin \varphi}}{U_{\text{ном}}} \quad (4.45)$$

где I – ток, протекающий через реактор;

$K_{\text{СВ}}$ - коэффициент связи сдвоенного реактора;

$U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение установки, где используется реактор.

Допустимая потеря напряжения в нормальном режиме не должна превышать 1,5,2,0%, а в утяжеленном режиме - 3,4 %.

Остаточное напряжение на шинах генераторного распределительного устройства при КЗ за реактором определяется по формуле(4.46):

$$U_{\text{ост}} \% = \frac{\sqrt{3 \times X_p \times I_{\text{в.о}} \times 100}}{U_{\text{ном}}} \quad (4.46)$$

где $I_{B.0}$ - периодическая составляющая трехфазного тока КЗ за реактором.

Остаточное напряжение на шинах ГРУ при КЗ за реактором должно быть не менее 65,70 % от номинального значения [43].

4.2.21 Расчет электрических нагрузок на шинах 0,4 кВ

Определение максимальных нагрузок методом коэффициента спроса.

Этот метод является наиболее простым и сводится к подсчету максимальной активной нагрузки по формуле(4.47):

$$P_{30} = K_c \cdot P_y \quad (4.47)$$

Метод коэффициента спроса может применяться для подсчета нагрузок по тем отдельным группам электроприемников, цехам и предприятиям в целом, для которых имеются данные о величине этого коэффициента.

При подсчете нагрузок по отдельным группам электроприемников этот метод рекомендуется применять для тех групп, электроприемники которых работают с постоянной загрузкой и с коэффициентом включения, равным (или близким) единице, как, например, электродвигатели насосов, вентиляторов и т. п.

По полученному для каждой группы электроприемников значению P_{30} определяется реактивная нагрузка(4.48):

$$Q_{гр} = \operatorname{tg} \varphi \times P_{гр} \quad (4.48)$$

Затем производится раздельное суммирование активных и реактивных нагрузок и нахождение полной нагрузки(4.49):

$$S_{30} = \sqrt{\sum P_{30} + \sum Q_{30}} \quad (4.49)$$

Нагрузки ΣP_{30} и ΣQ_{30} представляют собой суммы максимумов по отдельным группам электроприемников, в то время как фактически следовало бы определять максимум суммы. Поэтому при определении нагрузок на участок сети с большим количеством разнородных групп электроприемников следует вводить коэффициент совмещения максимумов K_{Σ} , т. е. принимать(4.50):

$$S_{\Sigma} = K_{\Sigma} \cdot \sqrt{\sum P_{30} + \sum Q_{30}} \quad (4.50)$$

Величина $K\Sigma$ лежит в пределах от 0,8 до 1, причем нижний предел принимается обычно при подсчетах нагрузок по всему предприятию в целом.

Для отдельных электроприемников большой мощности, а также для электроприемников, редко или даже впервые встречающихся в проектной практике, коэффициенты спроса должны выявляться путем уточнения совместно с технологами фактических коэффициентов загрузки.

Определение максимальных нагрузок методом двухчленного выражения

Этот метод был предложен инж. Д. С. Лившицем первоначально для определения расчетных нагрузок для электродвигателей индивидуального привода металлообрабатывающих станков, а затем был распространен и на другие группы электроприемников.

По этому методу получасовой максимум активной нагрузки для группы электроприемников одинакового режима работы определяется из выражения(4.51):

$$P_{30} = b \cdot P_y + c \cdot P_{yn} \quad (4.51)$$

где P_{yn} — установленная мощность n наибольших по мощности электроприемников, b , c —коэффициенты, постоянные для той или иной группы электроприемников одинакового режима работы.

По физическому смыслу первый член расчетной формулы определяет среднюю мощность, а второй — дополнительную мощность, которая может иметь место в течение получаса в результате совпадения максимумов нагрузки отдельных электроприемников группы. Следовательно(4.52):

$$\begin{aligned} b &= K_{\Sigma} \\ c &= \frac{P_y}{P_{yn}} \cdot (K_{30} - K_{\Sigma}) \\ K_{30} &= K_{\Sigma} + c \cdot \frac{P_{yn}}{P_y} \end{aligned} \quad (4.52)$$

Отсюда следует, что при малых значениях P_{yn} по сравнению с P_y , что имеет место при большом числе электроприемников более или менее одинаковой мощности, $K_{30} \approx K_{\Sigma}$, и вторым членом расчетной формулы можно в таких случаях пренебречь, приняв $P_{30} \approx bP_{\Sigma} \approx P_{\Sigma}$. Наоборот, при небольшом количестве электроприемников, особенно в том случае, если они резко различаются по мощности, влияние второго члена формулы становится весьма существенным.

Подсчеты по этому методу более громоздки, чем по методу коэффициента спроса. Поэтому применение метода двухчленного выражения оправдывает себя лишь для групп электроприемников, работающих с переменной загрузкой и с малыми коэффициентами включения, для которых коэффициенты спроса либо вообще отсутствуют, либо могут привести к

ошибочным результатам. В частности, например, можно рекомендовать применение этого метода для электродвигателей металлообрабатывающих станков и для электропечей сопротивления небольших мощностей с периодической загрузкой изделий.

Методика определения по этому методу полной нагрузки S30 аналогична изложенной для метода коэффициента спроса.

Определение максимальных нагрузок методом эффективного числа электроприемников

Под эффективным числом электроприемников понимается такое число приемников, равновеликих по мощности и однородных по режиму работы, которое обуславливает ту же величину расчетного максимума, что и группа приемников различных по мощности и режиму работы.

Эффективное число электроприемников определяется из выражения(4.53):

$$n_{\Sigma} = \frac{(\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk})^2}{\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk}^2} \quad (4.53)$$

По величине n_{Σ} и коэффициенту использования, соответствующему данной группе электроприемников, по справочным таблицам определяется коэффициент максимума K_M а затем и получасовой максимум активной нагрузки(4.54)

$$P_{30} = K_{\Sigma} \cdot K_M \cdot P_{\Sigma} = P_{\text{ср.см}} \cdot K_M \quad (4.54)$$

Для подсчета нагрузки какой-либо одной группы электроприемников одинакового режима работы определение n_{Σ} имеет смысл только в том случае, если электроприемники, входящие в группу, значительно разнятся по мощности.

При одинаковой мощности p электроприемников, входящих в группу(4.55)

$$n_{\Sigma} = \frac{(n \cdot p)^2}{n \cdot p^2} = n \quad (4.55)$$

т. е. эффективное число электродвигателей равно фактическому. Поэтому при одинаковых или мало отличающихся мощностях электроприемников группы определение K_M рекомендуется производить по фактическому числу электроприемников.

При подсчете нагрузки для нескольких групп электроприемников приходится определять среднее значение коэффициента использования по формуле(4.56):

$$K_{\Sigma} = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk} \cdot K_{\Sigma k}}{\sum_{k=1}^{k=n} P_{yk}} \quad (4.56)$$

Метод эффективного числа электроприемников применим для любых групп электроприемников, в том числе и для электроприемников повторно-кратковременного режима работы. В последнем случае установленная мощность P_u приводится к $P_B = 100\%$, т. е. к длительному режиму работы.

Метод эффективного числа электроприемников лучше других методов тем, что в определении нагрузки участвует коэффициент максимума, являющийся функцией числа электроприемников. Иначе говоря, этим методом подсчитывается максимум суммы нагрузок отдельных групп, а не сумма максимумов, как это имеет место, например, при методе коэффициента спроса [44].

Практическое задание №1

Тема: «Приказы, указания и распоряжения и другие нормативно-распорядительные документы, регламентирующие работу»

Цель работы: Формирование практических навыков оформления распорядительных документов.

Задание: Составьте соответствующий распорядительный документ, опираясь на предложенную ситуацию:

Директор ООО «Ижторг» издал ...об утверждении и введении в действие Положения о персонале организации с 1 февраля 201__ г., а также поручает руководителям структурных подразделений привести в соответствие должностные инструкции работников соответствующих подразделений с действующим законодательством и локальными актами организации до 10 февраля 201__ г. Контроль за исполнение указаний руководителя возложить на руководителя отдела кадров.

Практическое задание №2

Тема: «Расчет электрических нагрузок»

Цель работы: определить виды и сделать расчет максимальных нагрузок.

Порядок выполнения работы:

1. Определение максимальных нагрузок методом двухчленного выражения.
2. Определение максимальных нагрузок методом коэффициента спроса.

Практическое задание №3

Тема: «Разработка мероприятий по повышению надежности технических средств»

Цель работы: Научится разрабатывать и определять элементы мероприятий по повышению надежности технических средств.

Задание для работы:

Определить типы мероприятий для повышения надежности технических средств.

Контрольные вопросы к разделу:

1. Монтаж, эксплуатации, технического обслуживания электрического и электромеханического оборудования.
2. Организация обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования.
3. Виды технического обслуживания.
4. Технический осмотр, испытания, проверка технических параметров.
5. Назначения и структура энергетических систем.
6. Методы определения электрических нагрузок потребителей электрической энергии.
7. Конструктивные особенности линий электропередачи и электрооборудования.
8. Устройства релейной защиты и автоматики в энергосистемах.
9. Внутренние атмосферные перенапряжения и защита от перенапряжений.
10. Схемы защиты от перенапряжения.

Краткие выводы:

При изучении данного раздела обучающиеся осваивают: комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности электрических и электромеханических элементов оборудования, контрольно-измерительных приборов и установок при использовании по назначению.

Раздел 5. Техническое обслуживание электронных элементов и средств автоматики оборудования

Цель и задачи:

В данном разделе обучающиеся будут: читать несложные схемы на логических элементах; строить логические схемы по уравнению; работать с параметрическими и генераторными датчиками; производить сборку усилительных устройств; строить схемы на основе триггеров, дешифраторов, счетчиков, генераторов и формирователей импульсов; выбирать аппараты по основным параметрам.

Предварительные требования:

Перед началом работы с данным разделом студенты должны:

1. Изучить основы автоматизации производства.
2. Уметь применять логические элементы для различных расчетов.
3. Изучить основы электроники и автоматики.

Необходимые учебные материалы:

1. Основы автоматики и системы автоматического управления : учебное пособие / Ю.Л. Муромцев, Д.Ю. Муромцев. – Тамбов : Издво Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – Ч. 1. – 96 с.

2. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум. Учебное пособие / Тимофеев И.А. –М.: Изд: Лань. -2016.-196 с.

5.1 Техническое обслуживание электронных элементов оборудования, средств вычислительной техники

5.1.1 Виды систем автоматики

Автоматика – раздел технической кибернетики, который изучает вопросы управления, а также создания оптимального использования технических средств управления и регулирования.

Обычные системы автоматики классифицируются в зависимости от нескольких факторов.

Все элементы автоматики(рис.5.1) по характеру и объему выполняемых операций подразделяют на системы: автоматического контроля, автоматического управления, автоматического регулирования.



Рис.5.1. Элементы автоматики

Система автоматического контроля (рис.5.2) предназначена для контроля за ходом какого-либо процесса. Такая система включает датчик В, усилитель А, принимающий сигнал от датчика и передающий его после усиления на специальный элемент Р, который реализует заключительную операцию автоматического контроля — представление контролируемой величины в форме, удобной для наблюдения или регистрации.

В частном случае в качестве исполнительного элемента Р могут служить сигнальные лампы или звуковые сигнализаторы. Систему с такими элементами называют системой сигнализации.



Рис.5.2. Система автоматического контроля

В систему автоматического контроля кроме указанных на рис. 1, а могут входить и другие элементы - стабилизаторы, источники питания, распределители (при наличии нескольких точек контроля или нескольких датчиков в одном исполнительном элементе Р) и т. д.

Независимо от количества элементов системы автоматического контроля являются разомкнутыми и сигнал в них проходит только в одном направлении — от объекта контроля Е к исполнительному элементу Р.

Система автоматического управления предназначена для частичного или полного (без участия человека) управления объектом либо технологическим процессом. Эти системы широко применяют для автоматизации, например, процессов пуска, регулирования частоты вращения и реверсирования электродвигателей в электроприводах всех назначений.

Необходимо указать на такую важную разновидность систем автоматического управления, как **системы автоматической защиты**, которые не допускают аварийного или предельного режима, прерывая в критический момент контролируемый процесс.



Рис.5.3. Системы автоматизации

Система автоматического регулирования(рис.5.3) поддерживает регулируемую величину в заданных пределах. Это наиболее сложные системы автоматики, объединяющие функции автоматического контроля и управления. Составная часть этих систем - **регулятор**.

Если системы выполняют только одну задачу — поддерживают постоянной регулируемую величину, их называют системами автоматической стабилизации. Однако существуют такие процессы, для которых необходимо изменять во времени регулируемую величину по определенному закону, обеспечивая ее стабильность на отдельных участках. В этом случае автоматическую систему называют **системой программного регулирования**.

Для обеспечения постоянства регулируемой величины можно использовать один из принципов регулирования - по отклонению, возмущению или комбинированный, которые будут рассмотрены применительно к системам регулирования напряжения генераторов постоянного тока.

При **регулировании по отклонению** (рис.5.4 и 5.5) элемент сравнения UN сравнивает фактическое напряжение U_ϕ с заданным U_3 , определяемым задающим элементом EN. После сравнения на выходе элемента UN появляется сигнал $\Delta U = U_3 - U_\phi$, пропорциональный отклонению напряжения от заданного. Этот сигнал усиливается усилителем A и поступает на рабочий орган L. Изменение напряжения на рабочем органе L, которым является обмотка возбуждения генератора G, приводит к изменению фактического напряжения генератора, устраняющего его отклонение от заданного.

Усилитель A, не изменяющий принципа действия системы, необходим для ее практической реализации, когда мощность сигнала, поступающего от элемента сравнения UN, недостаточна для воздействия на рабочий орган L.

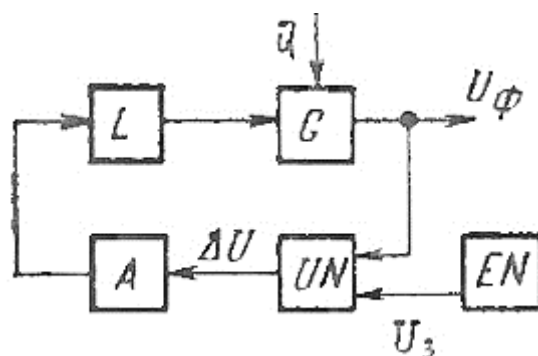


Рис.5.4. Система автоматического регулирования

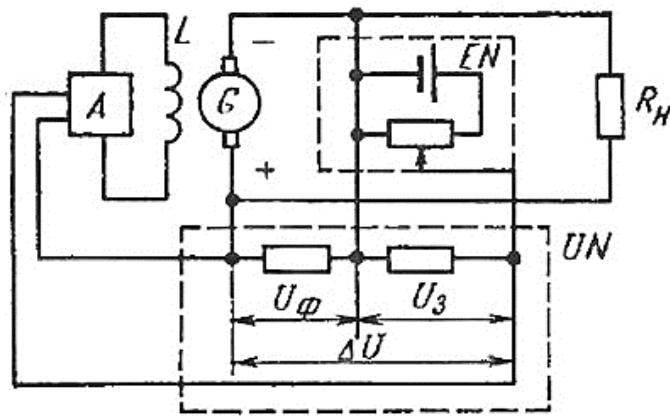


Рис.5.5. Автоматическое регулирование по отклонению

Наряду с задающим воздействием на систему могут влиять различные дестабилизирующие факторы Q , которые вызывают отклонение регулируемой величины от заданной. Воздействия дестабилизирующих факторов, один из которых условно обозначен на рисунке буквой Q , могут проявляться в различных местах системы и, как принято говорить, поступать по различным каналам. Так, например, изменение температуры окружающей среды приводит к изменению сопротивления в цепи обмотки возбуждения, что в свою очередь влияет на напряжение генератора.

Однако где бы ни возникали воздействия Q (со стороны потребителя — ток нагрузки, вследствие изменения параметров цепи возбуждения), система регулирования будет реагировать на вызванное ими отклонение регулируемой величины от заданной.

Наряду с рассмотренным принципом регулирования используют **регулирование по возмущению**, при котором в системе предусматривают специальные элементы, измеряющие воздействия Q и влияющие на рабочий орган.

В системе, использующей только такой принцип регулирования (рис.5.6 и 5.7), фактическое значение регулируемой величины не учитывается. Принимают во внимание только одно возмущающее воздействие — ток нагрузки I_n . В соответствии с изменением тока нагрузки происходит изменение магнитодвижущей силы (мдс) обмотки возбуждения L_2 , являющейся измерительным элементом данной системы. Изменение мдс этой обмотки приводит к соответствующему изменению напряжения на выводах генератора.

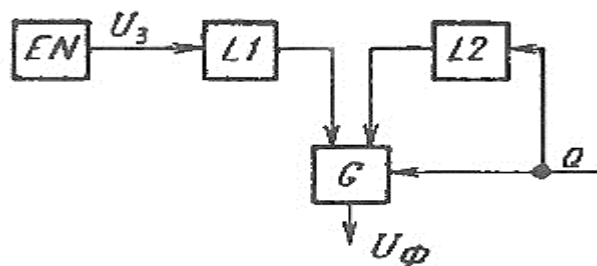


Рис.5.6. Автоматическое регулирование по возмущению

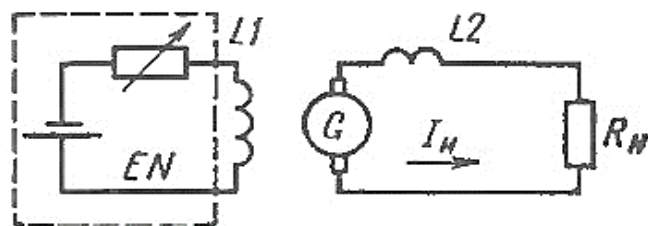


Рис.5.7 Принципиальная схема системы автоматики

Система, осуществляющая комбинированное регулирование (по отклонению и возмущению), может быть получена объединением ранее рассмотренных систем в одну (рис.5.8)

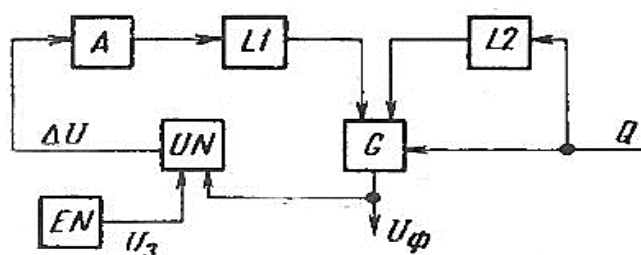


Рис.5.8. Система автоматики комбинированного регулирования

В системе автоматического регулирования задающий элемент представлял собой эталон напряжения, с которым сравнивалась регулируемая величина U_ϕ . Значение U_p принято называть уставкой регулятора. В общем случае регулируемую величину обозначают буквой Y , а ее уставку Y_0 .

Если уставку Y_0 в заданных пределах оператор изменяет вручную, а регулируемой величиной является Y , система работает в режиме стабилизации. Если уставка регулятора изменяется произвольно во времени, система автоматики, поддерживая значение $\Delta Y = Y_0 - Y = 0$, будет работать в следящем режиме, т. е. следить за изменением Y_0 .

И наконец, если уставку Y_0 изменять не произвольно, а по заранее известному закону (программе), система будет работать в режиме программного управления. Такие системы называют **системами программного регулирования**.

не имеет замкнутой цепи воздействия по регулируемой величине, поэтому ее называют разомкнутой.

Системы автоматики по принципу действия подразделяют на статические и астатические (рис.5.9). В **статических системах** регулируемая величина не имеет строго постоянного значения и с увеличением нагрузки изменяется на некоторую величину, называемую ошибкой регулирования.

Рассмотренные системы являются примерами простейших статических систем. Наличие ошибки регулирования в них обусловлено тем, что для

обеспечения большего тока возбуждения необходимо большее отклонение напряжения.

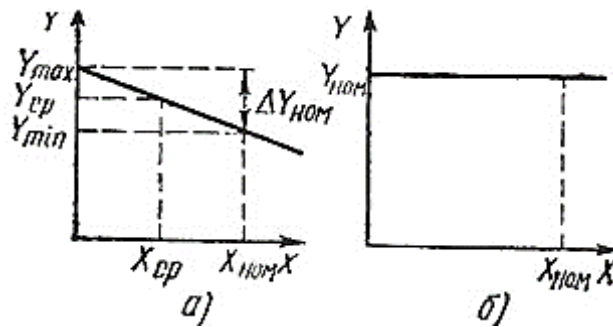


Рис.5.9. Внешние характеристики систем автоматики: а - статической, б – астатической

Зависимость напряжения генератора от тока нагрузки в виде прямой наклонной линии показана на рис. 7, а. Наибольшее относительное отклонение напряжения от заданного называют статизмом системы по напряжению: $\Delta = (U_{\max} - U_{\min}) / U_{\max}$, где (U_{\max}, U_{\min}) - напряжения генератора на холостом ходу и под нагрузкой. Обобщая сделанное заключение для любой статической системы, можно записать: $\Delta = (Y_{\max} - Y_{\min}) / Y_{\max}$, где Y — регулируемая величина.

Иногда статизм определяют по другой формуле: $\Delta = (Y_{\max} - Y_{\min}) / Y_{\text{ср}}$, причем $Y_{\text{ср}} = 0,5(Y_{\max} + Y_{\min})$ - среднерегулируемая величина Y . Статизм называют положительным, если с ростом нагрузки значение Y уменьшается, и отрицательным, если значение Y увеличивается.

В астатических системах статизм равен нулю и поэтому зависимость регулируемой величины от нагрузки представляет собой линию, параллельную оси нагрузки.

Рассмотрим, например, **астатическую систему автоматики** (рис.5.10), в которой напряжение генератора регулируется изменением сопротивления реостата R , включенного в цепь обмотки возбуждения L .

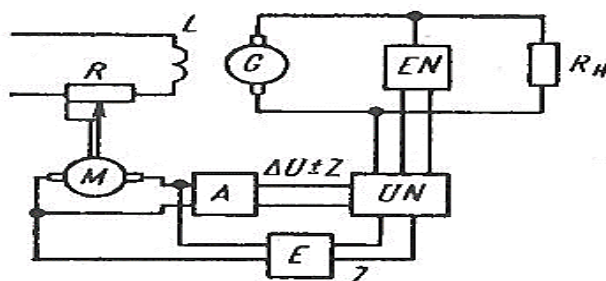


Рис.5.10. Астатическая система автоматики

Серводвигатель M начинает вращаться и перемещать ползунок реостата R всякий раз, когда на входе усилителя A появляется сигнал ΔU об отклонении напряжения генератора $U_{\text{ср}}$ от заданного значения U_r . Ползунок

реостата перемещается до тех пор, пока сигнал об отклонении не станет равным нулю. Такая система отличается от другой системы тем, что для поддержания нового значения тока возбуждения не требуется сигнала на выходе усилителя А. Это отличие и позволяет избавиться от статизма.

Во всех ранее приведенных примерах предполагалось, что воздействие на рабочий орган производилось непрерывно в течение всего промежутка времени, пока существует отклонение регулируемой величины от заданной. Такое управление называется **непрерывным**, а системы — **системами непрерывного действия**.

Однако существуют системы, называемые дискретными, в которых воздействие на рабочий орган осуществляется с перерывами, например, система регулирования температуры подошвы утюга, в которой регулирующее воздействие может принимать только одно из двух фиксированных значений при непрерывном изменении регулируемой величины — температуры.

В этой системе регулирование температуры осуществляется включением и отключением нагревательного элемента R по сигналу датчика температуры. При увеличении температуры сверх уставки датчик размыкает свой контакт и отключает нагревательный элемент. При снижении температуры ниже уставки нагревательные элементы включаются. Эта система не имеет устойчивого промежуточного состояния рабочего органа, а он занимает лишь два положения — включено в сторону "больше" или включено в сторону "меньше".

Для обеспечения необходимого качества процесса регулирования в системе могут быть предусмотрены специальные устройства, называемые **обратными связями**. Эти устройства отличаются от других тем, что сигнал в них имеет направление, обратное основному управляющему сигналу.

Для примера на рис.5.10 изображена обратная связь E по отклонению регулируемой величины ΔU , соединяющая выход усилителя А со входом элемента сравнения UN. При **положительной обратной связи E** на выходе элемента сравнения UN получается сумма величин ΔU и Z, а при отрицательной — их разность.

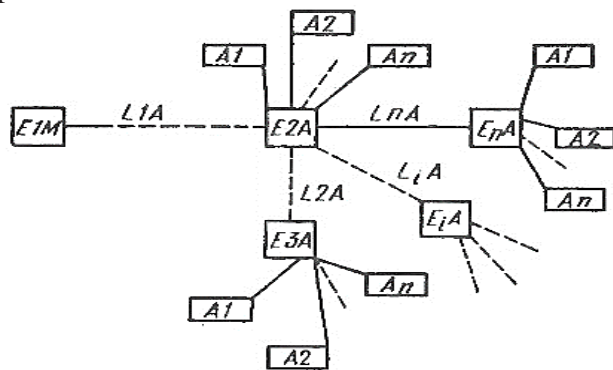


Рис.5.11. Структурная схема системы телемеханики

Рассмотренные системы автоматики предполагают непосредственную связь всех входящих в них элементов. Если элементы системы автоматики

расположены на значительном удалении друг от друга, для их соединения используют передатчики, каналы связи и приемники. Такие системы называют **телемеханическими**.

Телемеханическая система состоит из пункта управления, где находится оператор, управляющий работой системы, одного или нескольких контролируемых пунктов, на которых расположены объекты контроля $A_1 - A_n$, линий связи $L_{1A} - L_{nA}$ (каналы передачи данных), соединяющих пункт управления E_1M с контролируемыми пунктами $E_{2A} - E_n$ (рис.5.11). В телемеханической системе по линиям связи можно передавать как все, так и некоторые виды контрольной и управляющей информации.

При передаче информации только о параметрах ОК телемеханическую систему называют **системой телеизмерения**, в которой сигналы с выходов датчиков (измерительных преобразователей, установленных на ОК) передаются на пункт управления E_1M и воспроизводятся в виде показаний стрелочных или цифровых измерительных приборов. Информация может передаваться как непрерывно, так и периодически, в том числе и по команде оператора.

Если на пункт управления передается только информация о состоянии, в котором находится тот или иной объект контроля ("включен", "выключен", "исправен", "неисправен"), такую систему называют **системой телесигнализации**.

Телесигнализация, как и телеизмерение, выдает оператору исходные данные для принятия решения по управлению ОК или служит для выработки управляющих воздействий в системах телеуправления и телерегулировки. Основное отличие этих систем от предыдущих заключается в том, что в первой из них используются дискретные сигналы типа "включить", "выключить", а во второй — непрерывные, подобно обычным системам регулирования [45].

5.1.2 Классификация систем автоматического управления

Совокупность автоматического управляющего устройства и объекта управления, связанных и взаимодействующих между собой в соответствии с алгоритмом управления, называют **системой автоматического управления (САУ)** (рис.5.12).



Рис.5.12 Система автоматического управления

Классифицировать системы автоматического управления(рис.5.13) можно по методу управления и функциональному признаку. По методу управления все системы делятся на два больших класса: обыкновенные (несамоадаптирующиеся) и самоадаптирующиеся (адаптивные).

Обыкновенные системы, относящиеся к категории простых, не изменяют своей структуры в процессе управления. Они наиболее разработаны и широко применяются в литейных и термических цехах. Обыкновенные системы автоматического управления подразделяют на три подкласса: разомкнутые, замкнутые и комбинированные системы управления.

Разомкнутые системы автоматического управления в свою очередь делят на системы автоматического жесткого управления (САЖУ) и системы управления по возмущению.

У первых систем регулятор воздействует на объект управления независимо от полученного результата, т. е. значения регулируемой величины и внешнего возмущения. Системы управления по возмущению работают по принципу, когда управляющее воздействие вырабатывается в зависимости от внешнего возмущения, оказывающего влияние на объект управления.

В качестве примера можно рассмотреть систему отопления литейного или термического цеха. В этом случае расход горячей воды в теплотрассе цеха зависит от внешних погодных условий. Чем холоднее на улице, тем больше подается горячей воды в батареи отопления, и наоборот.

Замкнутые системы автоматического управления, работающие по принципу отклонения, называют также **системами автоматического регулирования (САР)**. Их отличительной чертой является наличие замкнутого контура прохождения сигналов, т. е. наличие обратного канала, по которому информация о состоянии регулируемой величины передается на вход элемента сравнения.

Системы автоматического регулирования предназначены для решения трех задач: стабилизации регулируемой величины (стабилизирующая САР), изменения регулируемой величины по известной (программная САР) или неизвестной (следающая САР) программам.

В стабилизирующих САР заданное значение регулируемой величины постоянно. Примером такой системы может служить система регулирования температуры в рабочем пространстве термической печи. В программных САР значение регулируемой величины изменяется во времени по заранее разработанной (известной) программе.

В следающих системах заданное значение регулируемой величины изменяется во времени по заранее неизвестной программе. Следающие и программные САР отличаются от стабилизирующих принципом обработки задающего сигнала.

Наиболее типичным примером следающего регулирования является автоматическое поддержание заданного соотношения между расходами

топлива и воздуха при регулировании процесса горения в топливных плавильных и нагревательных печах.

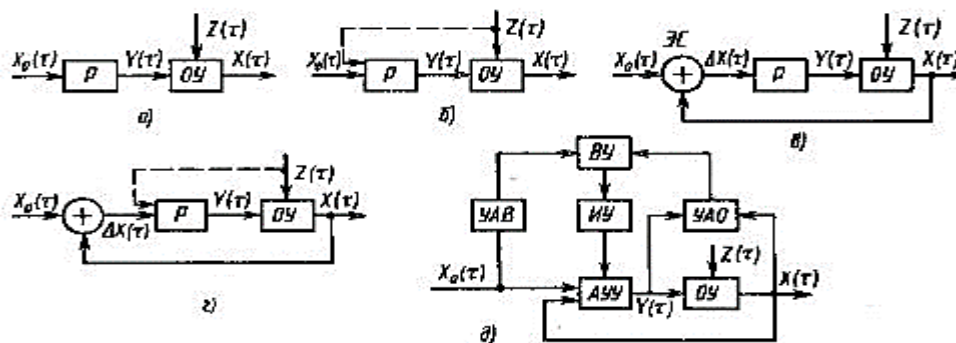


Рис.5.13 Системы автоматического управления: а — разомкнутая, б — разомкнутая по отклонению, в — замкнутая, г — комбинированная, Р — регулятор, ОУ — объект управления, ЭС — элемент сравнения, УАВ — устройство анализа задающего воздействия: ВУ — вычислительное устройство, ИУ — исполнительное устройство, АУУ — автоматическое управляющее устройство, УАО — устройство анализа объекта управления.

Комбинированные системы сочетают в себе достоинства систем управления по отклонению и по возмущению, что повышает точность управления. Действие неучтенных возмущений в комбинированных системах компенсируется или ослабляется управлением по отклонению.

Самонастраивающиеся (адаптивные) системы можно разделить на три подкласса: экстремальные системы, системы с самонастройкой параметров и системы с самонастройкой структуры.

Системами экстремального регулирования называют системы стабилизирующего, следящего или программного управления, у которых настройка, программа или закон воспроизведения автоматически изменяются в зависимости от изменения внешних условий или внутреннего состояния системы с целью создания наивыгоднейшего (оптимального) режима работы объекта управления.

В таких системах вместо постоянной настройки или программы устанавливается устройство автоматического поиска, которое проводит анализ какой-либо характеристики объекта (коэффициента полезного действия, производительности, экономичности и т. п.) и в зависимости от полученного результата подает в управляющее устройство требуемое значение регулируемой величины так, чтобы данная характеристика получила экстремальное значение при непрерывном изменении различных возмущающих воздействий, оказывающих влияние на условия работы системы.

В системах с самонастройкой параметров при изменении внешних условий или характеристик объекта регулирования происходит

автоматическое (не по заранее заданной программе) изменение варьируемых параметров управляющего устройства с целью обеспечения устойчивой работы системы и поддержания регулируемой величины на заданном или оптимальном уровне.

В системах с самонастройкой структуры при изменении внешних условий и характеристик объекта управления происходит переключение элементов в схеме соединений или введение в нее новых элементов. Целью таких изменений (отбора) структуры является достижение лучшего решения задачи управления.

Отбор структуры осуществляется путем автоматического поиска с применением вычислительных и логических операций. Такие системы должны не только приспосабливаться ко всем изменениям внешних условий и характеристик объекта, но и функционировать нормально даже при наличии неполадок или отказов отдельных элементов, создавая новые цепи взамен нарушенных. Системы с самонастройкой структуры можно заставить самосовершенствоваться, "приобретать опыт" путем быстрого опробования нескольких вариантов, отбора и "запоминания" лучшего из них.

Согласно классификации по функциональному признаку **все автоматические системы управления подразделяют на четыре класса:**

- системы для координации работы механизмов;
- системы регулирования параметров технологических процессов;
- системы автоматического контроля;
- системы автоматической защиты и блокировки.

Системы, предназначенные для координации работы отдельных механизмов установки или установки в целом, являются **системами автоматического жесткого управления (САЖУ)**.

Системы автоматического регулирования (САР) технологических процессов обеспечивают поддержание регулируемой величины на заданном уровне или изменение ее по заданной программе.

Системы автоматического контроля (САК) содержат средства и методы для получения информации о текущих значениях параметров технологических процессов (температуры, давления, запыленности или загазованности воздуха и др.) без непосредственного участия человека.

Системы автоматической защиты (САЗ) и блокировки (САБ) предотвращают возникновение, аварийных ситуаций в работе оборудования при установившемся режиме [46].

5.1.3 Обозначения логических элементов

Все электронные компоненты, обрабатывающие цифровые сигналы, состоят из небольшого набора одинаковых «кирпичиков». В микросхемах малой степени интеграции могут быть единицы и десятки таких элементов, а в современных процессорах их может быть очень и очень много. Они называются логические элементы. Логическим элементом называется электрическая схема, предназначенная для выполнения какой-либо

логической операции с входными данными. Логический элемент — элемент, осуществляющий определенные логические зависимости между входными и выходными сигналами. Входные данные представляются здесь в виде напряжений различных уровней, и результат логической операции на выходе — также получается в виде напряжения определенного уровня. Логические элементы обычно используются для построения логических схем вычислительных машин, дискретных схем автоматического контроля и управления.

При анализе работы логических элементов используется так называемая булева алгебра. Начала этого раздела математики было изложено в работах Джорджа Буля — английского математика и логика 19-го века, одного из основателей математической логики. Основами булевой алгебры являются высказывания, логические операции, а также функции и законы. Для понимания принципов работы логических элементов нет необходимости изучать все тонкости булевой алгебры, мы освоим ее основы в процессе обучения с помощью таблиц истинности.

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.

Элемент «И» (AND), он же конъюнктор (рис.5.14), выполняет операцию логического умножения:

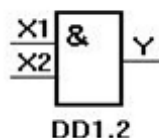


Рис.5.14. Условное обозначение

Здесь изображен логический элемент «2И» (цифра перед буквой «И» означает число входов). Знак & (амперсант) в левом верхнем углу прямоугольника указывает, что это логический элемент «И». Первые две буквы обозначения DD1.2 указывают на то, что это цифровая микросхема (Digital), цифра слева от точки указывает номер микросхемы на принципиальной схеме, а цифра справа от точки — номер логического элемента в составе данной микросхемы. Одна микросхема может содержать несколько логических элементов.

Элемент «ИЛИ» (OR), он же дизъюнктор (рис.5.), выполняет операцию логического сложения:

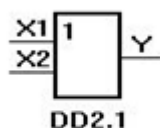


Рис.5.15. Условное обозначение

Элемент «НЕ» (NOT), он же инвертор(рис.5.16), выполняет операцию логического отрицания: [47]

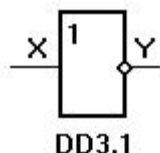


Рис.5.16 Условное обозначение

5.1.4 Принцип работы базовых логических элементов

Логический элемент — элемент, осуществляющий определенные логические зависимость между входными и выходными сигналами.

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.

В зависимости от устройства схемы элемента, от ее электрических параметров, логические уровни (высокие и низкие уровни напряжения) входа и выхода имеют одинаковые значения для высокого и низкого (истинного и ложного) состояний.



Рис.5.17. Интегральная микросхема

Традиционно логические элементы выпускаются в виде специальных радиодеталей — интегральных микросхем(рис.5.17). Логические операции, такие как конъюнкция, дизъюнкция, отрицание и сложение по модулю (И, ИЛИ, НЕ, исключающее ИЛИ) — являются основными операциями,

выполняемыми на логических элементах основных типов. Далее рассмотрим каждый из этих типов логических элементов более внимательно.

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

«И» - логический элемент(рис.5.18), 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.

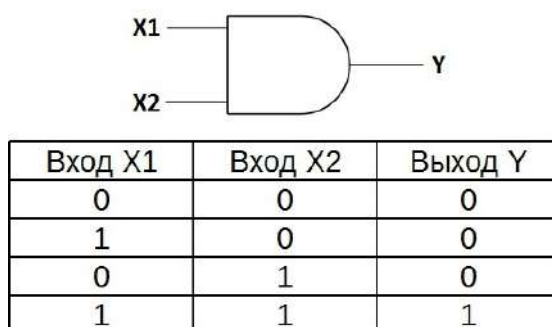


Рис.5.18. Логический элемент «И»

Таблица истинности 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.

«ИЛИ» - логический элемент(рис.5.19), 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. Обозначаются данные элементы так: 2ИЛИ, 3ИЛИ, 4ИЛИ и т. д.

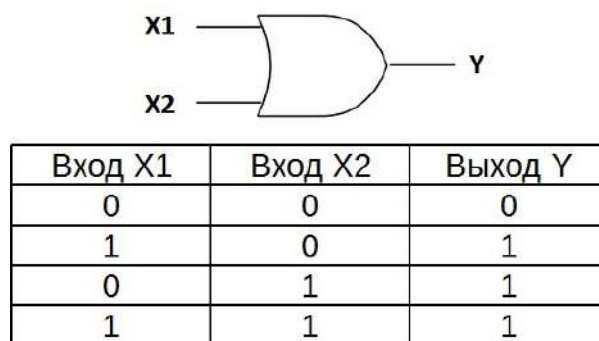


Рис.5.19 Логический элемент «ИЛИ»

Таблица истинности для элемента «2ИЛИ» 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.

На западных схемах значок элемента «ИЛИ» имеет закругление на входе и закругление с заострением на выходе. На отечественных схемах — прямоугольник с символом «1».

Логический элемент «НЕ» - отрицание(рис.5.20), инвертор, NOT.

«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 приведено условное обозначение логического элемента «НЕ».

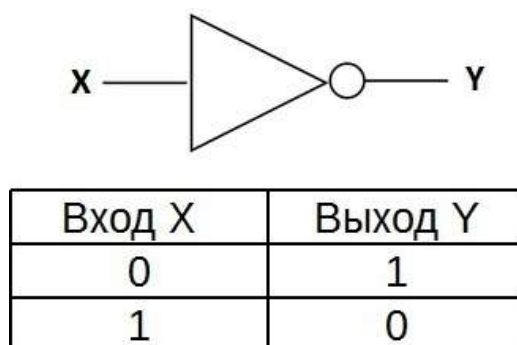


Рис.5.20. Логический элемент «НЕ»

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(рис.5.21).

«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 «И-НЕ».

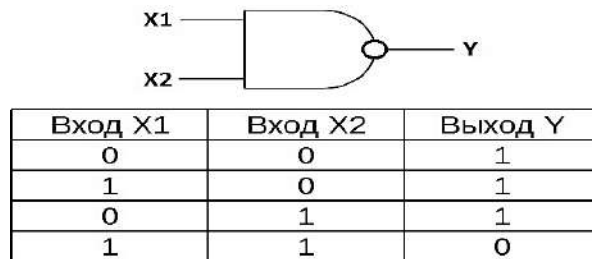


Рис.5.21. Логический элемент «И-НЕ»

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(рис.5.22).

«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 «ИЛИ-НЕ».

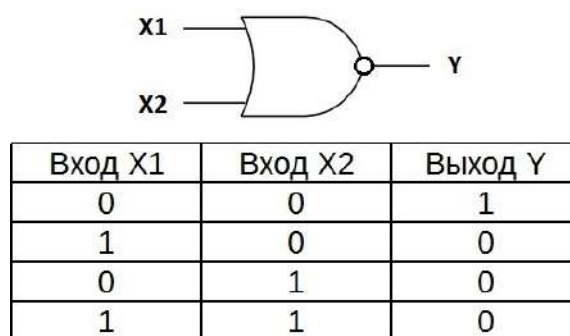


Рис.5.22. Логический элемент «ИЛИ-НЕ»

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.

Логический элемент «исключающее ИЛИ» - сложение по модулю 2, XOR(рис.5.23).

«исключающее ИЛИ» - логический элемент, выполняющий над входными данными операцию логического сложения по модулю 2, имеет два входа и один выход. Часто данные элементы применяют в схемах контроля. На рисунке приведено условное обозначение данного элемента.

Изображение в западных схемах — как у «ИЛИ» с дополнительной изогнутой полоской на стороне входа, в отечественной — как «ИЛИ», только вместо «1» будет написано «=1».

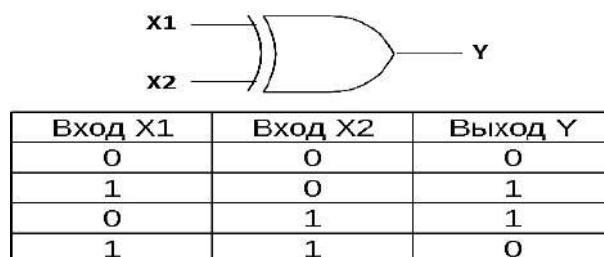


Рис.5.23. Логический элемент «исключающее ИЛИ»

Этот логический элемент еще называют «неравнозначность». Высокий уровень напряжения будет на выходе лишь тогда, когда сигналы на входе не равны (на одном единица, на другом ноль или на одном ноль, а на другом единица) если даже на входе будут одновременно две единицы, на выходе будет ноль — в этом отличие от «ИЛИ». Данные элементы логики широко применяются в сумматорах [48].

5.1.5 Классификация датчиков и их технические характеристики

Автоматизация различных технологических процессов, эффективное управление различными агрегатами, машинами, механизмами требуют многочисленных измерений разнообразных физических величин.

Датчик – это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу света, электрическое напряжение, ток и т.д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы. Или проще, **датчик** – это устройство(рис.5.24), преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

Используемые датчики весьма разнообразны и могут быть **классифицированы по различным признакам:**

В зависимости от вида входной (измеряемой) величины различают: датчики механических перемещений (линейных и угловых), пневматические, электрические, расходомеры, датчики скорости, ускорения, усилия, температуры, давления и др.

В настоящее время существует приблизительно следующее распределение доли измерений различных физических величин в промышленности: температура – 50%, расход (массовый и объемный) –

15%, давление – 10%, уровень – 5%, количество (масса, объем) – 5%, время – 4%, электрические и магнитные величины – менее 4%.



Рис.5.24. Виды датчиков

По виду выходной величины, в которую преобразуется входная величина, различают *неэлектрические* и *электрические*: датчики постоянного тока (ЭДС или напряжения), датчики амплитуды переменного тока (ЭДС или напряжения), датчики частоты переменного тока (ЭДС или напряжения), датчики сопротивления (активного, индуктивного или емкостного) и др.

Большинство датчиков являются электрическими. Это обусловлено следующими достоинствами электрических измерений:

- электрические величины удобно передавать на расстояние, причем передача осуществляется с высокой скоростью;
- электрические величины универсальны в том смысле, что любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот;
- они точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности, чувствительности и быстродействия средств измерений.

По принципу действия датчики можно разделить на два класса: генераторные и параметрические (датчики-модуляторы). Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал.

Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R, L или C) датчика.

По принципу действия датчики также можно разделить на омические, реостатные, фотоэлектрические (оптико-электронные), индуктивные, емкостные и др.

Различают три класса датчиков:

- аналоговые датчики, т. е. датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал, пропорционально изменению входной величины;
- цифровые датчики, генерирующие последовательность импульсов или двоичное слово;
- бинарные (двоичные) датчики, которые вырабатывают сигнал только двух уровней: "включено/выключено" (иначе говоря, 0 или 1); получили широкое распространение благодаря своей простоте.

Требования, предъявляемые к датчикам:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;

- стабильность характеристик во времени;
- высокая чувствительность;
- малые размеры и масса;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- работа при различных условиях эксплуатации;
- различные варианты монтажа.

Параметрические датчики (датчики-модуляторы) входную величину X преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R , L или C) датчика. Передать на расстояние изменение перечисленных параметров датчика без энергонесущего сигнала (напряжения или тока) невозможно. Выявить изменение соответствующего параметра датчика только и можно по реакции датчика на ток или напряжение, поскольку перечисленные параметры и характеризуют эту реакцию. Поэтому параметрические датчики требуют применения специальных измерительных цепей с питанием постоянным или переменным током.

Омические (резистивные) датчики – принцип действия основан на изменении их активного сопротивления при изменении длины l , площади сечения S или удельного сопротивления ρ :

$$R = \rho l / S \quad (5.1)$$

Кроме того, используется зависимость величины активного сопротивления от контактного давления и освещённости фотоэлементов. В соответствии с этим омические датчики делят на: контактные, потенциометрические (реостатные), тензорезисторные, терморезисторные, фоторезисторные.

Контактные датчики — это простейший вид резисторных датчиков, которые преобразуют перемещение первичного элемента в скачкообразное изменение сопротивления электрической цепи. С помощью контактных датчиков измеряют и контролируют усилия, перемещения, температуру, размеры объектов, контролируют их форму и т. д. К контактным датчикам относятся путевые и концевые выключатели, контактные термометры и так называемые электродные датчики, используемые в основном для измерения предельных уровней электропроводных жидкостей.

Контактные датчики могут работать как на постоянном, так и на переменном токе. В зависимости от пределов измерения контактные датчики могут быть одно предельными и многопредельными. Последние используют для измерения величин, изменяющихся в значительных пределах, при этом части резистора R , включенного в электрическую цепь, последовательно закорачиваются.

Недостаток контактных датчиков — сложность осуществления непрерывного контроля и ограниченный срок службы контактной системы. Но благодаря предельной простоте этих датчиков их широко применяют в системах автоматики.

Реостатные датчики представляют собой резистор с изменяющимся активным сопротивлением. Входной величиной датчика является перемещение контакта, а выходной – изменение его сопротивления. Подвижный контакт механически связан с объектом, перемещение (угловое или линейное) которого необходимо преобразовать.

Наибольшее распространение получила потенциометрическая схема включения реостатного датчика, в которой реостат включают по схеме делителя напряжения. Напомним, что делителем напряжения называют электротехническое устройство для деления постоянного или переменного напряжения на части; делитель напряжения позволяет снимать (использовать) только часть имеющегося напряжения посредством элементов электрической цепи, состоящей из резисторов, конденсаторов или катушек индуктивности. Переменный резистор, включаемый по схеме делителя напряжения, называют потенциометром.

Обычно реостатные датчики применяют в механических измерительных приборах для преобразования их показаний в электрические величины (ток или напряжение), например, в поплавковых измерителях уровня жидкостей, различных манометрах и т. п.

Тензорезисторы (*тензометрические датчики*) служат для измерения механических напряжений, небольших деформаций, вибрации. Действие тензорезисторов основано на тензоэффекте, заключающемся в изменении активного сопротивления проводниковых и полупроводниковых материалов под воздействием приложенных к ним усилий.

Термометрические датчики (*терморезисторы*) - сопротивление зависит от температуры. Терморезисторы в качестве датчиков используют двумя способами:

1) Температура терморезистора определяется окружающей средой; ток, проходящий через терморезистор, настолько мал, что не вызывает нагрева терморезистора. При этом условии терморезистор используется как датчик температуры и часто называется «термометром сопротивления».

2) Температура терморезистора определяется степенью нагрева постоянным по величине током и условиями охлаждения. В этом случае установившаяся температура определяется условиями теплоотдачи поверхности терморезистора (скоростью движения окружающей среды – газа или жидкости – относительно терморезистора, ее плотностью, вязкостью и температурой), поэтому терморезистор может быть использован как датчик скорости потока, теплопроводности окружающей среды, плотности газов и т. п. В датчиках такого рода происходит как бы двухступенчатое преобразование: измеряемая величина сначала преобразуется в изменение температуры терморезистора, которое затем преобразуется в изменение сопротивления.

Терморезисторы изготовляют как из чистых металлов, так и из полупроводников. Материал, из которого изготавливаются такие датчики, должен обладать высоким температурным коэффициентом сопротивления, по возможности линейной зависимостью сопротивления от температуры,

хорошей воспроизводимостью свойств и инертностью к воздействиям окружающей среды. В наибольшей степени всем указанным свойствам удовлетворяет платина; в чуть меньшей – медь и никель.

Индуктивные датчики служат для бесконтактного получения информации о перемещениях рабочих органов машин, механизмов, роботов и т.п. и преобразования этой информации в электрический сигнал.

Принцип действия индуктивного датчика основан на изменении индуктивности обмотки на магнитопроводе в зависимости от положения отдельных элементов магнитопровода (якоря, сердечника и др.). В таких датчиках линейное или угловое перемещение X (входная величина) преобразуется в изменение индуктивности (L) датчика. Применяются для измерения угловых и линейных перемещений, деформаций, контроля размеров и т.д.

В простейшем случае индуктивный датчик представляет собой катушку индуктивности с магнитопроводом, подвижный элемент которого (якорь) перемещается под действием измеряемой величины.

Индуктивный датчик распознает и соответственно реагирует на все токопроводящие предметы. Индуктивный датчик является бесконтактным, не требует механического воздействия, работает бесконтактно за счет изменения электромагнитного поля.

Емкостные датчики - принцип действия основан на зависимости электрической емкости конденсатора от размеров, взаимного расположения его обкладок и от диэлектрической проницаемости среды между ними.

Для двухобкладочного плоского конденсатора электрическая емкость определяется выражением (5.2):

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / h \quad (5.2)$$

где ϵ_0 - диэлектрическая постоянная;

ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость среды между обкладками;

S - активная площадь обкладок;

h - расстояние между обкладками конденсатора.

Зависимости $C(S)$ и $C(h)$ используют для преобразования механических перемещений в изменение емкости.

Датчики – генераторы.

Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины X в электрический сигнал. Такие датчики преобразуют энергию источника входной (измеряемой) величины сразу в электрический сигнал, т.е. они являются как бы генераторами электроэнергии (откуда и название таких датчиков - они генерируют электрический сигнал).

Дополнительные источники электроэнергии для работы таких датчиков принципиально не требуются (тем не менее дополнительная электроэнергия может потребоваться для усиления выходного сигнала датчика, его

преобразования в другие виды сигналов и других целей). Генераторными являются термоэлектрические, пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические и многие другие типы датчиков.

Индукционные датчики преобразуют измеряемую неэлектрическую величину в ЭДС индукции. Принцип действия датчиков основан на законе электромагнитной индукции. К этим датчикам относятся тахогенераторы постоянного и переменного тока, представляющие собой небольшие электромашины генераторы, у которых выходное напряжение пропорционально угловой скорости вращения вала генератора. Тахогенераторы используются как датчики угловой скорости.

Тахогенератор представляет собой электрическую машину, работающую в генераторном режиме. При этом вырабатываемая ЭДС пропорциональна скорости вращения и величине магнитного потока. Кроме того, с изменением скорости вращения изменяется частота ЭДС. Применяются как датчики скорости (частоты вращения).

Температурные датчики. В современном промышленном производстве наиболее распространенными являются измерения температуры (так, на атомной электростанции среднего размера имеется около 1500 точек, в которых производится такое измерение, а на крупном предприятии химической промышленности подобных точек присутствует свыше 20 тыс.). Широкий диапазон измеряемых температур, разнообразие условий использования средств измерений и требований к ним определяют многообразие применяемых средств измерения температуры.

Кремниевые датчики температуры используют зависимость сопротивления полупроводникового кремния от температуры. Диапазон измеряемых температур $-50...+150$ °С. Применяются в основном для измерения температуры внутри электронных приборов.

Термопреобразователи сопротивления.

Принцип действия термопреобразователей сопротивления (терморезисторов) основан на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников в зависимости от температуры (рассмотрен ранее).

Платиновые терморезисторы предназначены для измерения температур в пределах от -260 до 1100 °С. Широкое распространение на практике получили более дешевые медные терморезисторы, имеющие линейную зависимость сопротивления от температуры.

Недостатком меди является небольшое ее удельное сопротивление и легкая окисляемость при высоких температурах, вследствие чего конечный предел применения медных термометров сопротивления ограничивается температурой 180 °С. По стабильности и воспроизводимости характеристик медные терморезисторы уступают платиновым. Никель используется в недорогих датчиках для измерения в диапазоне комнатных температур.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) - принцип действия термопар основан на термоэлектрическом эффекте, который состоит в том, что при наличии разности температур мест соединений

(спаев) двух разнородных металлов или полупроводников в контуре возникает электродвижущая сила, называемая термоэлектродвижущей (сокращенно термо-ЭДС). В определенном интервале температур можно считать, что термо-ЭДС прямо пропорциональна разности температур $\Delta T = T_1 - T_0$ между спаем и концами термопары.

Соединенные между собой концы термопары, погружаемые в среду, температура которой измеряется, называют рабочим концом термопары. Концы, которые находятся в окружающей среде, и которые обычно присоединяют проводами к измерительной схеме, называют свободными концами. Температуру этих концов необходимо поддерживать постоянной. При этом условии термо-ЭДС E_T будет зависеть только от температуры T_1 рабочего конца (5.3).

$$U_{\text{вых}} = E_T = C(T_1 - T_0), \quad (5.3)$$

где C – коэффициент, зависящий от материала проводников термопары.

Наибольшее распространение для изготовления термоэлектрических преобразователей получили платина, платинородий, хромель, алюмель.

Технические характеристики.

Функционируя по своему прямому назначению, любой датчик может быть подвержен воздействию самых разных физических факторов: температуры, давления, влажности, света, вибрации, радиации и т. д. При этом отчетливо воспринимать и измерять датчик должен лишь одну конкретную величину, которая называется, применительно к датчику, естественной измеряемой величиной. Обозначим ее буквой «А». Выходную же величину датчика обозначим буквой «В».

Тогда функциональная зависимость выходной величины датчика В от естественной измеряемой величины А, в статических условиях, будет называться статической характеристикой данного датчика S. Статическая характеристика датчика может быть выражена в форме таблицы, графика или в аналитическом виде.

Статическая чувствительность датчика.

Среди характеристик любого датчика главной является статическая чувствительность датчика S. Она выражается как отношение малого приращения выходной величины В к малому приращению соответствующей естественной измеряемой величины А в статических условиях. Например В/А (вольт на ампер), если имеется ввиду резистивный датчик тока (5.4).

$$S = \frac{\Delta B}{\Delta A} \quad (5.4)$$

Данное выражение схоже с понятием коэффициента усиления для электронных устройств, который в принципе можно было бы назвать коэффициентом чувствительности или градиентом измеряемой величины.

Динамическая чувствительность датчика.

$$S_d = \frac{\Delta B / \Delta t}{\Delta A / \Delta t} \quad (5.5)$$

Если условия работы датчика не статичны, если при изменениях наблюдается «инерционность», то речь можно вести о динамической чувствительности датчика S_d , которая выражается как отношение скорости изменения выходной величины датчика к скорости изменения соответствующей естественной измеряемой величины (входной величины). Например вольт в секунду / Ом в секунду, если имеется ввиду датчик температуры, выходное сопротивление которого изменяется в зависимости от измеряемой температуры(5.5).

Порог чувствительности датчика.

Минимальное изменение естественной измеряемой величины, которое способно привести к реальному изменению выходной величины датчика, называют порогом чувствительности датчика. Например, порог чувствительности датчика температуры в 0,5 градуса означает, что меньшее изменение температуры (например, на 0,1 градуса) на выходной величине датчика может вовсе никак не отразиться [49].

5.1.6 Устройство и принцип работы параметрических и генераторных датчиков

По принципу действия датчики можно разделить на два класса: генераторные и параметрические (датчики-модуляторы). Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал.

Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R, L или C) датчика.

Параметрические датчики (датчики-модуляторы) входную величину X преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R, L или C) датчика. Передать на расстояние изменение перечисленных параметров датчика без энергонесущего сигнала (напряжения или тока) невозможно. Выявить изменение соответствующего параметра датчика только и можно по реакции датчика на ток или напряжение, поскольку перечисленные параметры и характеризуют эту реакцию. Поэтому параметрические датчики требуют применения специальных измерительных цепей с питанием постоянным или переменным током.

К ним относятся потенциметрические, тензометрические, терморезистивные, емкостные, индуктивные, трансформаторные и фотоэлектрические датчики.

Потенциметрические датчики применяются для преобразования угловых или линейных перемещений в электрический сигнал. Потенциметрический датчик представляет собой переменный резистор, который может включаться по схеме реостата или по схеме делителя напряжения. В зависимости от схемы включения датчика перемещение

может быть преобразовано в изменение активного сопротивления или тока (при последовательной схеме включения) или в изменение напряжения (при включении по схеме делителя напряжения).

Общими достоинствами потенциометрических датчиков являются: простота конструкции, высокий уровень выходного сигнала, возможность работы как на постоянном, так и на переменном токе. К недостаткам относятся: невысокая надежность и ограниченная долговечность из-за наличия скользящего контакта и истирания обмотки; влияние на характеристику сопротивления нагрузки; потери энергии за счет рассеяния мощности активным сопротивлением обмотки; сравнительно большой момент, необходимый для вращения подвижной части датчика со щеткой; невозможность применения в помещениях повышенной пожароопасности из-за опасности искрообразования.

Тензометрические датчики применяются для преобразования механических напряжений, усилий и деформаций в электрический сигнал. Наиболее распространены тензодатчики, у которых при внешнем воздействии изменяется активное сопротивление чувствительного элемента, — тензорезисторы.

Простейший тензодатчик — прямолинейный отрезок тонкой проволоки, закрепленной с помощью клея на контролируемой детали. При деформации детали будет деформироваться и наклеенная проволока, изменяться длина проводника, площадь поперечного сечения и удельное сопротивление материала проводника вследствие изменения структуры материала, в результате чего изменится сопротивление проводника. Характеристика такого тензодатчика реверсивная (меняет знак производной при смене направления изменения измеряемой величины) и линейная для относительных деформаций, не превышающих 1...1,5%.

В емкостных датчиках работает эффект изменения емкости конденсатора под воздействием входной неэлектрической величины. Емкостной датчик представляет собой плоский или цилиндрический конденсатор, одна из обкладок которого испытывает измеряемое перемещение, вызывая изменение емкости. Емкость C связана с толщиной диэлектрика (l и его площадью S зависимостью $C = \epsilon_0 \epsilon_r S / l$, где ϵ_r — относительная диэлектрическая проницаемость; ϵ_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума. Из приведенного соотношения видно, что на емкость конденсатора можно влиять изменением площади перекрытия пластин S , расстояния (l между ними, диэлектрической проницаемости ϵ_r вещества, находящегося в зазоре между обкладками конденсатора. Выбор того или иного изменяемого параметра зависит от характера измеряемой величины.

Емкостные преобразователи применяют для измерения угловых и линейных перемещений, линейных размеров, уровня, усилий, влажности, концентрации и др. Конструктивно они могут быть выполнены с плоскопараллельными, цилиндрическими или штыревыми электродами, с диэлектриком между пластинами и без него.

Индуктивные датчики применяются для преобразования в электрический сигнал небольших линейных и угловых перемещений. Простейший индуктивный датчик (называемый однотактным) представляет собой катушку индуктивности с железным сердечником и подвижным якорем, отделенным от сердечника воздушным зазором. При перемещении якоря изменяется сопротивление магнитной цепи датчика в результате изменения воздушного зазора между статором и якорем (при вертикальном движении якоря) или площади воздушного зазора (при горизонтальном движении якоря).

Трансформаторные датчики являются разновидностью индуктивных, и их можно рассматривать как преобразователь, у которого коэффициент трансформации изменяется за счет изменения коэффициента взаимоиндукции между обмотками. Такие датчики применяются для преобразования в электрический сигнал небольших линейных и угловых перемещений.

Фотоэлектрические датчики используются для преобразования в электрический сигнал различных неэлектрических величин: механических перемещений, скорости, размеров движущихся деталей, температуры, освещенности, прозрачности жидкой или газовой среды и т. д.

Генераторные датчики.

К генераторным датчикам относятся: термоэлектрические, фотоэлектрические, пьезоэлектрические, тахометрические, индукционные, вентильные.

Из категории термоэлектрических датчиков наибольшее применения имеют термопары, представляющие собой конструкцию из двух проводников, выполненных из разных металлов или сплавов, которые соединены вместе одним из концов. Согласно эффекту Зеебека, при разности температур на концах проводников возникает электродвижущая сила, пропорциональная разности температур. К достоинствам термопар необходимо отнести возможность измерений в большом диапазоне температур, простоту устройства, надежность в эксплуатации; к недостаткам — невысокую чувствительность, большую инерционность и нелинейную зависимость величины термоЭДС от температуры.

Фотоэлектрические датчики используют явление вентильного фотоэффекта. При вентильном фотоэффекте между слоями освещенного проводника и неосвещенного полупроводника, разделенными тонким изоляционным слоем, возникает ЭДС, зависящая от освещенности. Вентильные фотоэлементы отличаются надежностью и долговечностью, не нуждаются в источнике питания, имеют малую массу и габариты. Чаще всего в качестве таких фотоэлементов используются фотодиоды. Они имеют линейную световую характеристику, высокую чувствительность и малую инерционность (частота прерывания светового потока может быть до нескольких килогерц). Область их применения — измерение размеров, перемещений, температуры и пр.

Пьезоэлектрические датчики построены на явлении пьезоэффекта, когда приложенная сила вызывает генерацию электрического заряда. К классу пьезоэлектриков относятся как природные кристаллы (кварц, сегнетова соль), так и искусственные (титанат бария, твердые растворы цирконата-титаната свинца).

Конструктивно пьезодатчик состоит из упругого элемента, воздействующего на пластину пьезоэлектрика, помещенную между двумя металлическими обкладками. Пьезоэлектрический преобразователь по существу является диэлектриком с высоким сопротивлением утечки, поэтому в качестве его модели удобно рассматривать плоский конденсатор.

К достоинствам пьезоэлектрических датчиков можно отнести простоту конструкции, малые размеры и стоимость, высокую надежность, возможность измерения быстропротекающих процессов; к недостаткам — невысокую чувствительность, непригодность к измерению статических величин, относительно невысокий уровень выходного сигнала.

Тахометрические датчики применяются для преобразования в электрический сигнал частоты вращения подвижных частей объекта управления. Тахогенератор представляет собой маломощную синхронную или асинхронную электрическую машину постоянного или переменного тока.

Индукционные датчики угла преобразуют угол поворота в напряжение переменного тока, амплитуда или фаза которого пропорциональна углу поворота, и конструктивно являются электрическими индукционными микромашинами переменного тока. Чаще всего в качестве датчиков угла используют сельсины, вращающиеся трансформаторы, индукционные редуктосины и индуктосины [49].

5.1.7 Классификация усилительных устройств

Это устройства, предназначенные для усиления напряжения, тока и мощности электрического сигнала.

Простейший усилитель представляет собой схему на основе транзистора. Использование усилителей вызвано тем, что обычно электрические сигналы (напряжения и токи), поступающие в электронные устройства малы по амплитуде и возникает необходимость увеличивать их до требуемой величины, достаточной для дальнейшего использования (преобразования, передачи, подачи на нагрузку).

На рис.5.25 представлены устройства, необходимые для работы усилителя.



Рис.5.25. Окружение усилителя

Мощность, выделяющаяся на нагрузке усилителя, является преобразованной мощностью его источника питания, а входной сигнал только управляет ею. Усилители питаются от источников постоянного тока.

Обычно усилитель состоит из нескольких каскадов усиления (рис.5.26). Первые каскады усиления, предназначенные, главным образом для усиления напряжения сигнала, называют предварительными. Их схемное построение определяется типом источника входного сигнала.

Каскад, служащий для усиления мощности сигнала, называют окончательным или выходным. Их схемотехника определяется видом нагрузки. Так же, в состав усилителя могут входить промежуточные каскады, предназначенные для получения необходимого коэффициента усиления и (или) формирования необходимых характеристик усиливаемого сигнала.



Рис.5.26. Структура усилителя

Классификация усилителей:

- 1) в зависимости от усиливаемого параметра усилителя напряжения, тока, мощности;
- 2) по роду усиливаемых сигналов:
 - усилители гармонических (непрерывных) сигналов;
 - усилители импульсных сигналов (цифровые усилители).
- 3) по полосе усиливаемых частот:
 - усилители постоянного тока;
 - усилители переменного тока

- низкой частоты, высокой, сверхвысокой и т.д.

4) по характеру частотной характеристики:

- резонансные (усиливают сигналы в узкой полосе частот);
- полосовые (усиливают определенную полосу частот);
- широкополосные (усиливают весь диапазон частот).

5) по типу усилительных элементов:

- на электровакуумных лампах;
- на полупроводниковых приборах;
- на интегральных микросхемах.

При выборе усилителя исходят из параметров усилителя:

• **Выходная мощность**, измеряется в Ваттах. Выходная мощность варьируется в широких пределах в зависимости от назначения усилителя, например в усилителях звука - от милливатт в наушниках до десятков и сотен ватт в аудиосистемах.

• **Диапазон частот**, измеряется в Герцах. Например, тот же усилитель звука обычно должен обеспечивать усиление в диапазоне частот 20–20 000 Гц, усилитель телевизионного сигнала (изображение + звук) – 20 Гц – 10 МГц и выше.

• **Нелинейные искажения**, измеряются в процентах %. Характеризуют искажение формы усиливаемого сигнала. Обычно тем меньше данный параметр, тем лучше.

• **КПД (коэффициент полезного действия)**, измеряются в процентах %. Показывает, какая часть энергии источника питания расходуется на выделение мощности в нагрузку. Дело в том, что часть мощности источника тратится бесполезно, в большей степени это тепловые потери – протекание тока всегда вызывает нагрев материала. Особенно критичен данный параметр для устройств с автономным питанием (от аккумуляторов и батарей).

На рис.5.27 представлена типовая схема предварительного каскада усиления на биполярном транзисторе. Входной сигнал поступает от источника напряжения $U_{вх}$. Разделительные конденсаторы C_{p1} и C_{p2} пропускают переменный, т.е. усиливаемый сигнал и не пропускают постоянный ток, что позволяет создавать независимые режимы работы по постоянному току в последовательно включенных каскадах усилителя.

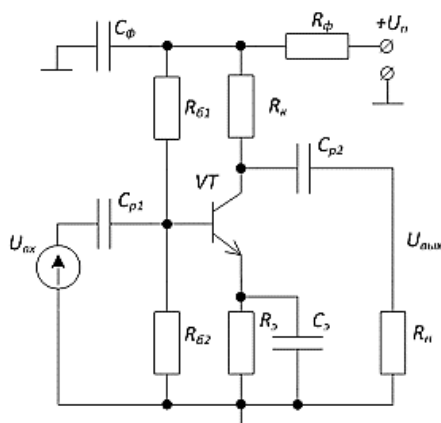


Рис.5.27. Схема каскада усиления на биполярном транзисторе

Резисторы $R_{б1}$ и $R_{б2}$ являются базовым делителем, обеспечивая начальный ток базы транзистора $I_{б0}$, резистор R_k обеспечивает начальный ток коллектора $I_{к0}$. Эти токи называют токами покоя. При отсутствии входного сигнала они постоянные. На рис.5.28 изображены временные диаграммы работы усилителя. Временная диаграмма – это изменение какого-либо параметра во времени.

Резистор $R_э$ обеспечивает отрицательную обратную связь (ООС) по току. **Обратная связь (ОС)** - это передача части выходного сигнала во входную цепь усилителя. Если входной сигнал и сигнал обратной связи противоположны по фазе, обратная связь называется отрицательной. ООС уменьшает коэффициент усиления, но при этом уменьшает нелинейные искажения и увеличивает стабильность усилителя. Применяется практически во всех усилителях.

Резистор R_f и конденсатор C_f являются элементами фильтра. Конденсатор C_f образует цепь низкого сопротивления для переменной составляющей тока, потребляемого усилителем от источника U_p . Элементы фильтра необходимы если от источника запитываются несколько усилительных каскадов.

При подаче входного сигнала $U_{вх}$ во входной цепи появляется ток $I_{б\sim}$, а в выходной $I_{к\sim}$. Падение напряжения, создаваемое током $I_{к\sim}$ на нагрузке R_n , и будет усиленным выходным сигналом.

Из временных диаграмм напряжений и токов (рис. 3) видно, что переменные составляющие напряжений на входе $U_{б\sim}$ и выходе $U_{к\sim} = U_{вых}$ каскада противофазны, т.е. каскад усиления на транзисторе с ОЭ изменяет (инвертирует) фазу входного сигнала на противоположную [50].

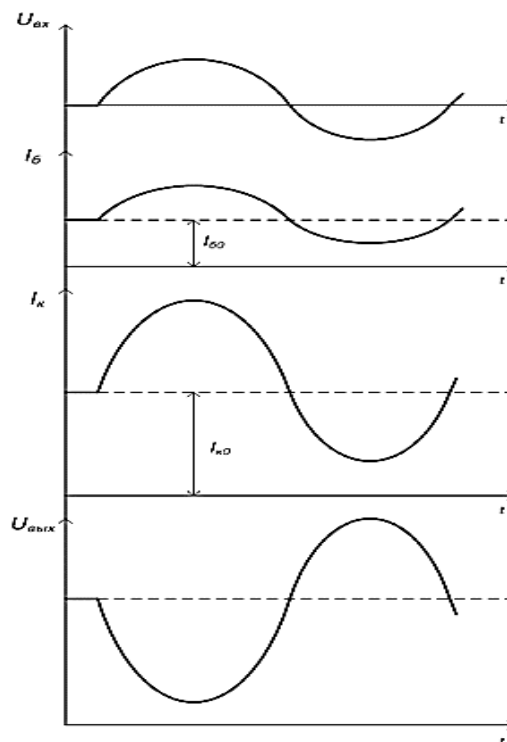


Рис.5.28. Временные диаграммы токов и напряжений в усилительном каскаде на биполярном транзисторе

5.1.8 Основные схемы операционных усилителей

Операционные усилители работают только с обратными связями, от вида которой зависит, работает ли операционный усилитель в линейном режиме или в режиме насыщения. Обратная связь с выхода ОУ на его инвертирующий вход обычно приводит к работе ОУ в линейном режиме, а обратная связь с выхода ОУ на его неинвертирующий вход или работа без обратной связи приводит к насыщению усилителя.

Неинвертирующий усилитель.

Неинвертирующий усилитель характеризуется тем, что входной сигнал поступает на неинвертирующий вход операционного усилителя. Данная схема включения изображена ниже (рис.5.29)

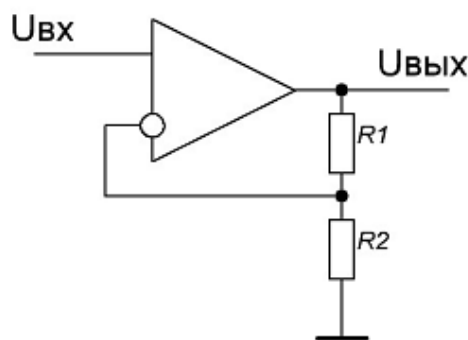


Рис.5.29. Схема включения неинвертирующего усилителя.

Работа данной схемы объясняется следующим образом, с учётом характеристик идеального ОУ. Сигнала поступает на усилитель с бесконечным входным сопротивлением, а напряжение на неинвертирующем входе имеет такое же значение, как и на инвертирующем входе. Ток на выходе операционного усилителя создает на резисторе R2 напряжение, равное входному напряжению.

Таким образом, основные параметры данной схемы описываются следующим соотношением (5.6)

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{вых}} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (5.6)$$

Отсюда выводится соотношение для коэффициента усиления неинвертирующего усилителя (5.7)

$$K_{\text{ус}} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (5.7)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что на коэффициент усиления влияют только номиналы пассивных компонентов.

Необходимо отметить особый случай, когда сопротивление резистора R2 намного больше R1 ($R_2 \gg R_1$), тогда коэффициент усиления будет

стремиться к единице. В этом случае схема неинвертирующего усилителя превращается в аналоговый буфер или операционный повторитель с единичным коэффициентом передачи, очень большим входным сопротивлением и практически нулевым выходным сопротивлением. Что обеспечивает эффективную развязку входа и выхода.

Инвертирующий усилитель.

Инвертирующий усилитель характеризуется тем, что неинвертирующий вход операционного усилителя заземлён (то есть подключен к общему выводу питания). В идеальном ОУ разность напряжений между входами усилителя равна нулю. Поэтому цепь обратной связи должна обеспечивать напряжение на инвертирующем входе также равное нулю. Схема инвертирующего усилителя изображена ниже (рис.5.30)

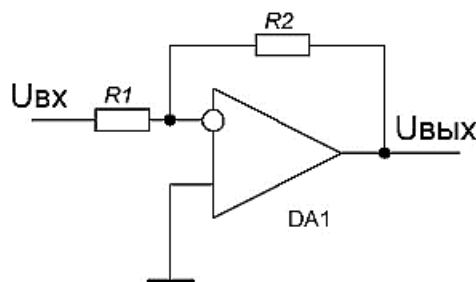


Рис.5.30. Схема инвертирующего усилителя.

Работа схемы объясняется следующим образом. Ток протекающий через инвертирующий вывод в идеальном ОУ равен нулю, поэтому токи протекающие через резисторы $R1$ и $R2$ равны между собой и противоположны по направлению, тогда основное соотношение будет иметь вид(5.8)

$$I_{R1} = -I_{R2}$$

$$I_{R1} = \frac{U_{BX}}{R1}$$

$$I_{R2} = \frac{U_{ВЫХ}}{R2}$$

$$\frac{U_{BX}}{R1} = \frac{U_{ВЫХ}}{R2} \quad (5.8)$$

Тогда коэффициент усиление данной схемы будет равен (5.9)

$$K_{yc} = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{BX}} = \frac{R2}{R1} \quad (5.9)$$

Знак минус в данной формуле указывает на то, что сигнал на выходе схемы инвертирован по отношению к входному сигналу.

Интегратор.

Интегратор позволяет реализовать схему, в которой изменение выходного напряжения пропорционально входному сигналу. Схема простейшего интегратора на ОУ показана ниже(рис.5.31)

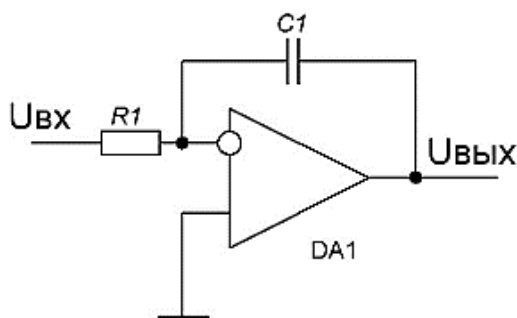


Рис.5.31. Интегратор на операционном усилителе.

Данная схема реализует операцию интегрирования над входным сигналом. Я уже рассматривал схемы интегрирования различных сигналов при помощи интегрирующих RC и RL цепочек. Интегратор реализует аналогичное изменение входного сигнала, однако он имеет ряд преимуществ по сравнению с интегрирующими цепочками. Во-первых, RC и RL цепочки значительно ослабляют входной сигнал, а во-вторых, имеют высокое выходное сопротивление.

Дифференциатор по своему действию противоположен работе интегратора, то есть выходной сигнал пропорционален скорости изменения входного сигнала. Схема простейшего дифференциатора показана ниже(рис.5.32)

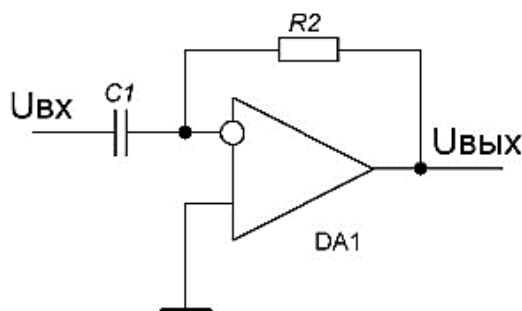


Рис.5.32. Дифференциатор на операционном усилителе.

Дифференциатор реализует операцию дифференцирование над входным сигналом и аналогичен действию дифференцирующих RC и RL цепочек, кроме того имеет лучшие параметры по сравнению с RC и RL цепочками: практически не ослабляет входной сигнал и обладает значительно меньшим выходным сопротивлением. Основные расчётные соотношения и реакция на различные импульсы аналогична дифференцирующим цепочкам [51].

5.1.9 Условные графические обозначения основных узлов систем автоматики в электрических схемах

При разработке автоматических систем управления применяют различные приборы и средства автоматизации, соединяемые с объектом управления и между собой по определенным схемам. В зависимости от используемых приборов и средств автоматизации (электрических, пневматических, гидравлических) и линейной связи в проектах автоматизации разрабатывают схемы, которые различаются по видам и типам.

По видам схемы могут подразделяться на электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Наибольшее распространение в практике автоматизации технологических процессов получили электрические приборы и средства автоматизации, что объясняется большим разнообразием имеющейся аппаратуры и приборов и наличием на объектах источников электропитания требуемой мощности и напряжения. В связи с этим наиболее широкое распространение получили электрические схемы. В специальных условиях, например, в условиях взрывоопасных производств, в подавляющем большинстве случаев применяют пневматические приборы и средства автоматизации. Это обусловило необходимость выполнения большого числа различных пневматических схем. Из-за громоздкости гидравлической аппаратуры и трудностей передачи гидравлических командных импульсов на большие расстояния гидравлические схемы получили небольшое распространение. В ряде случаев в проектах встречаются комбинированные, электропневматические, электропневмогидравлические, пневмогидравлические и электрогидравлические схемы.

По типам схемы автоматизации подразделяются на:

структурные, отражающие укрупненную структуру системы управления и взаимосвязи между пунктами контроля и управления объектом и отдельными должностными лицами;

функциональные, отражающие, функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, сигнализации, управления и регулирования технологического процесса и определяющие оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации;

принципиальные, определяющие полный состав элементов, модулей, вспомогательной аппаратуры и связей между ними, входящих в отдельный узел автоматизации, и дающие детальное представление о принципе его работы. На основании принципиальных схем разрабатывают схемы внешних соединений электрических и трубных проводок, общих видов и монтажных схем щитов и пультов автоматизации;

монтажные, показывающие соединение электрических и трубных проводок в пределах комплектных устройств (щитов, пультов, стативов и

т.), а также места их присоединения и ввода (сборки коммутационных зажимов, штепсельные разъемы, переборочные соединения для трубных проводок и т. п.); -

соединений, показывающие внешние электрические и трубные связи между измерительными устройствами и средствами получения первичной информации, с одной стороны, щитами и пультами автоматизации — с другой. На схеме соединений показывают также вспомогательные элементы (фитинги, проходные и соединительные коробки и т. п.) и в необходимых случаях шкафы силового электрооборудования.

Схемы автоматизации, как правило, выполняют без соблюдения масштаба. В монтажных схемах соблюдается действительное пространственное расположение отдельных средств автоматизации и монтажных изделий.

Виды схем определяются в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, и обозначаются буквами русского алфавита. Различают десять видов схем: электрическая — Э, гидравлическая — Г, пневматическая — П, газовая — Х, кинематическая — К, вакуумная — В, оптическая — Л, энергетическая — Р, деления — Е, комбинированная — С.

Схемы деления изделия на составные части (буквенное обозначение Е) разрабатывают для определения состава изделия. Комбинированные схемы выполняют, если в состав изделия входят элементы разных видов.

Схемы в зависимости от назначения подразделяют на типы и обозначают арабскими цифрами. Установлено восемь типов схем: структурная - 1, функциональная - 2, принципиальная (полная) - 3, соединений (монтажная) - 4, подключения - 5, общая - 6, расположения - 7, объединенная - 0.

На объединенной схеме совмещаются различные типы схем одного вида, например, схема электрическая соединений и подключения (см. рис. 5.4).

Наименование и код схемы определяются ее видом и типом. Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы, и цифровой части, определяющей тип схемы. Например, схема электрическая принципиальная - Э3, схема гидравлическая соединений - Г4 и т. д.

Наименование комбинированной схемы определяется видами схем, входящими в ее состав, и соответствующим типом, например, схема электрогидравлическая принципиальная - С3.

Наименование объединенной схемы определяется видом схемы и типами схем, входящими в ее состав, например, схема электрическая соединений и подключения - ЭО. При выполнении комбинированных и объединенных схем должны соблюдаться правила, установленные для соответствующих видов и типов схем.

Электрическая схема - это текст, описывающий определенными символами содержание и работу электротехнического устройства или комплекса устройств, что позволяет в краткой форме выразить этот текст.

Для того чтобы прочесть любой текст, необходимо знать алфавит и правила чтения. Так, для чтения схем следует знать символы - условные обозначения и правила расшифровки их сочетаний.

Основу любой электрической схемы представляют **условные графические обозначения** (рис.5.36, 5.37, 5.38) различных элементов и устройств, а также связей между ними. Язык современных схем подчеркивает в символах основные функции, которые выполняет в схеме изображенный элемент. Все правильные условные графические обозначения элементов электрических схем и их отдельных частей приводятся в виде таблиц в стандартах.

Условные графические обозначения образуются из простых геометрических фигур: квадратов, прямоугольников, окружностей, а также из сплошных и штриховых линий и точек. Их сочетание по специальной системе, которая предусмотрена стандартом, дает возможность легко изобразить все, что требуется: различные электрические аппараты, приборы, электрические машины, линии механической и электрической связей, виды соединений обмоток, род тока, характер и способы регулирования и т. п.

Кроме этого в условных графических обозначениях на электрических принципиальных схемах дополнительно используются специальные знаки, поясняющие особенности работы того или иного элемента схемы.

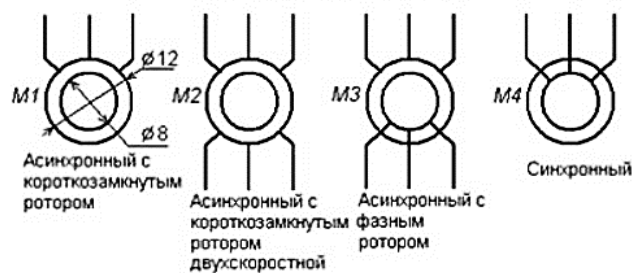
Так, например, существует три типа контактов - замыкающий, размыкающий и переключающий. Условные обозначения отражают только основную функцию контакта - замыкание и размыкание цепи. Для указания дополнительных функциональных возможностей конкретного контакта стандартом предусмотрено использование специальных знаков наносимых на изображение подвижной части контакта. Дополнительные знаки позволяют найти на схеме контакты кнопок управления, реле времени, путевых выключателей и т.д.

Отдельные элементы на электрических схемах имеют не одно, а несколько вариантов обозначения на схемах. Так, например, существует несколько равноценных вариантов обозначения переключающих контактов, а также несколько стандартных обозначений обмоток трансформатора. Каждое из обозначений можно применять в определенных случаях.

Если в стандарте нет нужного обозначения, то его составляют, исходя из принципа действия элемента, обозначений, принятых для аналогических типов аппаратов, приборов, машин с соблюдением принципов построения, обусловленных стандартом.

Условные графические обозначения и размеры некоторых элементов принципиальных схем: [52]

Трехфазные двигатели



Двигатель постоянного тока

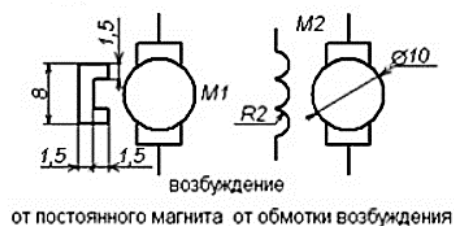


Рис.5.33. Условные обозначения элементы автоматики

Магнитный пускатель



Тепловое реле



Электромагнитное реле напряжения KV (KA - тока)



Переключатели



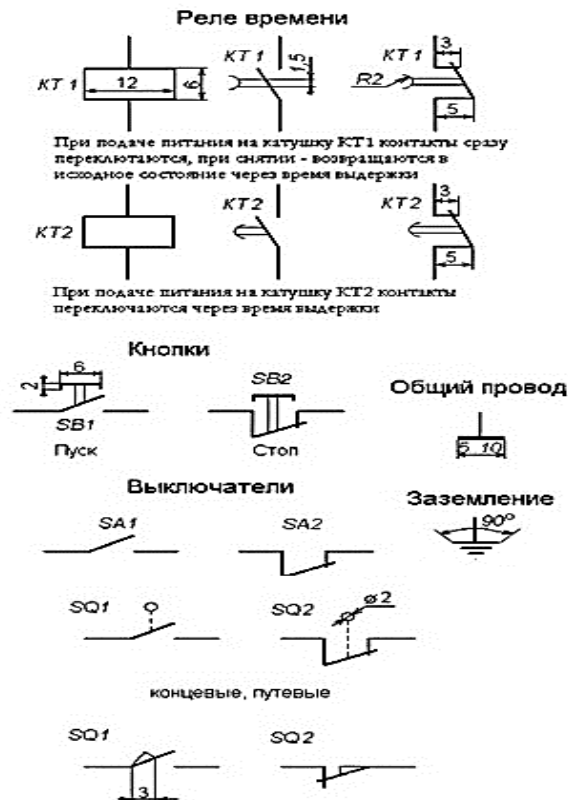


Рис.5.34. Условные обозначения элементов автоматики

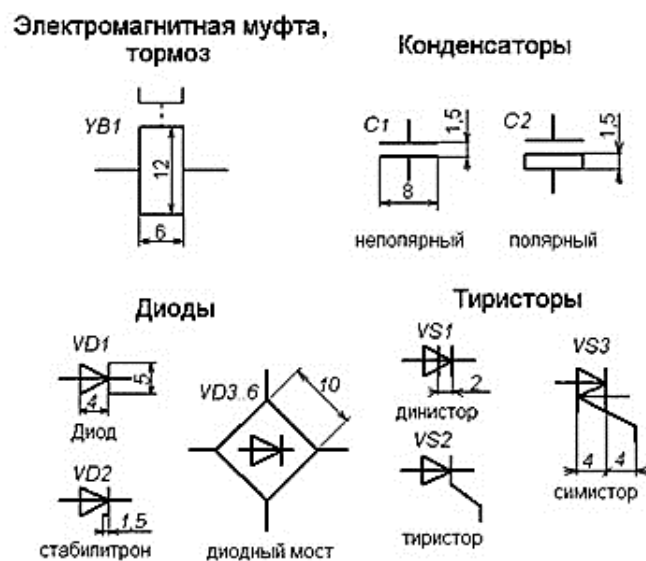


Рис.5.35. Условные обозначения элементов электроники

5.1.10 Структура и принцип построения микроэлектронной вычислительной машины

В состав любой ЭВМ входит арифметико-логическое устройство (АЛУ). Оно выполняет некоторый набор арифметических и логических операций над входными словами (операндами) фиксированной разрядности, выдавая

результат в виде выходного слова той же разрядности. Вид выполняемой в АЛУ операции задается устройству внешним кодом операции. При арифметических операциях АЛУ учитывает перенос из младших разрядов и генерирует перенос в старшие разряды результата. Логические операции выполняются параллельно и независимо над соответствующими битами операндов.

Кроме переноса в старшие разряды, который представляет собой признак переполнения разрядной сетки АЛУ, в устройстве могут формироваться и другие признаки результата, такие как равенство результата нулю, его положительность, четность и др.

Принцип действия комбинационного АЛУ удобно пояснить с помощью функциональной схемы (рис.5.36). Здесь изображено двухразрядное АЛУ, обеспечивающее выполнение четырех операций: поразрядных логических «И», «ИЛИ», «исключающего ИЛИ» и арифметического сложения. Схема построена на основе набора комбинационных устройств, выполняющих нужные операции, и выходных мультиплексоров. Мультиплексоры передают на выходы АЛУ выходные сигналы тех комбинационных устройств, которые реализуют операцию, заданную кодом операции.

Схемой АЛУ предусмотрено формирование следующих признаков результата:

F2 – переполнение разрядной сетки (перенос в старшие разряды);

P – положительный результат («плюс»);

Z – нулевой результат («ноль»).

Признаки Z и P формируются всегда, а признак F2 – только при выполнении операции арифметического сложения.

Реальные АЛУ имеют, как правило, значительно большее число выполняемых операций, а их структура синтезируется по таблицам истинности.

Центральное место в структуре ЭВМ занимает память.

Именно здесь хранятся исходные данные для расчетов, программы обработки этих данных, а так же промежуточные и окончательные результаты вычислений.

Память ЭВМ обычно делится на три части: ОЗУ, ПЗУ и сверхоперативное запоминающее устройство (СОЗУ).

ОЗУ и ПЗУ имеют адресную организацию. Доступ к их ячейкам памяти для записи и чтения информации осуществляется с помощью многоразрядного адреса, воздействующего на цепи группового управления.

СОЗУ представляет собой набор быстродействующих регистров, имеющих индивидуальное управление. Эти регистры обеспечивают работу АЛУ, фиксируя его входные и выходные коды.

Кроме того, СОЗУ используется для временного хранения данных в процессе их обработки.

Выполнение вычислительной машиной арифметических и логических операций над двоичными кодами реализовано в АЛУ.

Общее управление всеми элементами ЭВМ и взаимную синхронизацию их работы обеспечивает устройство управления, исполняющее команды человека-пользователя. Это могут быть команды внешнего управления, поданные, например, с пульта, либо команды программы, заранее занесенные в память.

Команды программы представляют собой двоичные коды, которыми зашифрованы приказы, исполнить те или иные операции математической обработки данных, пересылки данных, управления ходом исполнения программы.

Устройство управления должно автоматически выбирать команду из соответствующей ячейки памяти, исполнять ее, выбирать следующую и т.д.

Обычно используется так называемый естественный порядок выполнения команд, когда последовательно друг за другом выполняются команды, занесенные в ячейки памяти с последовательно увеличивающимися адресами.

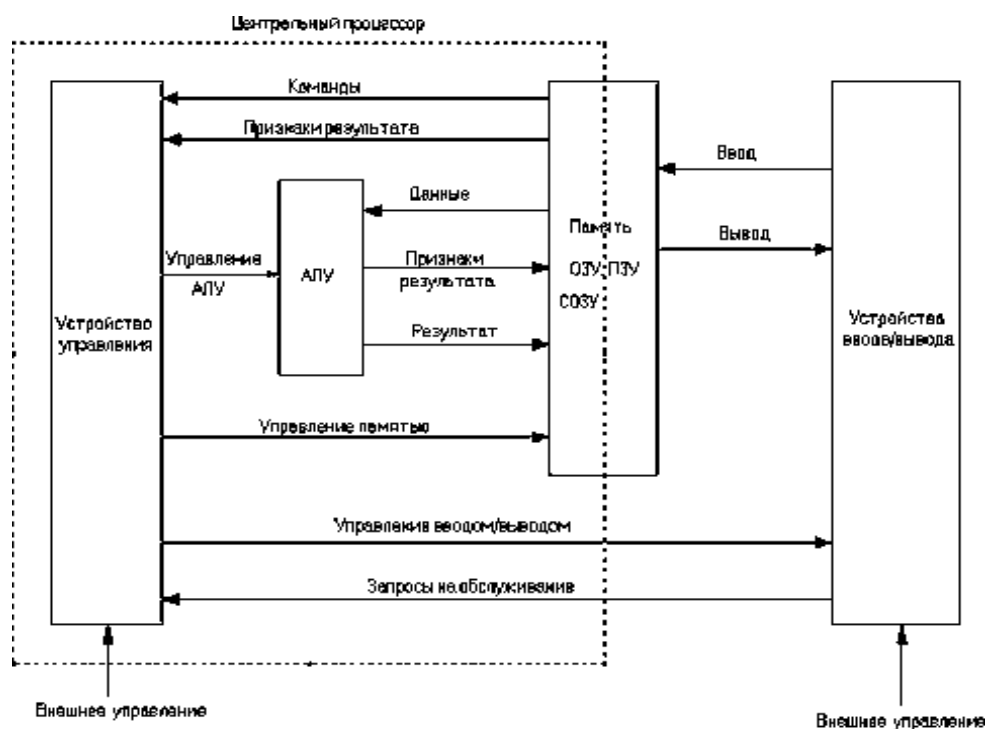


Рис.5.36. Функциональная схема ЭВМ

Адрес самой первой ячейки программы устанавливается при этом командой «сброс» внешнего управления.

Естественный порядок выполнения команд не требует каких-либо указаний в кодах команд, то есть используется по умолчанию.

Существуют специальные команды передачи управления, позволяющие нарушать естественный порядок либо безусловно, либо условно (в зависимости от признака результата выполненной АЛУ операции).

Такие команды каким-либо образом указывают устройству управления адрес следующей команды.

Обмен информацией между ЭВМ и внешней средой организуется через устройства ввода-вывода. Следует указать на возможность программного управления вводом-выводом и ввода-вывода по прерываниям.

В первом случае обмен информацией идет по инициативе и под управлением программы.

Во втором – устройство ввода-вывода само запрашивает обслуживание под действием внешних сигналов. Устройство управления, реагируя на этот запрос, прерывает выполнение основной программы ЭВМ и запускает заранее подготовленную программу обслуживания устройства ввода-вывода (программу обработки прерывания). По завершении ввода-вывода под управлением программы обработки ЭВМ вновь возвращается к выполнению основной программы с точки прерывания.

Устройство управления, АЛУ и регистры СОЗУ принято объединять в единый конструктивный блок, называемый центральным процессором.

Особенности построения микро-ЭВМ.

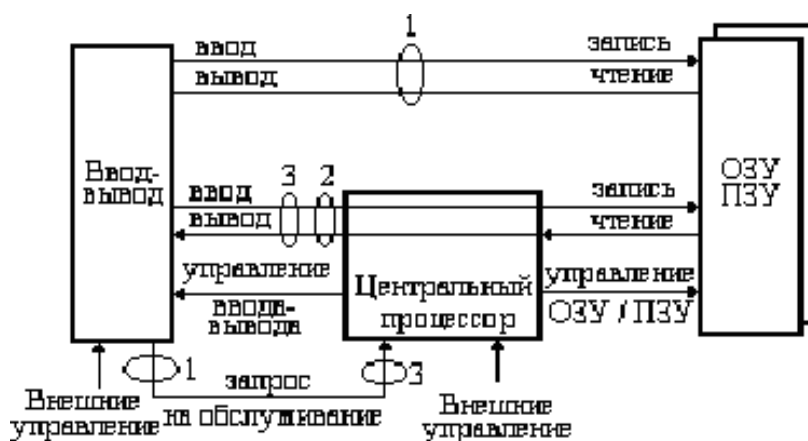


Рис.5.37. Функциональная схема ЭВМ, использующая центральный процессор

Вновь изобразим общую функциональную схему ЭВМ, используя понятие центрального процессора (рис.5.37). Эта схема наглядно иллюстрирует систему внутренних информационных связей между устройствами ЭВМ.

В ЭВМ, созданных до появления микропроцессоров, как правило, организовывалась одновременная и параллельная работа центрального процессора, АЛУ, устройств ввода-вывода, ОЗУ и ПЗУ. Такая организация позволяет обеспечить высокую производительность ЭВМ, однако требует наличия многочисленных соединений процессора с другими устройствами как одиночными проводниками, так многоразрядными шинами связи.

Обилие внешних связей препятствовало выполнению традиционных процессорных структур в виде одной или немногих интегральных схем, так как по условиям производства и применения микросхема не могла иметь слишком большое число выводов.

Поэтому при миниатюризации центрального процессора пришлось отказаться от жесткой, статической, выполненной раз и навсегда системы связей устройств вычислительной машины и организовать такую связь гибко, динамически с помощью общей для всех устройств шины (магистральной).

Функциональная схема ЭВМ с магистральной организацией приведена на рис.5.38.



Рис.5.38 Функциональная схема ЭВМ с магистральной организацией

Магистральная организация обеспечивает все связи между устройствами ЭВМ, предусмотренные общей функциональной схемой, но не параллельно, а последовательно, с разделением во времени.

В каждый момент времени по общей шине взаимодействуют лишь два устройства вычислительной машины. Третье устройство отключено от шины с помощью выходов с открытым коллектором или тремя состояниями.

В рамках магистральной организации ЭВМ удалось разработать микроэлектронные центральные процессоры, реализованные на одной или нескольких микросхемах с числом выводов меньшим допустимого.

Такие микросхемы называли микропроцессорами. ЭВМ с магистральной внутренней организацией и центральным процессором, построенным на микропроцессорах, стали называть микро-ЭВМ.

Магистральная организация микро-ЭВМ исключает параллельную обработку информации разными устройствами машины.

Поэтому производительность микро-ЭВМ оказывается относительно низкой. За малые размеры аппаратуры здесь заплачено ее быстродействием.

Следует указать, что за время, прошедшее с момента появления первого микропроцессора (1971 г.), технология производства и монтажа микросхем претерпела значительные изменения.

Соответственно увеличилось и допустимое число выводов микросхемы (от 40 в 1971 г. до нескольких сотен – в настоящее время).

Однако это обстоятельство не стимулировало отказа от магистральной организации микро-ЭВМ, так как такая организация оказалась очень удобной для модернизации, изменения состава устройств микро-ЭВМ и приспособления микро-ЭВМ к запросам конкретного пользователя.

Говорят, что магистральная организация обеспечивает открытость и гибкость построения микро-ЭВМ. Это очень полезные качества и, поэтому, не смотря на появление технических возможностей повышения

производительности за счет отказа от магистральной организации, производительность микро-ЭВМ повышают только за счет увеличения быстродействия элементов и совершенствования процесса обработки информации в микропроцессоре (конвейерная обработка, кэширование, применение сопроцессоров).

Архитектура простейшей микро-ЭВМ.

В состав простейшей микро-ЭВМ входят центральный процессор, ОЗУ и ПЗУ, порты ввода и вывода, а также дешифраторы, осуществляющие выбор запоминающего устройства и порта ввода — вывода.

Построение микро-ЭВМ или, как часто говорят, ее «архитектуру» поясняет функциональная схема (рис.5.39).

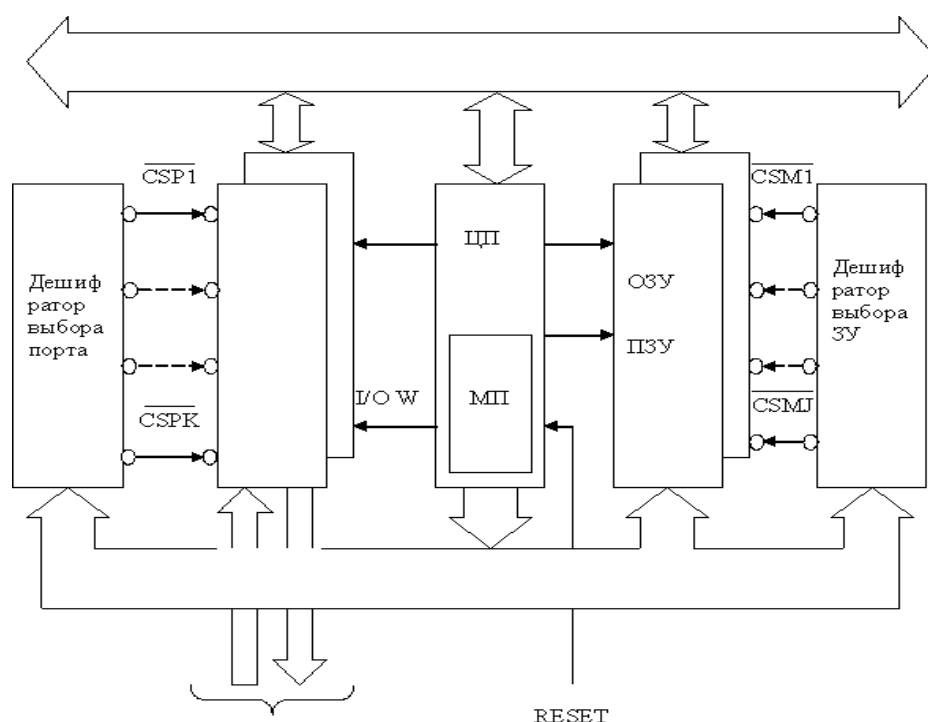


Рис.5.39. Архитектура простейшей микро-ЭВМ

Так общая магистраль оказывается представлена здесь совокупностью трех специализированных шин: шины данных, шины адреса и шины управления.

Шина данных (ШД) — является двунаправленной и предназначена для пересылки кодов обрабатываемых данных, а также машинных кодов команд между устройствами ЭВМ. Однонаправленная шина адреса (ША) несёт адрес (номер) той ячейки памяти или того порта ввода — вывода, который взаимодействует с микропроцессором. Шина управления несёт сигналы управления, обеспечивающие правильное взаимодействие блоков микро-ЭВМ друг с другом и с внешней средой. На рис.1.16 эта шина представлена следующими сигналами:

MEMR — «чтение из памяти»; сигнал подтверждает прием байта данных из памяти в один из регистров микропроцессора;

MEMW – «запись в память»; сигнал извещает память о том, что микропроцессор выставил на шину данных байт, подлежащий записи в память;

I/OR – «чтение из порта ввода»; сигнал подтверждает прием байта данных из порта ввода в определенный регистр микропроцессора;

I/OW – «запись в порт вывода»; сигнал извещает порты вывода о том, что микропроцессор выставил на шину данных байт, подлежащий выводу через какой-либо из портов.

Рассмотренный набор сигналов шины управления является типовым. В конкретной микро-ЭВМ он может быть, как расширен, так и сужен.

Сигнал RESET – «сброс» является сигналом внешнего управления, он приводит микро — ЭВМ в исходное стартовое состояние.

Центральный процессор (ЦП) микро — ЭВМ выполнен на основе микропроцессора (МП). Кроме микропроцессора этот модуль содержит так называемые схемы обрaмления. В состав обрaмления входят разного рода вспомогательные устройства, обеспечивающие как работу микропроцессора, так и его связь с магистралью микро-ЭВМ.

Центральный процессор, ОЗУ, ПЗУ и порты ввода имеют выходы данных с тремя состояниями или открытым коллектором. Поэтому названные блоки могут либо отключаться (по выходу) от шины данных, либо, наоборот, захватывать эту шину. Центральный процессор управляет мультиплексированием шины данных по шине адреса с помощью дешифратора выбора ЗУ и дешифратора выбора порта. Дешифратор выбора ЗУ генерирует сигнал выбора соответствующего блока памяти ($\overline{CSM1}.. \overline{CSMJ}$), анализируя старшие биты адреса ячейки памяти, выставленного микропроцессором на шине адреса. Младшие биты адреса обычно подаются параллельно на адресные входы всех блоков памяти. Рассмотренный метод гарантирует присвоение каждой из ячеек памяти своего единственного в системе, уникального адреса, а также непрерывность адресного пространства каждого из блоков памяти. Дешифратор выбора порта генерирует сигнал выбора соответствующего порта ($\overline{CSP1}.. \overline{CSPK}$), анализируя адрес порта, выставленный микропроцессором на шине адреса. Следует отметить, что сигналы выбора $\overline{CSM1}.. \overline{CSMJ}$ и $\overline{CSP1}.. \overline{CSPK}$ используются в микро-ЭВМ не только для мультиплексирования шины данных (то есть для разрешения чтения из того или иного блока), но и для демультимплексирования, то есть для разрешения записи в соответствующий блок [53].

5.1.11 Назначения программируемых контроллеров

Контроллер (от англ. Control) - управление. Контроллером в автоматизированных системах называют техническое средство, выполняющее функции управления физическими процессами в соответствии с заложенным алгоритмом, с использованием информации, получаемой от датчиков и выводимой на окончателные устройства. Любое устройство,

способное работать автоматически, имеет в своем составе управляющий контроллер - модуль, определяющий логику работы устройства.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) (рис.5.40)— технические средства, используемые для автоматизации технологических процессов. Это электронное специализированное устройство, работающее в реальном масштабе времени. Основным режимом работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьезного обслуживания и без вмешательства человека. ПЛК обычно применяются для управления последовательными процессами, используя входы и выходы для определения состояния объекта и выдачи управляющих воздействий.



Рис.5.40. Программируемый логический контроллер

Программируемый логический контроллер, представляют собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени(рис.5.41).



Рис.5.41. Принцип работы ПЛК

Для используемых в настоящее время релейно-контактных систем управления характерна невысокая надёжность, наличие открытых контактов и др. Применение программируемых логических контроллеров (ПЛК) для

автоматизации локальных систем управления является наиболее эффективным.

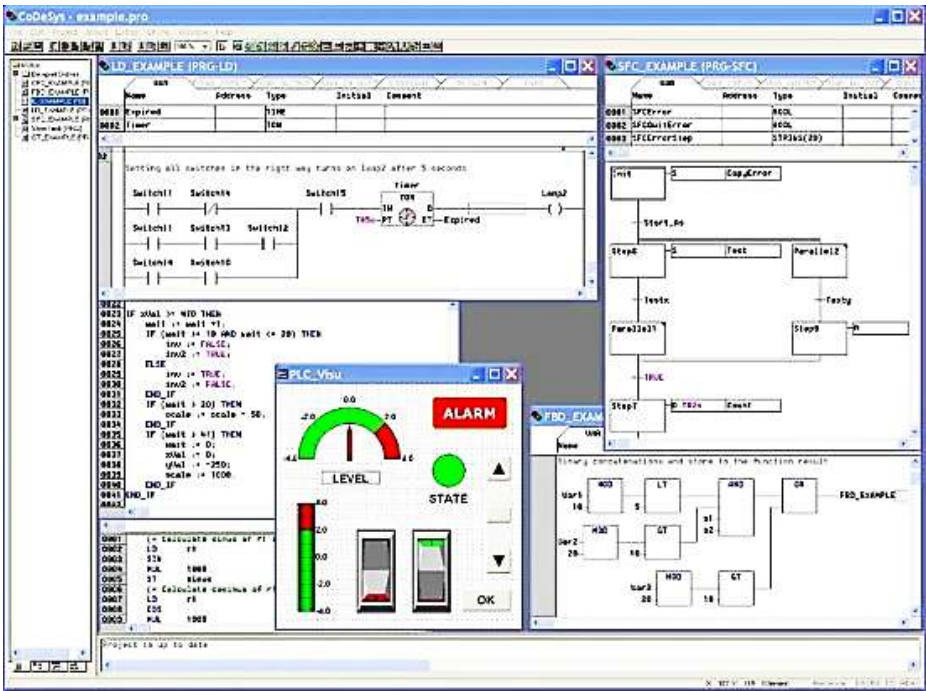


Рис.5.42. Внешний вид программы CoDeSys

ПЛК программируются в соответствии со стандартом МЭК-61131-3. Программируются ПЛК с помощью специализированных комплексов, один из наиболее популярных является CoDeSys(рис.5.42). Он включает в себя следующие языки(рис.5.43): графические (Ladder Diagram, Function Block Diagram, Sequential Function Chart, Continuous Function Chart), текстовые (Instruction List, Structured Text).

Языки программирования			
Графический		Текстовый	
LD	Язык релейных схем	IL	Ассемблеро-подобный язык
FBD	Язык функциональных блоков	ST	Паскале-подобный язык
SFC	Язык диаграмм состояний	CFC	Не сертифицирован IEC61131-3

Рис.5.43. Языки программирования для ПЛК

Первый в мире программируемый логический контроллер появился в середине XX века. Modicon 084 представлял собой шкаф с набором соединённых между собой реле и контактов, его память составляла лишь 4

килобайта. Термин ПЛК ввел Аллен-Брадли в 1971. Вместе с Ричардом Морли он является «отцом ПЛК».

Структура работы программируемого логического контроллера(рис.5.44):

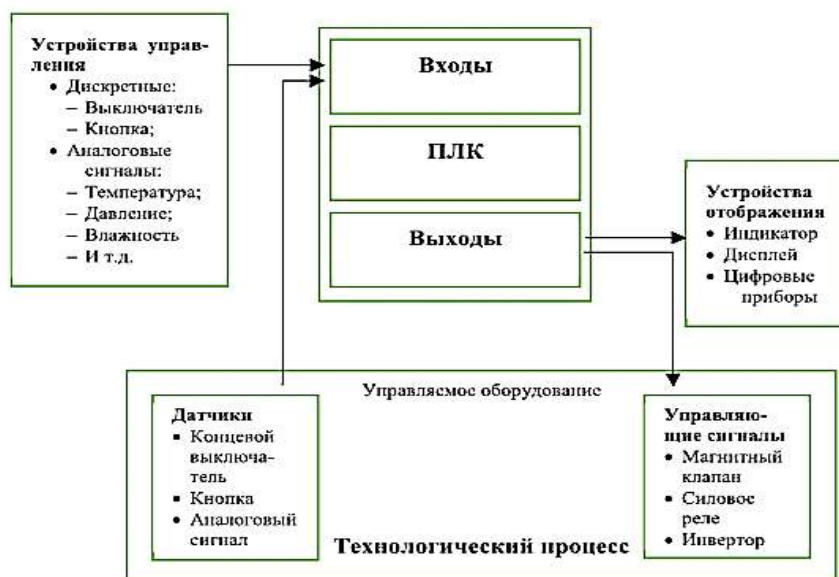


Рис.5.44. Структура работы ПЛК

Алгоритм работы ПЛК(рис.5.45):

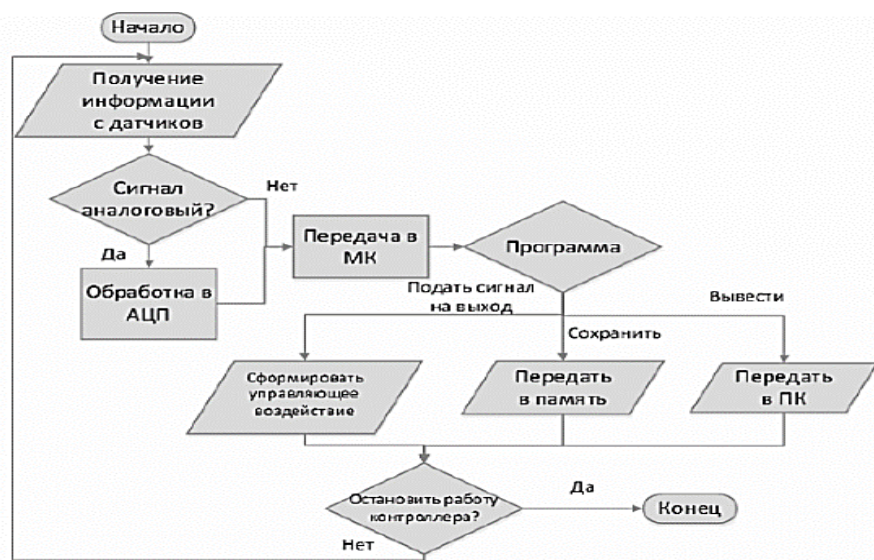


Рис.5.45 Алгоритм работы ПЛК

В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьезного обслуживания и практически без вмешательства человека.

ПЛК имеют ряд особенностей, отличающих их от прочих электронных приборов, применяемых в машиностроении:

- в отличие от микроконтроллера (однокристального компьютера) — микросхемы, предназначенной для управления электронными устройствами — областью применения ПЛК обычно являются автоматизированные процессы промышленного производства в контексте производственного предприятия;

- в отличие от компьютеров ПЛК ориентированы на работу с агрегатами машин через развитый ввод сигналов датчиков и вывод сигналов на исполнительные механизмы, ориентированных на принятие решений и управление оператором;

- в отличие от встраиваемых систем ПЛК изготавливаются как самостоятельные изделия, отдельные от управляемого при его помощи оборудования.

- наличие расширенного числа логических операций и возможность задания таймеров и счетчиков.

- все языки программирования ПЛК имеют легкий доступ к манипулированию битами в машинных словах, в отличие от большинства высокоуровневых языков программирования современных компьютеров.

Существуют ПЛК разного уровня сложности в зависимости от сложности решаемых задач автоматизации.

Основные операции ПЛК соответствуют комбинационному управлению логическими схемами специфических агрегатов — механических, электрических, гидравлических, пневматических и электронных.

В процессе управления контроллеры генерируют выходные сигналы (включить — выключить) для управления исполнительными механизмами (электродвигателями, клапанами, электромагнитами и вентилями) на основании результатов обработки сигналов, полученных от датчиков, либо устройств верхнего уровня.

Современные программируемые контроллеры выполняют также и другие операции, например, совмещают функции счетчика и интервального таймера, обрабатывают задержку сигналов [54].

5.1.12 Схемы на логических элементах

Все, абсолютно все электронные компоненты, обрабатывающие цифровые сигналы, состоят из небольшого набора одинаковых «кирпичиков». В микросхемах малой степени интеграции могут быть единицы и десятки таких элементов, а в современных процессорах их может быть очень и очень много. Они называются логические элементы. Логическим элементом называется электрическая схема, предназначенная для выполнения какой-либо логической операции с входными данными. Логический элемент — элемент, осуществляющий определенные логические зависимости между входными и выходными сигналами. Входные данные представляются здесь в виде напряжений различных уровней, и результат

логической операции на выходе — также получается в виде напряжения определенного уровня. Логические элементы обычно используются для построения логических схем вычислительных машин, дискретных схем автоматического контроля и управления.

Простые схемы на мультивибраторах.

Мультивибратор является устройством достаточно универсальным, поэтому его применение очень разнообразно. В четвертой части статьи была показана схема мультивибратора на трех логических элементах. Чтобы не искать эту часть, схема показана еще раз на рис.5.46.

Частота колебаний при номиналах, указанных на схеме, будет около 1 Гц. Дополнив такой мультивибратор светодиодным индикатором, можно получить простой генератор световых импульсов. Если транзистор взять достаточно мощным, например КТ972, вполне возможно сделать небольшую гирлянду для маленькой елки. Подключив вместо светодиода телефонный капсюль ДЭМ-4м, можно будет услышать щелчки при переключении мультивибратора. Такое устройство можно применить в качестве метронома при обучении игре на музыкальных инструментах.

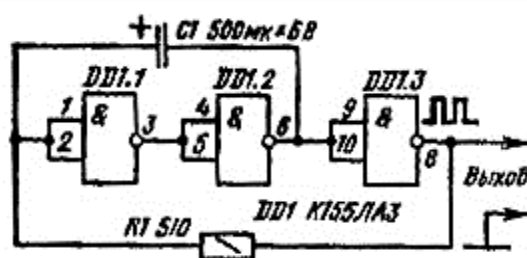


Рис.5.46. Мультивибратор на трех элементах.

На базе мультивибратора очень просто сделать генератор звуковых частот. Для этого необходимо, чтобы конденсатор был емкостью 1 мкФ, а в качестве резистора R1 применить переменный сопротивлением 1,5...2,2 КОм. Весь звуковой диапазон такой генератор, конечно, не перекроет, но в некоторых пределах частоту колебаний можно будет изменять. Если необходим генератор с более широким диапазоном частот, это можно сделать, изменяя емкость конденсатора при помощи переключателя.

Генератор прерывистого звукового сигнала.

В качестве примера использования мультивибратора можно вспомнить схему, издающую прерывистый звуковой сигнал. Для ее создания потребуются уже два мультивибратора. В этой схеме мультивибраторы на двух логических элементах, что позволяет собрать такой генератор всего на одной микросхеме. Его схема показана на рис.5.47.

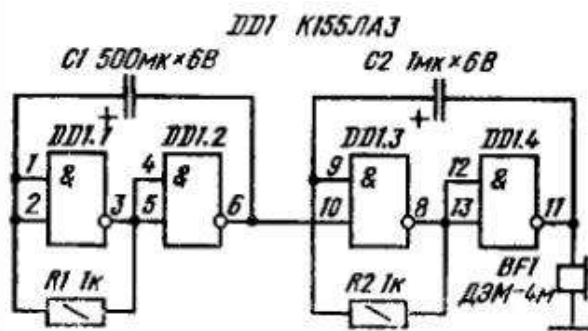


Рис.5.47. Генератор прерывистого звукового сигнала.

Генератор на элементах DD1.3 и DD1.4 вырабатывает колебания звуковой частоты, которые воспроизводит телефонный капсюль ДЭМ-4м. Вместо него можно применить любой с сопротивлением обмотки около 600 Ом. При указанных на схеме номиналах C2 и R2 частота звуковых колебаний около 1000 Гц. Но звук будет раздаваться лишь в то время, когда на выводе 6 мультивибратора на элементах DD1.1 и DD1.2 будет высокий уровень, который разрешит работу мультивибратора на элементах DD1.3, DD1.4. В случае, когда на выходе первого мультивибратора низкий уровень второй мультивибратор остановлен, звука в телефонном капсюле нет.

Для проверки работы звукового генератора можно 10-й вывод элемента DD1.3 отключить от вывода 6 DD1.2. В этом случае должен зазвучать непрерывный звуковой сигнал (не забывайте, что если вход логического элемента никуда не подключен, то такое его состояние рассматривается как высокий уровень).

Если 10-й вывод соединить с общим проводом, например, провололочной перемычкой, то звук в телефоне прекратится. (То же самое можно сделать и, не нарушая соединения десятого вывода). Этот опыт говорит о том, что звуковой сигнал раздается лишь тогда, когда на выводе 6 элемента DD1.2 высокий уровень. Таким образом, первый мультивибратор тактирует работу второго. Подобную схему можно применить, например, в устройствах сигнализации.

Вообще, провололочная перемычка, соединенная с общим проводом, широко используется при исследовании и ремонте цифровых схем в качестве сигнала низкого уровня. Можно сказать, что это классика жанра. Опасения что-либо таким методом «сжечь» совершенно напрасны. При этом на «землю» можно «сажать» не только входы, но и выходы цифровых микросхем любых серий. Это эквивалентно открытому выходному транзистору или уровню логического нуля, низкому уровню.

В противоположность только что сказанному совершенно недопустимо выход микросхем подключать к цепи +5в: если выходной транзистор в это время будет открыт (все напряжение источника питания будет приложено к участку коллектор – эмиттер открытого выходного транзистора), то микросхема выйдет из строя. Учитывая то, что все цифровые схемы не стоят

на месте, а что-то все время «делают», работают в импульсном режиме, открытого состояния выходного транзистора ждать придется совсем недолго.

Применение одновибратора.

В качестве простейшего применения одновибратора можно назвать световой сигнализатор. На его основе можно создать мишень для стрельбы теннисными шариками. Схема светового сигнализатора показана на рис.5.48.

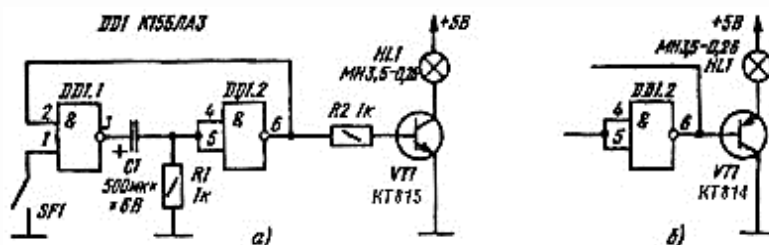


Рис.5.48. Световой сигнализатор.

Собственно мишень может быть достаточно больших размеров (картон или фанера), а ее «яблочко» это металлическая пластина диаметром около 80 мм. На электрической схеме это контакт SF1. При попадании в центр мишени контакты замыкаются весьма кратковременно, поэтому мигания лампочки можно и не заметить. Для предотвращения такой ситуации и служит в данном случае одновибратор: от короткого запускающего импульса лампочка гаснет не менее чем на секунду. В данном случае происходит удлинение запускающего импульса.

Если хочется, чтобы лампа при попадании не гасла, а наоборот вспыхивала, следует в схеме индикатора применить транзистор типа КТ814 поменяв местами выводы коллектора и эмиттера. При таком подключении в базовую цепь транзистора резистор можно не ставить.

В качестве генератора одиночных импульсов одновибратор часто применяется при ремонте цифровой техники для проверки работоспособности как отдельных микросхем, так и целых каскадов. Об этом будет рассказано несколько позднее. Также без одновибратора не обходится ни один стрелочный, или как его называют, аналоговый частотомер [55].

5.1.13 Логические схемы по уравнению

Любые цифровые микросхемы строятся на основе простейших логических элементов:

1. "НЕ" — выполняет функцию инвертирования;
2. "И" — выполняет функцию логического умножения.
3. "ИЛИ" — выполняет функцию логического суммирования;

Рассмотрим устройство и работу цифровых логических элементов подробнее.

Инвертор.

Простейшим логическим элементом является инвертор, который просто изменяет входной сигнал на прямо противоположное значение. Его логическая функция записывается в следующем виде:

$$F(x)=\overline{x} \quad (5.10)$$

где черта над входным значением и обозначает изменение его на противоположное. То же самое действие можно записать при помощи таблицы истинности, приведённой в таблице 2. Так как вход у инвертора только один, то его таблица истинности состоит всего из двух строк.

Таблица 2. Таблица истинности логического элемента инвертора

n	ut
0	1
1	0

В качестве логического инвертора можно использовать простейший усилитель с транзистором, включенном по схеме с общим эмиттером (или истоком для полевого транзистора). Принципиальная схема логического элемента инвертора, выполненная на биполярном п-р-п транзисторе, приведена на рис.5.49.

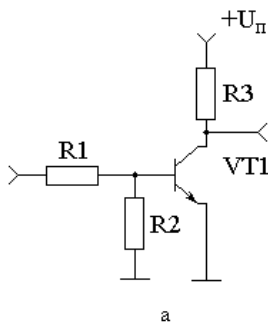


Рис.5.49. Схема простейшего логического инвертора

Микросхемы логических инверторов могут обладать различным временем распространения сигнала и могут работать на различные виды нагрузки. Они могут быть выполнены на одном или на нескольких транзисторах. Наиболее распространены логические элементы, выполненные по ТТЛ, ЭСЛ и КМОП технологиям. Но независимо от схемы логического элемента и её параметров все они осуществляют одну и ту же функцию.

Инверторы присутствуют практически во всех сериях цифровых микросхем. В отечественных микросхемах инверторы обозначаются буквами

ЛН. Например, в микросхеме 1533ЛН1 содержится 6 инверторов. Иностранные микросхемы для обозначения типа микросхемы используется цифровое обозначение. В качестве примера микросхемы, содержащей инверторы, можно назвать 74ALS04. В названии микросхемы отражается, что она совместима с ТТЛ микросхемами (74), произведена по улучшенной малопотребляющей шоттки технологии (ALS), содержит инверторы (04).

Логический элемент "И"

Следующим простейшим логическим элементом является схема, реализующая операцию логического умножения "И"(5.11):

$$F(x_1, x_2) = x_1 \wedge x_2 \quad (5.11)$$

где символ \wedge и обозначает функцию логического умножения. Иногда эта же функция записывается в другом виде (5.12):

$$F(x_1, x_2) = x_1 \wedge x_2 = x_1 \cdot x_2 = x_1 \& x_2. \quad (5.12)$$

То же самое действие можно записать при помощи таблицы истинности, приведённой в таблице 3. В формуле, приведенной выше использовано два аргумента. Поэтому логический элемент, выполняющий эту функцию имеет два входа. Он обозначается "2И". Для логического элемента "2И" таблица истинности будет состоять из четырех строк ($2^2 = 4$).

Таблица 3. Таблица истинности логического элемента "2И"

n1	n2	ut

Как видно из приведённой таблицы истинности, активный сигнал на выходе этого логического элемента появляется только тогда, когда и на входе X, и на входе Y будут присутствовать единицы. То есть этот логический элемент действительно реализует операцию "И".

Проще всего понять, как работает логический элемент "2И", при помощи схемы, построенной на идеализированных ключах с электронным управлением, как это показано на рис.5.50. В приведенной принципиальной схеме ток будет протекать только тогда, когда оба ключа будут замкнуты, а, значит, единичный уровень на ее выходе появится только при двух единицах на входе.

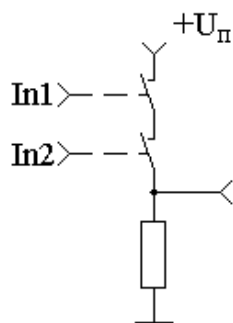


Рис.5.50. Принципиальная схема логического элемента "2И"

Точно так же описывается и функция логического умножения трёх переменных(5.13):

$$F(x_1, x_2, x_3) = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \quad (5.13)$$

Её таблица истинности будет содержать уже восемь строк ($2^3 = 8$). Таблица истинности трёхвходовой схемы логического умножения "3И" приведена в таблице 3, а условно-графическое изображение на рисунке 4. В схеме же логического элемента "3И", построенной по принципу схемы, приведённой на рисунке 2, придётся добавить третий ключ.

Логический элемент "ИЛИ"

Следующим простейшим логическим элементом является схема, реализующая операцию логического сложения "ИЛИ"(5.14):

$$F(x_1, x_2) = x_1 \vee x_2 \quad (5.14)$$

где символ \vee обозначает функцию логического сложения. Иногда эта же функция записывается в другом виде (5.14):

$$F(x_1, x_2) = x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2 = x_1 | x_2. \quad (5.15)$$

То же самое действие можно записать при помощи таблицы истинности, приведённой в таблице 4. В формуле, приведенной выше использовано два аргумента. Поэтому логический элемент, выполняющий эту функцию имеет два входа. Такой элемент обозначается "2ИЛИ". Для элемента "2ИЛИ" таблица истинности будет состоять из четырех строк ($2^2 = 4$).

Таблица 4. Таблица истинности логического элемента "2ИЛИ"

n1	n2	ut

Как и в случае, рассмотренном для схемы логического умножения, воспользуемся для реализации схемы "2ИЛИ" ключами. На этот раз

соединим ключи параллельно. Схема, реализующая таблицу истинности 4, приведена на рисунке 5. Как видно из приведённой схемы(рис.5.51), уровень логической единицы появится на её выходе, как только будет замкнут любой из ключей, то есть схема реализует таблицу истинности, приведённую в таблице 5 [56].

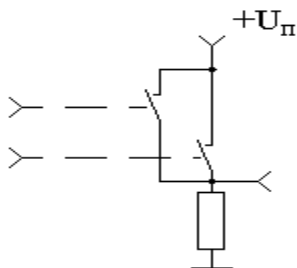


Рис.5.51. Принципиальная схема логического элемента "2ИЛИ"

5.1.14 Параметрические и генераторные датчики

Важнейшим функциональным элементом электронных средств технического диагностирования автомобилей являются датчики (первичные преобразователи) электрических и неэлектрических физических величин. Правильный выбор типа датчика непосредственно влияет на качество получаемой диагностической информации, достоверность постановки диагноза, экономические показатели процесса диагностирования.

Датчик – устройство(рис.5.52), воспринимающее измеряемый (контролируемый) параметр и преобразующий его в сигнал, удобный для передачи по линиям связи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдателем.

В целом по виду измеряемой величины выходной сигнал датчика может быть электрический, пневматический, гидравлический, механический и др. В средствах технического диагностирования автомобилей наиболее широко применяют датчики с электрическим выходным сигналом. Преимущества таких датчиков заключаются в быстроедействии, возможности автоматизации процесса измерения, многофункциональности и гибкости.

В зависимости от принципа действия датчики с электрическим выходным сигналом можно разделить на две основные категории: генераторные (активные) и параметрические (пассивные).

В генераторных датчиках осуществляется генерация электрической энергии, т. е. преобразование измеряемого параметра в электрический сигнал. К генераторным датчикам относят пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические, гальванические, электрокинетические, частотные датчики, а также датчики электрических потенциалов и датчики с импульсным выходом.

В параметрических датчиках измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи: сопротивление, индуктивность, емкость и т. п.

Такие датчики питаются от внешнего источника электрической энергии. К параметрическим датчикам относят емкостные, электромагнитные и магнитоэлектрические, электроконтактные, потенциометрические, жидкостные, механотронные, тензорезисторные, магнитомодуляционные датчики, а также датчики контактного сопротивления, термосопротивления, пьезосопротивления, фотосопротивления и др.

Схемы включения датчиков, чаще называемые **измерительными схемами**, предназначены для преобразования выходной величины датчика, а в большинстве случаев это изменение их внутреннего сопротивления, в более удобную величину для её последующего использования. Это, как правило, электрический ток или изменение напряжения, которые можно либо непосредственно определить с помощью электроизмерительного прибора либо, предварительно усилив, подать на соответствующее исполнительное или регистрирующее устройство.



Рис.5.52. Датчик

Для этих целей широкое применение получили следующие схемы включения:

- последовательная;
- мостовая;
- дифференциальная;
- компенсационная.

Последовательная схема включения состоит из источника питания постоянного или переменного тока, самого датчика R_x , измерительного прибора или непосредственно исполнительного элемента и, обычно, добавочного сопротивления R_d , которое ограничивает ток в этой цепи (рис.5.53). Подобная схема включения, чаще всего, находит широкое применение лишь с контактными датчиками, для которых $R_x=0$ или же $R_x=?$.

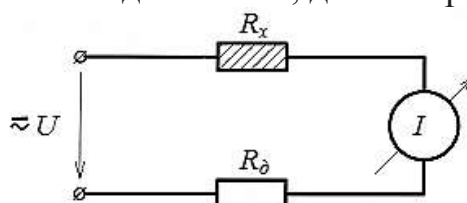


Рис.5.53. Последовательная схема включения датчиков

Так как, при работе с другими датчиками в цепи измерительного прибора всегда протекает электрический ток, определяемый выражением $I = U/(R_x + R_d)$, а незначительное изменение внутреннего сопротивления датчика приводит к очень малому изменению этого тока. В результате используется минимальный участок шкалы измерительного прибора, а точность измерения практически сводится к нулю. Поэтому для большинства других датчиков применяются специальные измерительные схемы, позволяющие значительно увеличить чувствительность и точность измерения.

Наиболее часто используется **мостовая схема** включения, при которой один, а иногда и несколько датчиков определенным образом соединяются совместно с дополнительными резисторами в четырехугольник (так называемый мост Уинстона), у которого имеются две диагонали (рис.5.54). Одна из них, называемая диагональю питания a-b, предназначена для подключения источника постоянного или переменного тока, а в другую, измерительную диагональ c-d, включается измерительный прибор.

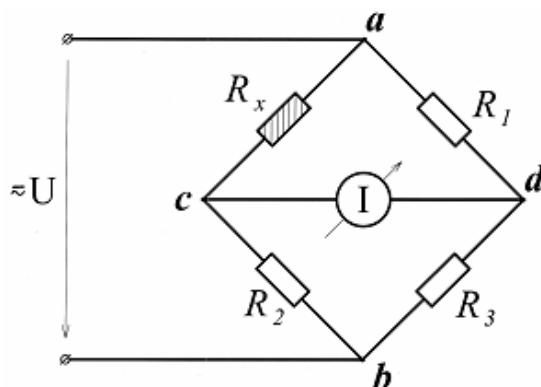


Рис.5.54. Мостовая схема включения датчиков

При равенстве произведений величин сопротивлений противоположных сторон четырехугольника (плеч мостовой схемы) $R_x \times R_3 = R_1 \times R_2$ потенциалы точек c и d будут равны, и ток в измерительной диагонали будет отсутствовать. Такое состояние мостовой схемы принято называть **равновесием моста**, т.е. мостовая схема сбалансирована.

Если же сопротивление датчика R_x от внешнего воздействия изменится, то равновесие будет нарушено и по измерительному прибору будет протекать ток, пропорциональный изменению этого сопротивления. При этом направление этого тока показывает, как изменилось сопротивление датчика (возросло или уменьшилось). Здесь при соответствующем выборе чувствительности измерительного прибора может использоваться вся его рабочая шкала.

Рассмотренная мостовая схема называется **неравновесной**, так как процесс измерения производится при **разбалансе** моста, т.е. нарушении равновесия. Неравновесная мостовая схема чаще всего используется в тех случаях, когда сопротивление датчика при воздействии внешних сил может

изменяться за единицу времени очень быстро, но тогда вместо измерительного прибора целесообразнее использовать регистрирующее устройство, которое и зафиксирует эти изменения.

Более чувствительной считается **равновесная мостовая схема**, в которой в два смежных плеча дополнительно подключается специальный измерительный реостат R (рис.5.55), оснащенный шкалой и называемый в измерительной технике реохордом.

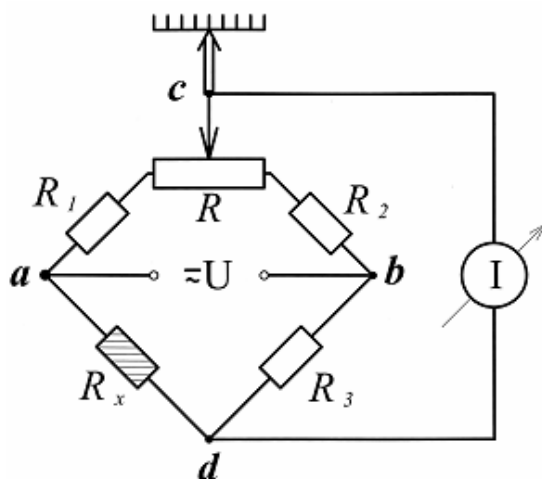


Рис.5.55. Равновесная мостовая схема

В работе с такой схемой, при каждом изменении сопротивления датчика мостовая схема должна быть вновь уравновешена с помощью включенного реохорда, т.е. до отсутствия тока в измерительной диагонали. В этом случае, значение измеряемого параметра (изменение величины сопротивления датчика) определяется по специальной шкале, которой оснащается этот реохорд и проградуированной в единицах измеряемой датчиком величины.

Более высокая точность равновесного моста объясняется тем, что отсутствие тока в измерительном приборе зафиксировать легче, чем непосредственно измерить его величину, а уравновешивание моста в подобных случаях, как правило, выполняется с помощью специального электродвигателя, управляемого сигналом разбаланса мостовой схемы.

Мостовые схемы включения датчиков считаются универсальными, т.к. питание их может осуществляться как постоянным, так и переменным током, а самое главное, в эти схемы могут включаться одновременно несколько датчиков, что способствует повышению не только чувствительности, но и точности измерения.

Дифференциальная схема включения датчиков строится с использованием специального трансформатора, питаемого от сети переменного тока, вторичная обмотка которого разделена на две одинаковые части. Таким образом, в этой схеме (рис.5.56) образуются два смежных контура электрической цепи, по каждому из которых протекает свой контурный ток I_1 и I_2 . А величина тока в измерительном приборе

определяется разностью этих токов, и при равенстве сопротивлений датчика R_x и дополнительного резистора R_d ток в измерительном приборе будет отсутствовать.

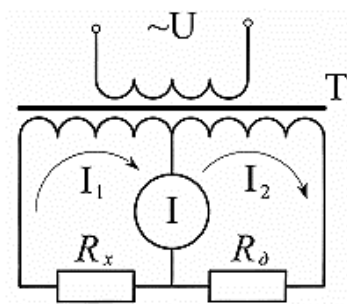


Рис.5.56. Дифференциальная схема включения датчиков

При изменении сопротивления датчика по измерительному прибору потечет ток, пропорциональный этому изменению, а фаза этого тока будет зависеть от характера изменения этого сопротивления (увеличения или уменьшения). Для питания дифференциальной схемы используется только переменный ток и поэтому в качестве датчиков здесь целесообразнее использовать реактивные датчики (индуктивные или емкостные).

Особенно удобно применять такую схему включения при работе с дифференциальными индуктивными или емкостными датчиками. При использовании подобных датчиков, фиксируется не только величина перемещения, например, ферромагнитного сердечника (рис.5.57), но и направление этого перемещения (его знак), в результате чего изменяется фаза переменного тока, проходящего по измерительному прибору. При этом дополнительно, увеличивается и чувствительность измерения.

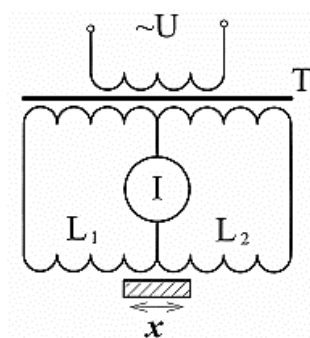


Рис.5.57. Схема включения индуктивного дифференциального датчика

Следует отметить, что для увеличения точности измерения в некоторых случаях применяют другие разновидности подобных измерительных схем, например, **равновесные дифференциальные схемы**. В такие схемы включают либо реохорд, либо специальный измерительный автотрансформатор со специальной шкалой, а процесс измерения с подобными схемами аналогичен измерениям с равновесной мостовой схемой.

Компенсационная схема включения датчиков считается самой точной из всех рассмотренных выше. Работа ее основана на компенсации выходного напряжения или э.д.с. датчика равным ему падением напряжения на измерительном реостате (реохорде). Для питания компенсационной схемы используется только источник постоянного тока и применяется она, в основном, с генераторными датчиками постоянного тока.

Рассмотрим работу этой схемы на примере использования в качестве датчика термопары (рис.5.58).

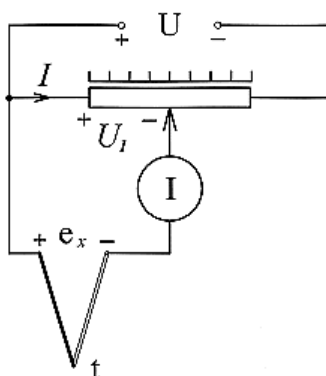


Рис.5.58. Компенсационная схема включения термоэлектрического датчика

Под действием приложенного напряжения U по измерительному реостату протекает ток, который вызывает падение напряжения U_1 на участке реостата от его левого вывода до движка. В случае равенства этого напряжения и э.д.с. термопары – e_x ток через измерительный прибор будет отсутствовать.

Если величина э.д.с. датчика изменяется, необходимо с помощью движка реохорда снова добиваться отсутствия этого тока. Здесь, как и в равновесной мостовой схеме, величина измеряемого параметра, в нашем случае – температуры (э.д.с. термопары) определяется по шкале реохорда, а перемещение его движка выполняется, чаще всего, также с помощью специального электродвигателя.

Высокая точность компенсационной схемы обусловлена тем, что в момент измерения электрическая энергия, вырабатываемая датчиком, не потребляется, так как ток в цепи его включения равен нулю. Эту схему можно применять и с параметрическими датчиками, но тогда необходим дополнительный источник постоянного тока, используемый в цепи питания параметрического датчика [57].

5.1.15 Сборка усилительных устройств

Усилителем называется устройство, предназначенное для повышения мощности входного сигнала. Увеличение мощности, выделяемой в сопротивлении нагрузки, по сравнению с мощностью источника входного

сигнала, достигается за счет энергии источника постоянного напряжения, называемого источником питания (при этом соблюдается закон сохранения энергии). Маломощный входной сигнал лишь управляет передачей энергии источника питания в нагрузку. Под воздействием входного сигнала на выходе усилительного элемента возникают более мощные колебания, которые и передаются в нагрузку.

Усилители, используемые в современных устройствах, отличаются параметрами, назначением, характером усиливаемых сигналов и т.д.

По характеру усиливаемого сигнала усилители можно разделить на две группы: усилители гармонических сигналов и усилители импульсных сигналов:

Усилители гармонических сигналов (**гармонические усилители**) предназначены для усиления непрерывных во времени сигналов. При изменении любого параметра сигнала в усилителе возникает переходный процесс: колебание на выходе усилителя достигает установившегося значения через определенное время. Параметры усиливаемого сигнала в гармонических усилителях изменяются значительно медленнее переходных процессов;

Усилители импульсных сигналов (**импульсные усилители**) предназначены для сигналов, уровень которых меняется настолько быстро, что переходный процесс является определяющим для усиленного сигнала.

По ширине полосы и абсолютным значениям усиливаемых частот можно выделить следующие группы усилителей:

- усилители **постоянного тока**, усиливающие как переменную, так и постоянную составляющие сигнала, т.е. низшая пропускаемая частота $f_n = 0$;
- усилители **переменного тока**, усиливающие только переменную составляющую сигнала.

В свою очередь, усилители **переменного тока** в зависимости от значений частот f_n и f_v делятся на следующие группы:

- усилители звуковых частот (УЗЧ) или усилители низких частот (УНЧ), частотный спектр которых лежит в пределах от 20 Гц до 20 кГц;
- усилители высокой частоты (УВЧ), имеющих полосу пропускания от десятков килогерц до сотен мегагерц;
- избирательные (или селективные) усилители, усиливающие сигналы в очень узкой полосе частот. Для них характерна небольшая величина отношения верхней частоты к нижней (обычно $f_v / f_n \approx 1$). Эти усилители могут использоваться как на низких, так и на высоких частотах. Часто их называют резонансными или полосовыми;
- усилители видеочастот, работающие в полосе частот от 50 Гц до 6 МГц. Усилители с $f_v > 100$ кГц называют широкополосными.

По типу усилительного элемента различают: транзисторные, ламповые, параметрические, квантовые и магнитные усилители.

По конструктивному выполнению усилители можно подразделить на две большие группы: усилители, выполненные с помощью дискретной

технологии и усилители, выполненные с помощью интегральной микросхемотехники.

Приведенные классификационные признаки являются далеко не полными. Можно подразделять усилители **по электрическому параметру** усиливаемого сигнала. По этому признаку усилители подразделяют на усилители напряжения, тока или мощности (такое разделение условно, так как в любом случае усиливается мощность). **По числу усилительных каскадов** усилители можно разделить на однокаскадные и многокаскадные и т.д.

Важным назначением электронных приборов является усиление электрических сигналов. Устройства для решения этой задачи называются усилителями.

Структурная схема усилителя приведена на рис.5.59.

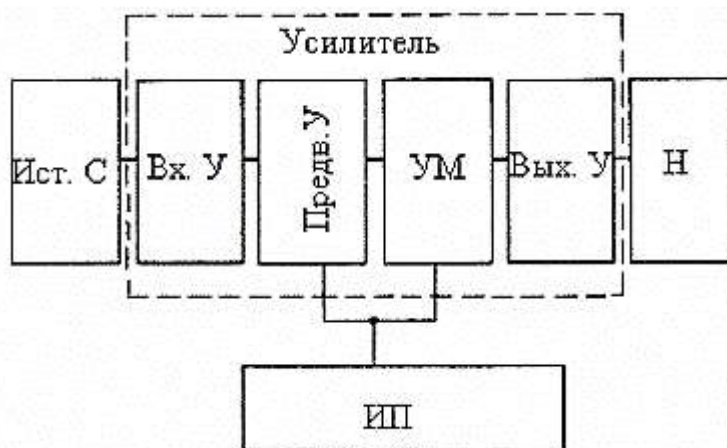


Рис.5.59. Структурная схема усилителя

Устройство содержит входное устройство (ВХУ) для передачи сигнала от источника (Ист. С) ко входу первого каскада. Его применяют, когда непосредственное подключение источника сигнала ко входу усилителя невозможно или нецелесообразно. Обычно входное устройство выполняется в виде трансформатора или RC-цепочки, предотвращающих прохождение постоянной составляющей тока от источника к усилителю, или наоборот.

Предварительный усилитель (Предв. У) состоит из одного или нескольких каскадов усиления. Он служит для усиления входного сигнала до величины, достаточной для работы усилителя мощности. Наиболее часто в качестве предварительных усилителей используют усилители напряжения на транзисторах. Усилитель мощности (УМ) служит для отдачи в нагрузку необходимой мощности сигнала. В зависимости от отдаваемой мощности он содержит один или несколько каскадов усиления. Выходное устройство (Вых. У) используется для передачи усиленного сигнала из выходной цепи усилителя мощности в нагрузку (Н). Оно применяется в тех случаях, когда непосредственное подключение нагрузки к усилителю мощности

невозможно или нецелесообразно. Тогда роль выходного устройства могут выполнять разделительный конденсатор или трансформатор, не пропускающие постоянную составляющую тока с выхода усилителя в нагрузку. При использовании трансформатора добиваются согласования сопротивления выхода усилителя и нагрузки с целью достижения максимальных значений КПД и малых нелинейных искажений. В усилителях на основе интегральных схем избегают применения трансформаторов вследствие их больших габаритных размеров и технологических трудностей изготовления.

Источник питания обеспечивает питание активных элементов усилителя.

Основными признаками для классификации усилителей являются диапазон рабочих частот и параметры, характеризующие его усилительные способности: ток, напряжение, мощность. Важнейшими техническими показателями усилителя являются: коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления, диапазон усиливаемых частот, динамический диапазон, нелинейные, частотные и фазовые искажения. Усилители мощности характеризуются выходной мощностью и КПД [58].

5.1.16 Схемы на основе триггеров, дешифраторов, счетчиков, генераторов и формирователей импульсов

Цифровые устройства строятся на логических элементах, поэтому подчиняются законам алгебры логики. Основными устройствами цифровой техники, наряду с логическими устройствами, являются триггеры.

Триггер (англ. trigger – курок) - электронное устройство, обладающее двумя устойчивыми состояниями и способное скачком переходить из одного состояния в другое под воздействием внешнего импульса.

Триггерами или точнее триггерными системами называют большой класс электронных устройств, обладающих способностью длительно находиться в одном из двух устойчивых состояний и чередовать их под воздействием внешних сигналов. Каждое состояние триггера легко распознается по значению выходного напряжения.

Каждому состоянию триггера соответствует определённый (высокий или низкий) уровень выходного напряжения:

- 1) триггер установлен в единичное состояние – уровень «1»;
- 2) триггер сброшен в нуль - уровень «0» на выходе.

Установившееся состояние сохраняется сколь угодно долго и может быть изменено внешним импульсом или отключением напряжения питания. Т.о. триггер является элементарным элементом памяти, способным хранить наименьшую единицу информации (один бит) «0» или «1».

Триггеры могут быть построены на дискретных элементах, логических элементах, на ИМС или входят в состав ИМС.

К основным типам триггеров относят: **RS-, D-, T- и JK-триггеры**. Кроме того, триггеры делятся на асинхронные и синхронные. В асинхронных

триггерах переключение из одного состояния в другое осуществляется непосредственно с поступлением сигнала на информационный вход. В тактируемых триггерах помимо информационных входов имеется вход тактовых импульсов. Их переключение производится только при наличии разрешающего, тактирующего импульса.

RS-триггер имеет минимум два входа: S (set – устанавливать) - производится установка триггера в состояние уровня «1» и R (reset) - сброс триггера в состояние уровня «0». (рис.5.60).

При наличии входа C триггер является синхронным – переключение триггера (изменение состояния выхода) может происходить только в момент прихода тактирующего (синхронизирующего) импульса на вход C.

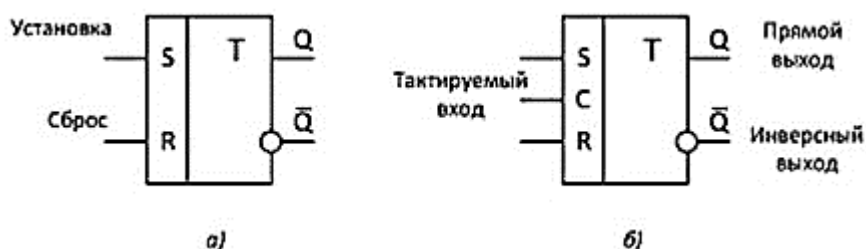


Рис.5.60. Условно-графическое обозначение RS-триггера и назначение выводов а) асинхронный, б) синхронный

Кроме прямого выхода, триггер может иметь также инверсный выход, сигнал на котором будет противоположным.

В таблице 5 представлены состояния, которые может принимать триггер в процессе работы. В таблице указаны значения входных сигналов S и R в некоторый момент времени t_n и состояние триггера (на прямом выходе) в следующий момент времени t_{n+1} после прихода очередных импульсов. На новое состояние триггера влияет также предыдущее состояние Q_n .

Т.о. если необходимо записать в триггер «1» - подаем импульс на вход S, если «0» - подаем импульс на вход R.

Комбинация $S = 1, R = 1$ является запретной комбинацией, т.к. нельзя предугадать какое состояние установится на выходе.

Таблица 5 - Таблица состояний синхронного RS-триггера

Предыдущее состояние t^n				t^{n+1}
Q^n	C	S	R	Q^{n+1}
0	1	1	0	1
1	1	0	1	0
0	1	0	0	$Q^n=0$
0	0	1	0	$Q^n=0$
0	1	1	1	X

Работу триггера также можно рассматривать с помощью временных диаграмм (рис.5.61).

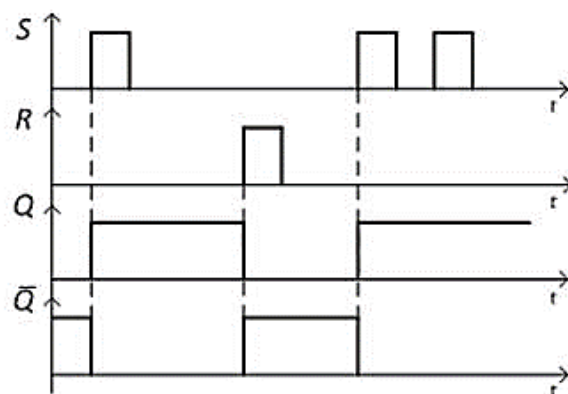


Рис.5.61. Временные диаграммы работы асинхронного RS-триггера

D-триггер (от англ. delay – задержка) имеет один информационный вход и тактируемый (синхронизирующий) вход (рис.5.62).

D-триггер запоминает и хранит на выходе Q сигнал, который был на информационном входе D в момент прихода тактового импульса C. Таким образом триггер хранит информацию, записанную при C=1.

Таблица 6 - Таблица состояний D-триггера

Предыдущее состояние t^n			t^{n+1}
Q^n	D	C	Q^{n+1}
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
0	0	0	$Q^n=0$

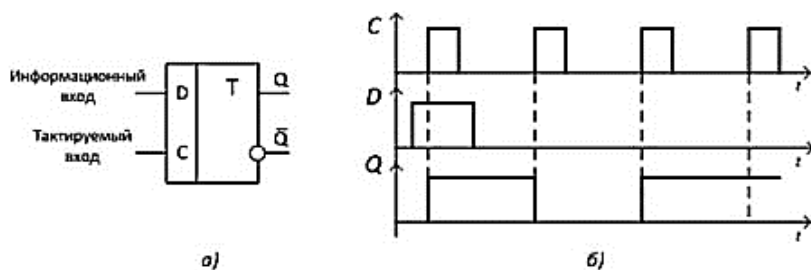


Рис.5.62. D-триггер: а) условно-графическое обозначение, б) временные диаграммы работы

T-триггеры (от англ. tumble – опрокидываться, кувыраться), называемые также счётными триггерами, имеют один информационный вход Т. Каждый импульс (спад импульса) на Т-входе (счетном входе) переключает триггер в противоположное состояние.

На рис.5.63 показана условно-графическое обозначение (а) Т-триггера и временные диаграммы работы (б).

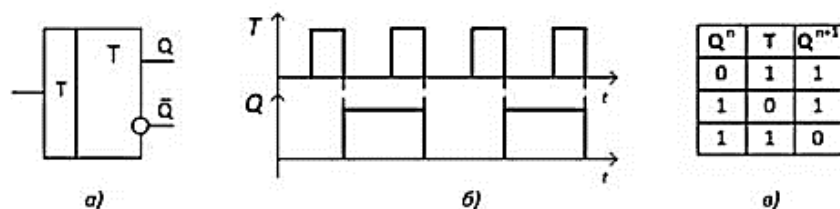


Рис.5.63. Т-триггер а) условно-графическое обозначение, б) временные диаграммы работы в) таблица состояний

JK-триггер (от англ. jump – скачок, keep – держать) имеет два информационных входа J и K, и тактируемый вход С. Назначение выводов J и K аналогично назначению выводов R и S, но при этом триггер не имеет запретных комбинаций. Если $J = K = 1$ он изменяет свое состояние на противоположное (рис.5.64).

При соответствующем подключении входов, триггер может выполнять функции RS-, D-, Т-триггеров, т.е. является универсальным триггером.

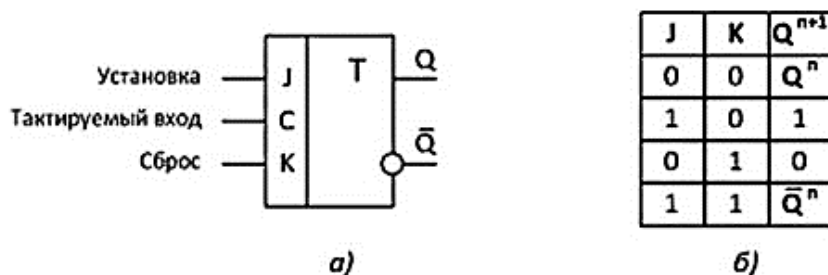


Рис.5.64. JK -триггер а) условно-графическое обозначение, б) сокращённая таблица состояний

Счетчик импульсов – электронное устройство, предназначенное для подсчета числа импульсов, поданных на вход. Количество поступивших импульсов выражается в двоичной системе счисления.

Счетчики импульсов являются разновидностью регистров (счетные регистры) и строятся соответственно на триггерах и логических элементах.

Основными показателями счетчиков являются коэффициент счета $K = 2^n$ - число импульсов, которое может быть сосчитано счетчиком. Например, счетчик, состоящий из четырех триггеров, может иметь максимальный коэффициент счёта $2^4=16$. Для четырехтриггерного счетчика минимальный выходной код - 0000, максимальный - 1111, а при коэффициенте счёта $K_c = 10$ выходной счет останавливается при коде $1001 = 9$.

На рис.5.65, а представлена схема четырехразрядного счетчика на Т-триггерах, соединенных последовательно. Счетные импульсы подаются на счетный вход первого триггера. Счетные входы последующих триггеров связаны с выходами предыдущих триггеров.

Работу схемы иллюстрируют временные диаграммы, приведенные на рис.5.65, б. При поступлении первого счетного импульса по его спаду первый триггер переходит в состояние $Q_1 = 1$, т.е. в счетнике записан цифровой код

0001. По окончании второго счетного импульса первый триггер переходит в состояние «0», а второй переключается в состояние «1». В счетчике записывается число 2 с кодом 0010.

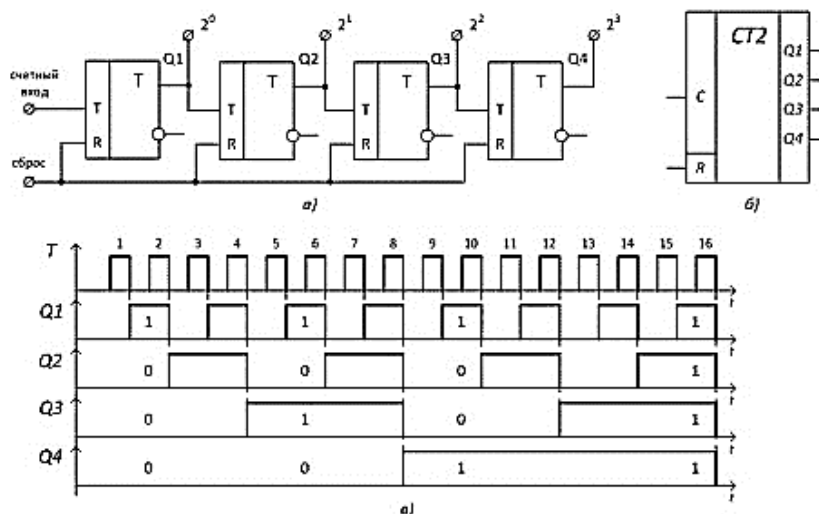


Рис.5.65. Двоичный четырехразрядный счетчик: а) схема, б) условно-графическое обозначение, в) временные диаграммы работы

Из диаграммы (рис.5.68,б) видно, что, например, по спаду 5-го импульса в счетчике записан код 0101, по 9-му – 1001 и т.п. По окончании 15-го импульса все разряды счетчика устанавливаются в состояние «1», а по спаду 16-го импульса все триггеры обнуляются, т. е. счетчик переходит в исходное состояние. Для принудительного обнуления счетчика имеется вход «сброс».

Коэффициент счета двоичного счетчика находят из соотношения $K_{сч} = 2^n$, где n - число разрядов (триггеров) счетчика.

Подсчет числа импульсов является наиболее распространенной операцией в устройствах цифровой обработки информации.

В процессе работы двоичного счетчика частота следования импульсов на выходе каждого последующего триггера уменьшается вдвое по сравнению с частотой его входных импульсов (рис.5.68, б). Поэтому счетчики применяют также в качестве делителей частоты.

Шифратор (называемый также кодером) осуществляет преобразование сигнала в цифровой код, чаще всего десятичных чисел в двоичную систему счисления.

В шифраторе имеется m входов, последовательно пронумерованных десятичными числами (0, 1, 2, ..., $m - 1$), и n выходов. Число входов и выходов определяются зависимостью $2^n = m$ (рис.5.66, а). Символ «CD» образован из букв, входящих в английское слово Coder.

Подача сигнала на один из входов приводит к появлению на выходах n -разрядного двоичного числа, соответствующего номеру входа. Например, при подаче импульса на 4-й вход на выходах возникает цифровой код 100 (рис.5.66, а).

Для обратного преобразования двоичных чисел в небольшие по значению десятичные числа используются дешифраторы (называемые также декодерами). Входы дешифратора (рис.5.69., б) предназначены для подачи двоичных чисел, выходы последовательно нумеруются десятичными числами. При подаче на входы двоичного числа появляется сигнал на определенном выходе, номер которого соответствует входному числу. Например, при подаче кода 110, сигнал появится на 6-м выходе.

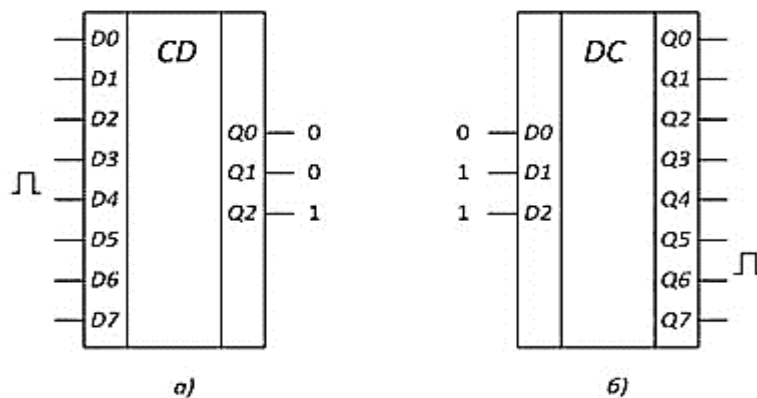


Рис.5.66. а) УГО шифратора, б) УГО дешифратора

Генераторы и формирователи импульсов

На базе логических элементов цифровых устройств могут быть сконструированы разнообразные генераторы импульсов. Вот несколько конкретных примеров.

Генератор по схеме на рис.5.67. (используются элементы 2И-НЕ с открытым коллектором) вырабатывает импульсы в широком диапазоне частот - от единиц герц до нескольких кГц. Зависимость частоты f (кГц) от емкости конденсатора $C1$ (пФ) выражается приближенной формулой $f \approx 3 \cdot 10^5 / C1$. Скважность импульсного напряжения практически равна 2. При снижении напряжения источника питания на 0,5 В частота генерируемых импульсов уменьшается на 20%.

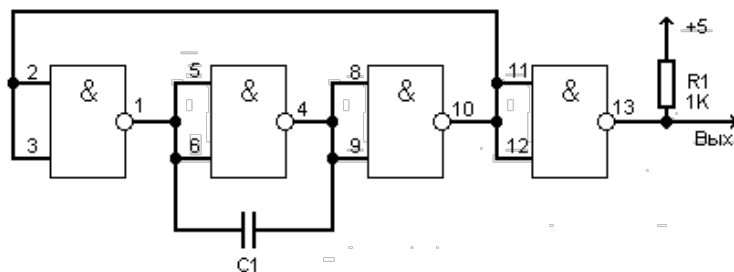


Рис.5.67. Генератор импульсов

В генераторе по схеме на рис.5.68 длительность импульсов можно регулировать переменным резистором $R2$ (скважность изменяется от 1,5 до 3), а частоту - резистором $R1$. Например, в генераторе с $C1 = 0,1$ мкФ при исключении резистора $R2$ только резистором $R1$ частоту генерируемых

импульсов можно изменять от 8 до 125 кГц. Для получения другого диапазона частот необходимо изменить емкость конденсатора C1.

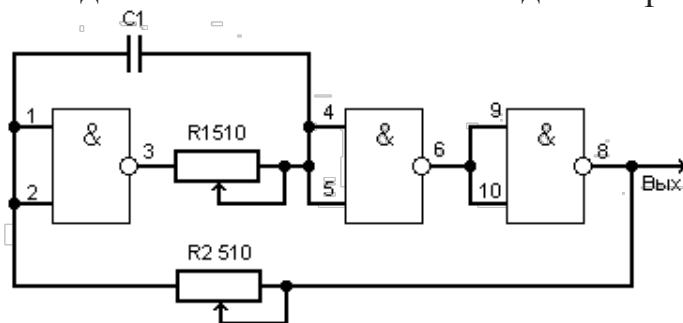


Рис.5.68. Генератор импульсов

Широкое изменение частоты генерируемых импульсов (около 50 тысяч раз) обеспечивает устройство, собранное по схеме на рис.5.69. Минимальная частота импульсов здесь около 25 Гц. Длительность импульсов регулируют резистором R1. Частоту следования можно определить по формуле: $f=1/(2R1C1)$
 f - частота Гц, $R1$ - сопротивление Ом, $C1$ - ёмкость фарад [59].

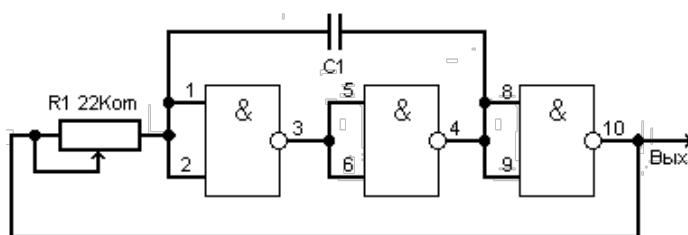


Рис.5.69. Генератор импульсов

5.2 Методы повышения эксплуатационной надежности электроприводов

5.2.1 Схемы управления электроприводами

Управление электроприводами заключается в осуществлении пуска, регулирования частоты вращения, торможения или реверсирования, а также в поддержании режима работы привода в соответствии с технологическими требованиями.

Управление может быть:

- ручным;
- полуавтоматическим;
- автоматическим.

Операция управления — это определенное по характеру действие:

- включение и выключение двигателя;
- переключение со «звезды» на «треугольник»;

- регулирование скорости;
- блокировка;
- остановка двигателя в определенном заданном положении с помощью путевых или конечных выключателей;
- сигнализация о состоянии и положении электропривода и его отдельных звеньев и т.д.

Классификация электрических схем.

Электрические схемы в зависимости от основного назначения подразделяются:

- на структурные;
- функциональные;
- принципиальные;
- соединения;
- подключения.

Структурная схема — схема, определяющая основные функциональные части (узлы, элементы) изделия, их назначение и взаимосвязи. Такими схемами пользуются для общего ознакомления с изделием или установкой.

Функциональные схемы изображаются обычно в виде прямоугольников, а наименование, тип или обозначение устройства вписывают внутрь прямоугольника (рис.5.70). Направление хода процесса показывают стрелками.

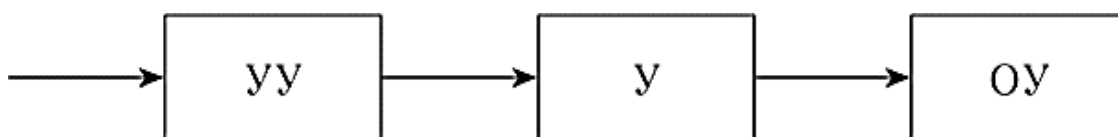


Рис.5.70. Функциональная схема управления электродвигателем:

УУ — управляющее устройство, например, кнопочная станция; У — усилитель, например, магнитный пускатель; ОУ — объект управления (двигатель)

Функциональные схемы отличаются от структурных только тем, что в них вместо связей, обозначаемых стрелками, допускается показывать конкретные соединения между элементами в виде проводов, кабелей.

Принципиальная схема (полная) дает детальное представление о принципах работы устройства или установки и служит основанием для разработки других конструкторских документов.

Каждый элемент, входящий в устройство, должен иметь буквенно-цифровое обозначение.

Буквенное обозначение — сокращенное наименование элемента, составленное из начальных или характерных букв. Наиболее часто применяемые буквенные обозначения:

- контакты и катушки контакторов, магнитных пускателей и электромагнитных реле — К, Р, Л;

- рубильники, путевые выключатели, кнопочные выключатели — $5, B, K_n$;
- предохранители, тепловые реле и автоматические выключатели — F, P_T ;
- электродвигатели — M .

Цифровое обозначение присваивается, начиная с единицы, элементам, которые на схеме имеют одинаковые буквенные обозначения.

Силовые цепи или цепи главного тока вычерчиваются жирными линиями, а вспомогательные цепи (цепи управления), состоящие из катушек, реле, контактов, цепей защиты и сигнализации, изображаются тонкими линиями (рис.5.71).

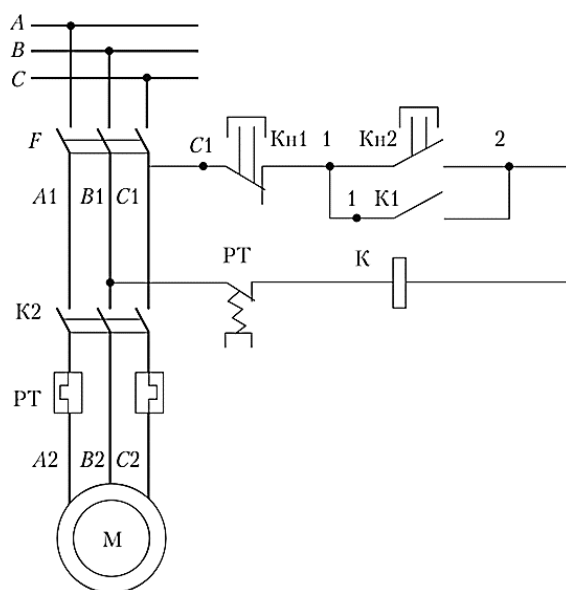


Рис.5.71. Принципиальная электрическая схема подключения двигателя через магнитный пускатель

Схемы соединений (монтажные) показывают соединения составных частей изделия и определяют провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода. Ими пользуются при монтаже электропроводок.

В схемах соединений расположение отдельных элементов одного и того же аппарата дается в соответствии с их действительным размещением в непосредственной близости друг от друга.

На основании принципиальной электрической схемы составляют схемы соединений управления.

Из рис.5.72 видно, что схема соединений должна составляться в соответствии с принципиальной и с маркировкой участков цепи. Главные цепи маркируются буквами A, B, C . Цепи управления — арабскими цифрами. Провода, идущие в одном направлении, показываются одной линией.

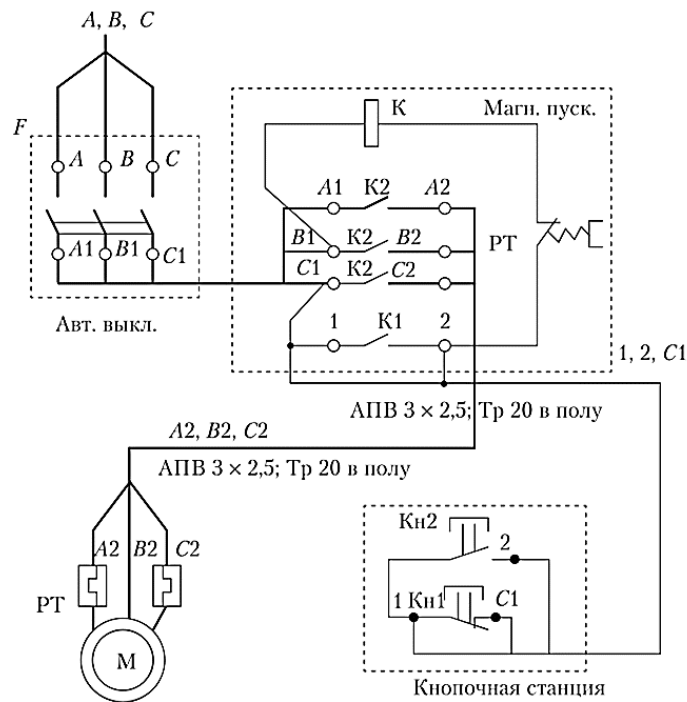


Рис.5.72. Схема соединений подключения двигателя через магнитный пускатель и кнопочную станцию

Замыкающие и размыкающие контакты электрических аппаратов в электрических схемах изображаются в положении, которое они занимают при снятии напряжения с катушек этих аппаратов при отсутствии механического воздействия на контактную систему, например, при отсутствии нажатия на кнопочный выключатель.

Схема подключений — схема, показывающая внешние подключения установки. Изображается изделие обычно в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т.д.) — в виде условных графических обозначений [60].

5.2.2 Структурные схемы автоматизированного электропривода

Автоматизированным электроприводом называется электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенных для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением. В электроприводе основным элементом, непосредственно преобразующим электроэнергию в механическую, является электродвигатель, который управляется при помощи соответствующих преобразовательных и управляющих устройств с целью формирования статических и динамических характеристик электропривода, которые отвечают требованиям производственного механизма. С помощью автоматизированного электропривода обеспечивается оптимальный режим работы машин, при котором достигается наибольшая производительность

при высокой точности. Структурная схема автоматизированного электропривода приведена на рис.5.73.

В структурной схеме можно выделить три основных элемента: МЧ, ЭД и СУ:

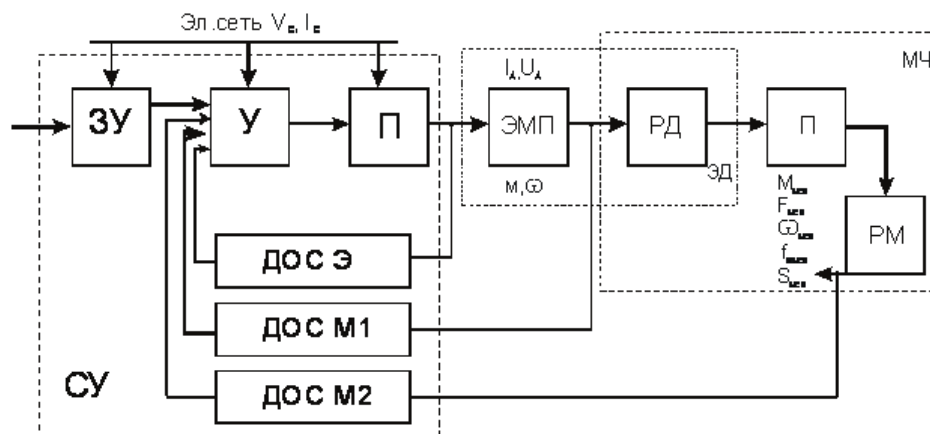


Рис.5.73 - Структурная схема автоматизированного электропривода

1. Механическая часть привода МЧ, включает рабочий механизм РМ, передаточное устройство ПУ, предназначенное для передачи механической энергии от электродвигательного устройства электропривода к исполнительному органу рабочей машины и для изменения вида и скорости движения и усилия (момента вращения);

2. Электродвигательное устройство ЭД – для преобразования электрической энергии в механическую или механической в электрическую. На схеме ЭД (или двигатель) представлено двумя элементами: электромеханическим преобразователем энергии ЭМП (на вход которого подаются электрические сигналы I_d , U_d) преобразующим электрическую мощность в механическую мощность, и массой ротора двигателя РД, на которую воздействует момент M двигателя при угловой скорости ω ;

3. Система управления СУ, состоящая из силовой преобразовательной части П (преобразователя), управляющего устройства У, задающего устройства ЗУ и датчиков обратных связей – ДОСЭ и ДОСМ1, ДОСМ2. Преобразователь П предназначен для питания двигателя и создания управляющего воздействия на него. Преобразователь П преобразует род тока или напряжения, или частоту. Устройство У управляющее преобразователем П, получает командные сигналы от задающего устройства, а информацию о текущем состоянии электропривода и технологического процесса – от датчиков обратных связей. С помощью этих датчиков ток, напряжение, мощность двигателя или другие его электрические параметры, скорость, момент или усилие или положение (перемещение) исполнительного органа, преобразуются в пропорциональные этим параметрам электрические сигналы, которые подаются в управляющее устройство У. В У, текущее состояние электропривода и технологического процесса сравнивается с заданным и при наличии рассогласования вырабатывается управляющий сигнал, воздействующий через преобразователь П на электропривод в

направлении устранения возникшего рассогласования с требуемой точностью и быстродействием [61].

5.2.3 Основные виды обратных связей

В отличие от идеальных операционных усилителей (ОУ), имеющих равномерную АЧХ, то есть их коэффициент усиления не изменяется в зависимости от частоты входного сигнала, реальные ОУ имеют коэффициент усиления, который с ростом частоты усиливаемого сигнала уменьшается. Кроме того в ОУ с увеличением частоты сигнала происходит фазовый сдвиг между входным и выходным сигналом, вследствие этого на некоторых частотах усиливаемого сигнала происходит самовозбуждение схемы, то есть усилитель превращается в генератор. Это всё приводит к уменьшению качественных показателей электронных схем.

Одним из наиболее распространённых и эффективных способов влияния на качественные параметры электронных схем с ОУ является применение обратной связи (ОС). Стоит отметить, что ОС широко применяется не только с ОУ, но и со многими другими электронными схемами, поэтому всё, что будет сказано про использование ОС с ОУ, относится и ко всем другим схемам с ОС.

Обратная связь определяется, как связь выходной цепи усилителя с его входной цепью, то есть когда усиленный сигнал с выхода усилителя передается на его вход через цепи, которые специально вводятся для этой цели (внешняя ОС) или через цепи, которые имеются в усилителе для выполнения других функций (внутренняя ОС). На рисунке ниже показана структурная схема усилителя с обратной связью

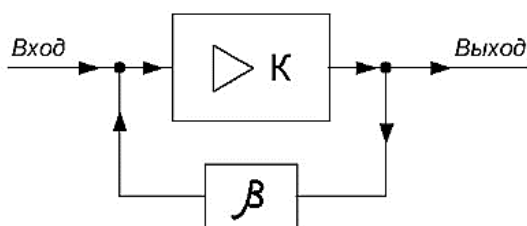


Рис.5.74. Структурная схема усилителя с обратной связью.

На рис.5.74 выше показана структурная схема усилителя с коэффициентом усиления K , который охвачен внешней цепью ОС с коэффициентом передачи β . Стрелки на схеме показывают направление прохождения сигнала. Таким образом, часть усиленного сигнала с выхода усилителя поступает через цепь ОС на вход усилителя, где складывается с внешним сигналом. В результате на входе усилителя возникает суммарный входной сигнал, который может быть больше или меньше внешнего сигнала.

Виды обратной связи.

Если сумма амплитуд внешнего сигнала и сигнала цепи обратной связи оказывается больше амплитуды внешнего сигнала, то данная цепь ОС называется положительной обратной связью (ПОС), а в случае если сумма амплитуд внешнего сигнала и сигнала цепи обратной связи оказывается меньше амплитуды внешнего сигнала, то такая ОС называется отрицательной обратной связью (ООС).

Путём введения ОС удаётся достаточно сильно изменить процесс работы и свойства усилителя, которые определяются как свойством усилителя, так и свойством цепи ОС. На свойства цепи ОС существенное влияние оказывает её вид, то есть принцип её действия, зависящий в общем случае от полярности и фазы напряжения ОС, а также способа её соединения с входными и выходными цепями усилителя.

Различают четыре вида обратных связей:

- параллельная обратная связь по напряжению;
- параллельная обратная связь по току;
- последовательная обратная связь по напряжению;
- последовательная обратная связь по току.

Кроме того существует также смешанная обратная связь, но из-за сложности в изготовлении и настройке данный вид обратной связи большого распространения не получил.

Рассмотрим, как образуется каждый вид обратной связи.

Параллельная обратная связь по напряжению.

Параллельная обратная связь по напряжению (рис.5.75) образуется подключением входа цепи ОС параллельно сопротивлению нагрузки R_H , а выход цепи ОС – параллельно входу усилителя.

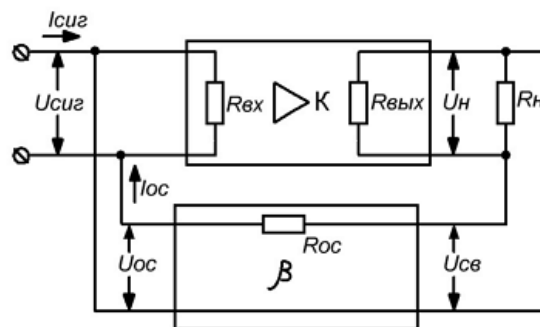


Рис.5.75. Структурная схема параллельной обратной связи по напряжению.

Таким образом, входное напряжение цепи ОС $U_{св}$ равно выходному напряжению на нагрузке U_H , а выходное напряжение цепи ОС $U_{ос}$ пропорционально сумме токов входного сигнала $I_{сиг}$ и цепи ОС $I_{ос}$ на общем входном сопротивлении усилительной схемы.

То есть данная ОС образуется при параллельном соединении входа и выхода усилителя через цепь ОС. Данный вид ОС характеризуется тем, что действие ОС уменьшается при уменьшении сопротивления нагрузки и

источника сигнала, а при коротком замыкании входа или выхода действие данного вида ОС прекращается.

Параллельная обратная связь по току.

Параллельная обратная связь по току (рис.5.76) образуется подключением входа цепи ОС параллельно резистору R_T , а выход цепи ОС подключён параллельно входу усилителя.

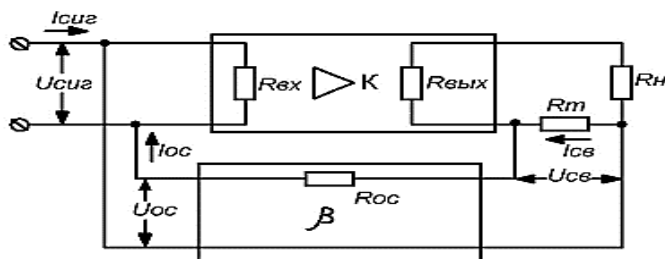


Рис.5.76. Структурная схема параллельной обратной связи по току.

Данный вид ОС характеризуется следующими параметрами: входное напряжение ОС U_{OC} пропорционально выходному току усилителя протекающего через резисторы R_T и R_H , а выходное напряжение цепи ОС U_{OC} пропорционально сумме токов входного сигнала $I_{сиг}$ и цепи ОС I_{oc} на общем входном сопротивлении усилительной схемы.

Действие данного вида ОС уменьшается при уменьшении сопротивления источника сигнала, входного сопротивления усилителя, а также при уменьшении сопротивления резистора R_T или увеличении сопротивления нагрузки. То есть при коротком замыкании на входе схемы и отсутствии нагрузки данная ОС не действует.

Последовательная обратная связь по напряжению.

Последовательная обратная связь по напряжению (рис.5.77) образуется подключением входа цепи ОС параллельно сопротивлению нагрузки R_H , а выхода цепи ОС – последовательно с входом усилителя.

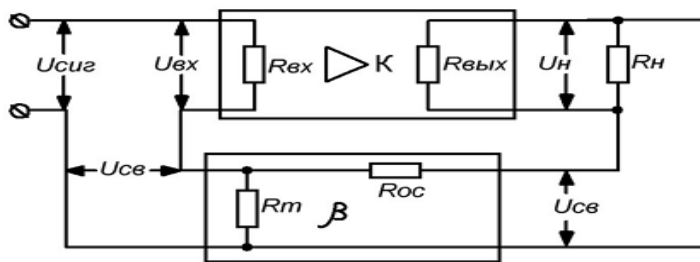


Рис.5.77. Структурная схема усилителя с последовательной цепью ОС по напряжению.

В последовательной обратной связи по напряжению входное напряжение $U_{св}$ равно выходному напряжению на нагрузке U_H . В тоже время

сумма выходного напряжения цепи ОС U_{OC} и напряжения источника сигнала $U_{СИГ}$ равна входному напряжению усилителя $U_{ВХ}$.

Таким образом, последовательная ОС по напряжению уменьшает своё действие при увеличении сопротивления источника сигнала и уменьшении сопротивления нагрузки и выходного сопротивления усилителя. В случае, когда на выходе короткое замыкание, а также в режиме холостого хода на входе данный вид ОС перестаёт действовать.

Последовательная обратная связь по току..

Последовательная обратная связь по току (рис.5.78) образуется путём подключения входа цепи ОС параллельно резистору R_T , а выход цепи ОС подключен последовательно с источником сигнала и входом усилителя.

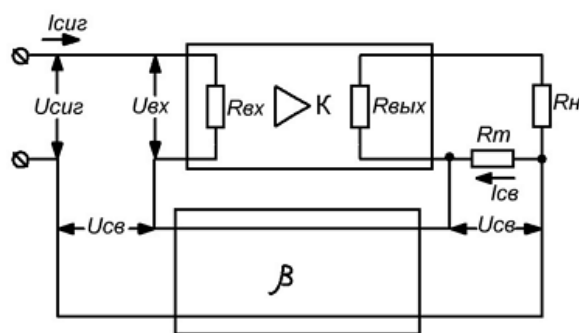


Рис.5.78. Структурная схема усилителя с последовательной обратной связью по току.

Последовательная обратная связь по току имеет следующие характеристики. Входное напряжение цепи ОС $U_{СВ}$ пропорционально выходному току усилителя $I_{СВ}$, который протекает через резисторы R_H , R_T и $R_{ВЫХ}$, а выходное напряжение цепи ОС U_{OC} совместно с напряжением источника сигнала $U_{СИГ}$ составляет входное напряжение усилителя $U_{ВХ}$.

Из вышеизложенного следует, что при уменьшении сопротивлений R_H , R_T и $R_{ВЫХ}$, а также при увеличении входного сопротивления усилителя и источника сигнала действие последовательной ОС по току уменьшается. А при отсутствии нагрузки и холостом ходу на входе схемы данный вид ОС сводится к нулю [62].

5.2.4 Аналоговые и дискретные элементы схем управления

Аналоговые элементы.

Развитие электроники и микроэлектроники идет по пути создания интегрированных элементов и устройств, что привело к созданию интегральных схем (ИС) и устройств управления на их основе. Интегральными называются микросхемы, элементы которых: транзисторы, диоды, резисторы и др. — неразрывно соединены электрически, конструктивно и технологически. Количество элементов в современных ИС может достигать нескольких тысяч и более на одном полупроводниковом

кристалле, а сами ИС могут содержать один или более таких кристаллов.

Интегральные схемы классифицируются по нескольким признакам: виду электрических сигналов (аналоговые и цифровые), функциональному назначению, степени интеграции, быстродействию, потребляемой мощности и др. Отдельную группу полупроводниковых устройств образуют оптоэлектронные приборы.

Оптоэлектронные приборы являются приборами, чувствительными к электромагнитному излучению в спектральном диапазоне от инфракрасного до ультрафиолетового, или излучают электромагнитную энергию в том же диапазоне. Оптоэлектронные приборы широко используются для передачи, обработки и отображения информации, а также в различных устройствах при необходимости гальванической развязки между электрическими цепями, например между схемой управления и силовой частью силового преобразователя электроэнергии. Применение находят следующие виды оптоэлектронных приборов.

1. Светоизлучающий диод (СИД) — это полупроводниковый диод, предназначенный для преобразования электрической энергии в энергию светового излучения. Они в основном применяются для индикации готовности электротехнических устройств к работе, сигнализации о наличии на нем напряжения, аварийных ситуаций и других состояний различных объектов.

2. Инфракрасный излучающий диод (ИК-диод) — это полупроводниковый диод, который при протекании по нему прямого тока излучает электромагнитную энергию в инфракрасном диапазоне. Это излучение не воспринимается человеческим глазом и может регистрироваться лишь фотоприемником, чувствительным к соответствующей полосе спектра.

Принцип работы, исполнение и основные области применения у ИК-диодов аналогичны СИД. Кроме того, они применяются в устройствах и линиях, требующих оптической связи или гальванической развязки, а также в различных датчиках контроля и автоматики технологических процессов.

3. Фоторезистор — полупроводниковый прибор, сопротивление которого меняется в зависимости от его освещенности.

4. Фотодиод — диод, проводимость которого возникает при воздействии на него излучения в оптическом диапазоне.

5. Фототиристор — прибор, который переходит из одного устойчивого состояния в другое в результате воздействия на него светового потока.

6. Фототранзистор — полупроводниковый прибор, действие которого основано на использовании явления внутреннего эффекта.

7. Оптопара — это оптоэлектронный полупроводниковый прибор, состоящий из излучающего и фотоприемного элементов, между которыми есть оптическая связь и обеспечена электрическая изоляция (гальваническая развязка). Излучателем в оптопаре может служить СИД, ИК-диод или сверхминиатюрная лампочка накаливания. В зависимости от вида фотоприемного элемента различают резисторные, диодные, транзисторные и

тиристорные оптопары.

Аналоговые элементы и устройства оперируют с непрерывными (аналоговыми) электрическими сигналами. Основным элементом аналоговых устройств управления является операционный усилитель ОУ (рис.5.79), на базе которого создаются различные регуляторы и функциональные преобразователи электрических сигналов.

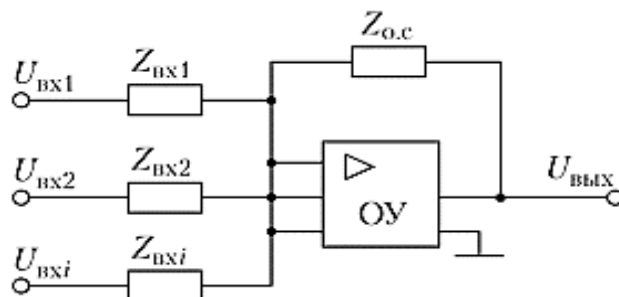


Рис.5.79. Схема операционного усилителя

Дискретные элементы.

Тенденцией развития систем управления и автоматизации является широкое применение в них дискретных элементов и устройств. Такие схемы, получившие название цифровых, характеризуются высокими точностью, быстродействием и надежностью в работе, малым энергопотреблением и хорошей помехоустойчивостью. Цифровые схемы управления естественным образом сочетаются с ЭВМ, составляя с ними единую автоматизированную систему управления технологическим процессом, предприятием или отраслью.

Триггер является одним из наиболее распространенных элементов цифровых устройств управления, обладающих двумя устойчивыми состояниями и способными скачком переходить из одного состояния в другое под воздействием внешнего управляющего сигнала. Триггер может рассматриваться как элементарная ячейка памяти, которая может хранить 1 бит информации, т.е. он может запомнить предварительно установленный в нем уровень логического сигнала 0 или 1 и сохранять этот уровень до момента новой записи. С использованием триггеров строятся различные логические и вычислительные узлы, а также генерирующие устройства и устройства памяти.

Вычислительные устройства. Эти устройства предназначены для выполнения различных арифметических операций. Вычислительные операции выполняются в цифровых узлах на основе двоичной (цифры 0 и 1), восьмеричной (цифры от 0 до 7) или шестнадцатеричной (цифры от 0 до 9 и шесть латинских букв — А (десять), В (одиннадцать), С (двенадцать), D (тринадцать), Е (четырнадцать), F (пятнадцать)) систем счисления. Шестнадцатеричная и восьмеричная системы позволяют осуществлять более краткую и удобную запись информации в двоичной форме.

К вычислительным устройствам относятся счетчики, сумматоры и компараторы (устройства сравнения).

Счетчик. Это цифровой узел, предназначенный для подсчета числа входных сигналов. Они подразделяются на суммирующие, вычитающие и реверсивные. Реверсивные счетчики обеспечивают как суммирование, так и вычитание чисел, а вычитающие — только вычитание.

Сумматор. Этот цифровой узел выполняет операцию сложения двух чисел. Обычно сумматор представляет собой совокупность одноразрядных суммирующих схем, работающих в соответствии с таблицей двоичного сложения. Сумматоры позволяют осуществлять и операцию вычитания, для чего ее заменяют операцией сложения уменьшаемого с поразрядным дополнением вычитаемого.

Компаратор. Этот цифровой узел выполняет функцию сравнения двух чисел A_n и B_n . В результате сравнения определяется истинность одного из соотношений: $A_n = B_n$, $A_n > B_n$, $A_n < B_n$, каждое из которых фиксируется единичным сигналом на соответствующем выходе.

Логические цифровые узлы осуществляют различные логические операции над дискретными электрическими сигналами. К ним относятся распределители импульсов, шифраторы, дешифраторы и мультиплексоры.

Дешифратор (декодер) осуществляет такое преобразование сигнала на n входах, при котором на одном его выходе вырабатывается сигнал 1, а на всех остальных сохраняются сигналы 0. Шифратор преобразует единичный сигнал на одном из входов в двоичное число на нескольких выходах.

Цифроаналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые (АЦП) преобразователи применяются для взаимного преобразования аналоговых и цифровых сигналов. Они могут выполняться в виде преобразователя код — напряжение (ПКН), преобразующего двоичный или двоично-десятичный код в напряжение постоянного тока, а также преобразователей частота — напряжение (ПЧН) и напряжение — частота (ПНЧ), осуществляющих преобразование частоты следования импульсов в напряжение постоянного тока и обратное преобразование [63].

5.2.5 Типовые узлы схем управления, замкнутые схемы электроприводов с полупроводниковыми силовыми преобразователями

Преобразователь — это электротехническое устройство, преобразующее электроэнергию одних параметров или показателей качества в электроэнергию с другими значениями параметров или показателей качества. Параметрами электрической энергии могут являться род тока и напряжения, их частота, число фаз, фаза напряжения.

По степени управляемости преобразователи электрической энергии подразделяются на неуправляемые и управляемые. В управляемых преобразователях выходные переменные: напряжение, ток, частота — могут регулироваться.

По элементной базе преобразователи электроэнергии подразделяются на электромашинные (вращающиеся) и полупроводниковые (статические). Электромашинные преобразователи реализуются на основе применения электрических машин и в настоящее время находят относительно редкое применение в электроприводах. Полупроводниковые преобразователи могут быть диодными, тиристорными и транзисторными.

По характеру преобразования электроэнергии силовые преобразователи подразделяются на выпрямители, инверторы, преобразователи частоты, регуляторы напряжения переменного и постоянного тока, преобразователи числа фаз напряжения переменного тока.

В современных автоматизированных электроприводах применяются главным образом полупроводниковые тиристорные и транзисторные преобразователи постоянного и переменного тока.

Достоинствами полупроводниковых преобразователей являются широкие функциональные возможности управления процессом преобразования электроэнергии, высокие быстродействие и КПД, большие сроки службы, удобство и простота обслуживания при эксплуатации, широкие возможности по реализации защит, сигнализации, диагностирования и тестирования как самого электрического привода, так и технологического оборудования.

Вместе с тем, для полупроводниковых преобразователей характерны и определенные недостатки. К ним относятся: высокая чувствительность полупроводниковых приборов к перегрузкам по току, напряжению и скорости их изменения, низкая помехозащищенность, искажение синусоидальной формы тока и напряжения сети.

Выпрямителем называется преобразователь напряжения переменного тока в напряжение постоянного (выпрямленного) тока.

Неуправляемые выпрямители не обеспечивают регулирование напряжения на нагрузке и выполняются на полупроводниковых неуправляемых приборах односторонней проводимости — диодах.

Управляемые выпрямители выполняются на управляемых диодах — тиристорах и позволяют регулировать свое выходное напряжение за счет соответствующего управления тиристорами.

Выпрямители могут быть нереверсивными и реверсивными. Реверсивные выпрямители позволяют изменять полярность выпрямленного напряжения на своей нагрузке, а нереверсивные — нет. По числу фаз питающего входного напряжения переменного тока выпрямители подразделяются на однофазные и трехфазные, а по схеме силовой части — на мостовые и с нулевым выводом.

Инвертором(рис.5.80) называется преобразователь напряжения постоянного тока в напряжение переменного тока. Эти преобразователи используются в составе преобразователей частоты в случае питания электропривода от сети переменного тока или в виде самостоятельного преобразователя при питании электропривода от источника постоянного напряжения.



Рис.5.80. Инвертор

В схемах электроприводов наибольшее применение нашли автономные инверторы напряжения и тока, реализуемые на тиристорах или транзисторах.

Автономные инверторы напряжения (АИН) имеют жесткую внешнюю характеристику, представляющую собой зависимость выходного напряжения от тока нагрузки, вследствие чего при изменении тока нагрузки их выходное напряжение практически не изменяется. Тем самым инвертор напряжения по отношению к нагрузке ведет себя как источник ЭДС.

Автономные инверторы тока (АИТ) имеют «мягкую» внешнюю характеристику и обладают свойствами источника тока. Тем самым инвертор тока по отношению к нагрузке ведет себя как источник тока.

Преобразователем частоты (ПЧ) называется(рис.5.81) преобразователь напряжения переменного тока стандартных частоты и напряжения в напряжение переменного тока регулируемой частоты. Полупроводниковые преобразователи частоты подразделяются на две группы: преобразователи частоты с непосредственной связью и преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока.

Преобразователи частоты с непосредственной связью позволяют изменять частоту напряжения на нагрузке только в сторону ее уменьшения по сравнению с частотой напряжения источника питания. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока не имеют подобного ограничения и находят более широкое применение в электроприводе.



Рис.5.81. Промышленный преобразователь частоты для управления электроприводом

Замкнутые системы автоматического управления (САУ) отличаются от разомкнутых применяемой аппаратурой и полнотой автоматизации. В разомкнутой САУ задающее устройство (включающая, регулирующая аппаратура) не получает информацию о фактическом режиме работы электроустановки (приводного электродвигателя, рабочей машины).

В замкнутой САУ информация передается на элементы управления, что сопровождается подачей соответствующих командных сигналов. Цепочка, передающая такую информацию, замыкает контур управления, образуя замкнутую САУ, или САУ с обратными связями.

Различие между замкнутой и разомкнутой САУ можно пояснить на примере регулирования скорости электродвигателя в системе генератор — двигатель (Г—Д). В разомкнутой САУ (рис.5.82, а) заданная скорость электродвигателя устанавливается вручную потенциометром П. Контроль скорости осуществляется визуально по тахометру, получающему питание от тахогенератора ТГ. Всякое отклонение скорости от заданной оператор устраняет воздействием на движок потенциометра.

В замкнутой САУ (рис.5.82, б) якорь тахогенератора ТГ включен в цепь обмотки возбуждения генератора ОВГ, создавая замкнутую систему, или систему с обратной связью (в данном случае с обратной связью по скорости).

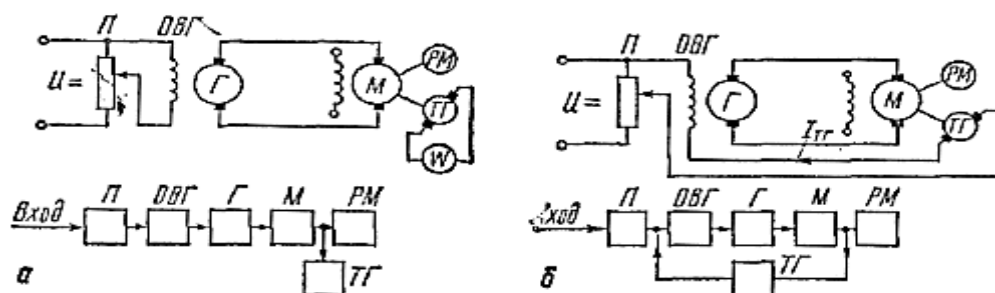


Рис.5.82. Схема регулирования электродвигателя в системе Г-М: а - разомкнутая САУ, б - замкнутая САУ

Ток, создаваемый тахогенератором ($I_{ТГ}$) в замкнутой цепи, направлен навстречу току потенциометра ($I_{П}$), и в цепи действует результирующий ток, равный геометрической разности этих токов. Движком потенциометра оператор устанавливает такое значение результирующего тока в обмотке возбуждения ОВГ, при котором обеспечивается соответствующая скорость электродвигателя. На этом роль оператора заканчивается. В дальнейшем система автоматически с определенной точностью поддерживает заданный режим работы электропривода.

Допустим, что в результате наброса нагрузки скорость электродвигателя уменьшилась по сравнению с заданной. Уменьшение скорости сопровождается соответствующим уменьшением скорости тахогенератора и напряжения на его зажимах. Это в свою очередь вызовет уменьшение тока $I_{ТГ}$ в цепи обратной связи и в определенном положении движка потенциометра — увеличение результирующего тока в обмотке возбуждения

генератора. Соответственно возрастут напряжение на генераторе и скорость электродвигателя.

Процесс увеличения скорости и напряжения будет продолжаться до тех пор, пока ток в цепи обратной связи не достигнет установленного значения, а скорость электродвигателя — заданной величины [64].

5.2.6 Принцип построения следящего электропривода

Основное назначение следящих приводов: слежение за вводимым в систему сигналом управления, изменяющимся по заранее неизвестному закону. Следящие приводы составляют большую группу приводов, используемых в промышленности. Наиболее распространенным случаем является отработка движения некоторого входного вала выходным валом привода. При этом повторение движения выходным валом должно осуществляться с требуемой ошибкой. В следящих приводах регулируемой величиной обычно является угол поворота Θ , а само регулирование — регулированием по положению.

Функциональная схема следящего привода, приведенная на рис.5.83, имеет замкнутую структуру с жесткой отрицательной обратной связью по углу поворота Θ_2 выходного вала.

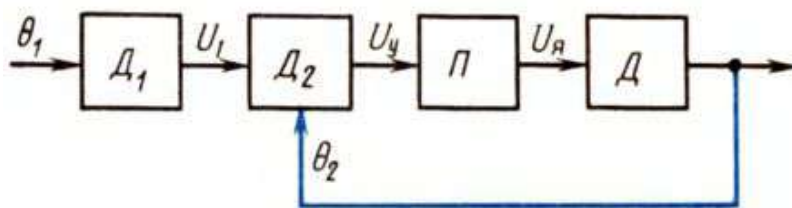


Рис.5.83. Функциональная схема следящего привода

Принцип действия следящего привода следующий. Предположим, что между углом Θ_1 входного вала и Θ_2 выходного вала появилось некоторое рассогласование, т. е. Θ_1 не равно Θ_2 . Датчики D_1 и D_2 формируют напряжения, пропорциональные углам поворота, и выдают на вход преобразователя Π напряжение управления $U_y = U_1 - U_2$, где $U_1 = k_1\Theta_1$, $U_2 = k_2\Theta_2$. Поэтому датчики D_1 и D_2 обычно называют измерителями рассогласования. Преобразователь Π преобразует U_y в пропорциональный сигнал управления двигателем, которым может быть напряжение подаваемое на якорь.

Напряжение U_y формируется такого знака, чтобы двигатель D , получив питание, стал поворачивать свой вал в направлении, при котором разность углов $\Theta_2 - \Theta_1$ уменьшалась. Иными словами, следящий привод всегда стремится к непрерывному автоматическому устранению рассогласования между входным и выходным валами.

В качестве измерителя рассогласования в следящем приводе применяют потенциометрический измеритель, сельсин, работающий в

трансформаторном режиме, вращающийся трансформатор и др., в качестве устройства преобразователь - двигатель системы Г—Д, ЭМУ-Д, МУ-Д, УВ-Д и др.

Структурная схема простейшей следящей системы, показанная на рис.5.84, состоит из сельсина датчика СД, сельсина приемника СП, которые работают в трансформаторном режиме и выполняют функции датчиков Д1 и Д2, т. е. измерителя рассогласования входного угла Θ_1 и выходного Θ_2 .

Сельсины - это электрические микромашины переменного тока, обладающие способностью самосинхронизации. Их применяют в дистанционных системах передачи угла в качестве датчиков и приемников. Передача угловой величины в такой системе происходит синхронно, синфазно и плавно. При этом между устройством, задающим угол (датчиком), и устройством, принимающим передаваемую величину (приемником), существуют только электрическое соединение в виде линии связи.

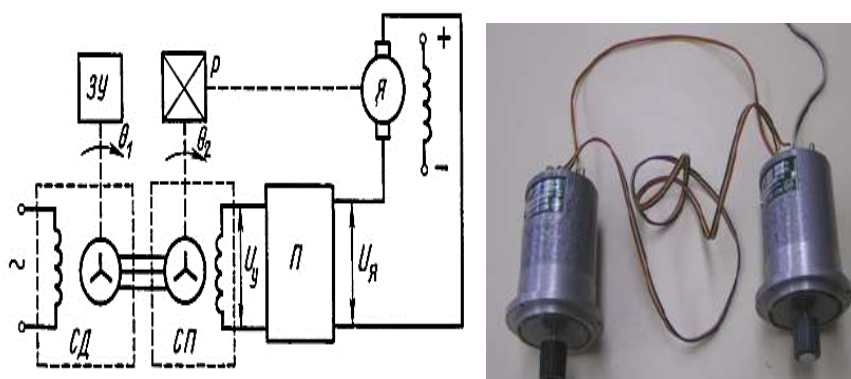


Рис.5.84. Схема следящего привода с сельсинами

В систему включается преобразователь, который выпрямляет переменное напряжение однофазной обмотки СП и усиливает его. Преобразователь должен быть знаковчувствительным, т. е. в зависимости от фазы сигнала обмотки СП выдавать на якорь двигателя постоянное напряжение положительного или отрицательного знака.

Исполнительный двигатель связан с ротором СП через понижающий редуктор Р. Входной задающий угол поворота Θ_1 вводится в систему задающим устройством ЗУ, вал которого связан неподвижно с валом СД. Иногда эта связь осуществляется через редуктор.

Если ЗУ переместит вал СД от его исходного положения в положение угла Θ_1 , на выходе однофазной обмотки СП появится переменное напряжение, амплитуда которого пропорциональна разности входного и выходного углов привода $U_y = U_1 = k_1(\Theta_1 - \Theta_2)$.

Частота напряжения U_y определяется частотой питания однофазной обмотки СД (50, 400 Гц и т. д.). Преобразователь П выпрямляет и усиливает напряжение U_y .

Схемно он может быть представлен фазочувствительным выпрямителем и усилителем постоянного тока, выполненным на различной элементной

базе. Например, в качестве выпрямителя может быть использован транзисторный усилитель, а в качестве усилителя — ЭМУ.

Электрический двигатель, получив питание в виде U_y в зависимости от полярности этого напряжения начинает поворачивать свой вал и вал СП через редуктор таким образом, что разность углов Θ_1 и Θ_2 уменьшается. Как только окажется, что $\Theta_1 - \Theta_2 = 0$, однофазная обмотка СП перестанет выдавать напряжение U_y , т. е. $U_y = 0$. Тогда снимется напряжение, подаваемое на якорь двигателя, и он перестанет поворачивать свой вал. Таким образом, система обрабатывает сигнал управления, поступивший извне [65].

5.2.7 Выбор аппаратов по основным параметрам

Выбор коммутационных аппаратов и аппаратов защиты к электроприемникам производится, исходя из номинальных данных последних и параметров питающей их сети, требований в отношении защиты приемников и сети от ненормальных режимов, эксплуатационных требований, в частности частоты включений и условий среды в месте установки аппаратов.

Выбор аппаратов по роду тока, числу полюсов, напряжению и мощности.

Конструкция всех электрических аппаратов рассчитывается и маркируется заводами-изготовителями на определенные для каждого аппарата значения напряжения, тока и мощности, а также для определенного режима работы. Таким образом, выбор аппаратуры по всем этим признакам сводится, по существу, к отысканию на основании данных каталогов соответствующих типов и величин аппаратов.

Выбор аппаратов по условиям электрической защиты.

При выборе аппаратов защиты следует иметь в виду возможность следующих ненормальных режимов:

- междуфазные короткие замыкания;
- замыкания фазы на корпус;
- увеличение тока, вызванное перегрузкой технологического оборудования, а иногда неполным коротким замыканием;
- исчезновение или чрезмерное понижение напряжения.

Защита от токов короткого замыкания должна выполняться для всех электроприемников. Она должна действовать с минимальным временем отключения и должна быть отстроена от пусковых токов.

Защита от перегрузки необходима для всех электроприемников с продолжительным режимом работы, за исключением следующих случаев:

- когда перегрузка электроприемников по технологическим причинам не может иметь места или маловероятна (центробежные насосы, вентиляторы и т. п.);
- для электродвигателей мощностью менее 1 кВт.

Защита от перегрузки необязательна для электродвигателей, работающих в кратковременном или повторно-кратковременном режимах. Во взрывоопасных помещениях защита электроприемников от перегрузки обязательна во всех случаях. Защита минимального напряжения должна устанавливаться в следующих случаях:

- для электродвигателей, которые не допускают включения в сеть при полном напряжении,
- для электродвигателей, самопуск которых недопустим по технологическим причинам или представляет опасность для обслуживающего персонала,
- для прочих электродвигателей, отключение которых при прекращении питания необходимо для того, чтобы понизить до допустимой величины суммарную пусковую мощность подключенных к сети электроприемников, и возможно с точки зрения условий работы механизмов.

Кроме сказанного выше, электродвигатели постоянного, тока с параллельным и смешанным возбуждением должны иметь защиту от чрезмерного повышения числа оборотов в случаях, когда такое повышение может привести к опасности для жизни людей или к значительным убыткам.

Защита от чрезмерного повышения числа оборотов может осуществляться различными специальными реле (центробежными, индукционными и т. п.).

Так как в силовых сетях особое значение имеет защита от перегрузки и от коротких замыканий, остановимся несколько подробнее на принципиальной стороне этого вопроса.

Ток короткого замыкания должен отключаться мгновенно или почти мгновенно. Величина его в различных участках сети может быть весьма различна, но практически всегда можно считать, что аппараты защиты должны уверенно и быстро отключать любой ток, существенно больший пускового, и вместе с тем ни в коем случае не срабатывать при нормальном пуске.

Током перегрузки является любой ток, превышающий номинальный ток электродвигателя, но нет никаких оснований требовать отключения электродвигателя при каждом возникновении перегрузки [66].

5.2.8 Принципиальные схемы пусковых двигателей постоянного и переменного тока

В настоящее время наиболее распространены трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Пуск и остановка таких двигателей при включении на полное напряжение сети осуществляются дистанционно при помощи магнитных пускателей.

Наиболее часто используется схема с одним пускателем и кнопками управления "Пуск" и "Стоп". Для того, чтобы обеспечить вращение вала двигателя в обе стороны используется схема с двумя пускателями (или с реверсивным пускателем) и тремя кнопками. Такая схема позволяет менять

направление вращения вала двигателя "на ходу" без его предварительной остановки.

Схемы пуска двигателя.

Электрический двигатель М питается от трехфазной сети переменного напряжения. Трехфазный автоматический выключатель QF предназначен для отключения схемы при коротком замыкании. Однофазный автоматический выключатель SF защищает цепи управления (рис.5.85).

Основным элементом магнитного пускателя является контактор (мощное реле для коммутации больших токов) КМ. Его силовые контакты коммутируют три фазы, подходящие к электродвигателю. Кнопка SB1 ("Пуск") предназначена для пуска двигателя, а кнопка SB2 ("Стоп") - для остановки. Тепловые биметаллические реле КК1 и КК2 осуществляют отключение схемы при превышении тока, потребляемого электродвигателем.

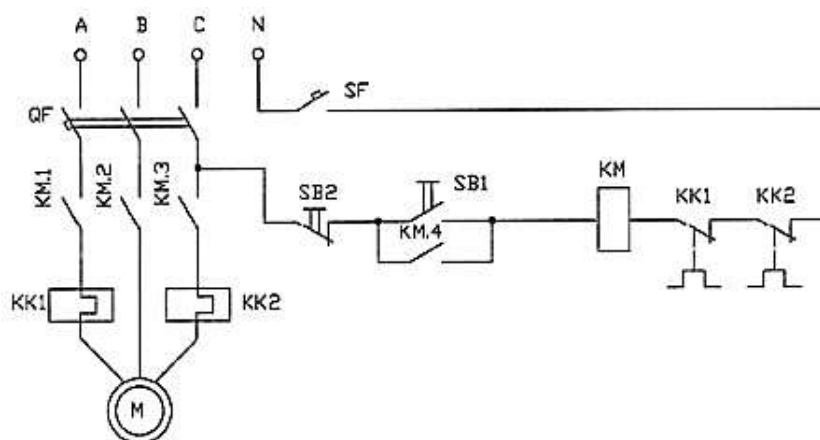


Рис.5.85. Схема пуска трехфазного асинхронного двигателя с помощью магнитного пускателя

При нажатии кнопки SB1 контактор КМ срабатывает и контактами КМ.1, КМ.2, КМ.3 подключает электродвигатель к сети, а контактом КМ.4 блокирует кнопку (самоблокировка).

Для остановки электродвигателя достаточно нажать кнопку SB2, при этом контактор КМ отпускает и отключает электродвигатель.

Важным свойством магнитного пускателя является то, что при случайном пропадании напряжения в сети двигатель отключается, но восстановление напряжения в сети не приводит к самопроизвольному запуску двигателя, так как при отключении напряжения отпускает контактор КМ, и для повторного включения необходимо нажать кнопку SB1.

При неисправности установки, например, при заклинивании и остановке ротора двигателя, ток, потребляемый двигателем, возрастает в несколько раз, что приводит к срабатыванию тепловых реле, размыканию контактов КК1, КК2 и отключению установки. Возврат контактов КК в замкнутое состояние производится вручную после устранения неисправности.

Реверсивный магнитный пускатель позволяет не только запускать и останавливать электрический двигатель, но изменять направление вращения

ротора. Для этого схема пускателя (рис.5.86) содержит два комплекта контакторов и кнопок пуска.

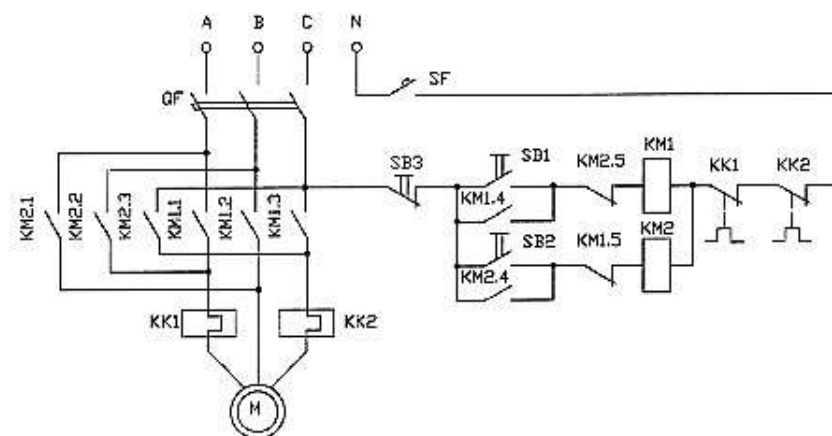


Рис.5.86. Схема пуска двигателя с помощью реверсивного магнитного пускателя

Контактор КМ1 и кнопка SB1 с самоблокировкой предназначены для включения двигателя в режиме "вперед", а контактор КМ2 и кнопка SB2 включают режим "назад". Для изменения направления вращения ротора трехфазного двигателя достаточно поменять местами любые две из трех фаз питающего напряжения, что и обеспечивается основными контактами контакторов.

Кнопка SB3 предназначена для остановки двигателя, контакты КМ 1.5 и КМ2.5 осуществляют взаимоблокировку, а тепловые реле КК1 и КК2 - защиту при превышении тока.

Включение двигателя на полное напряжение сети сопровождается большими пусковыми токами, что может быть недопустимо для сети ограниченной мощности.

Схема пуска электродвигателя с ограничением пускового тока (рис.5.87) содержит резисторы R1, R2, R3, включенные последовательно с обмотками электродвигателя. Эти резисторы ограничивают ток в момент пуска при срабатывании контактора КМ после нажатия кнопки SB1. Одновременно с КМ при замыкании контакта КМ.5 срабатывает реле времени КТ.

Выдержка, осуществляемая реле времени, должна быть достаточной для разгона электродвигателя. По окончании времени выдержки замыкается контакт КТ, срабатывает реле К и своими контактами К.1, К.2, К.3 шунтирует пусковые резисторы. Процесс пуска завершен, на двигатель подается полное напряжение [67].

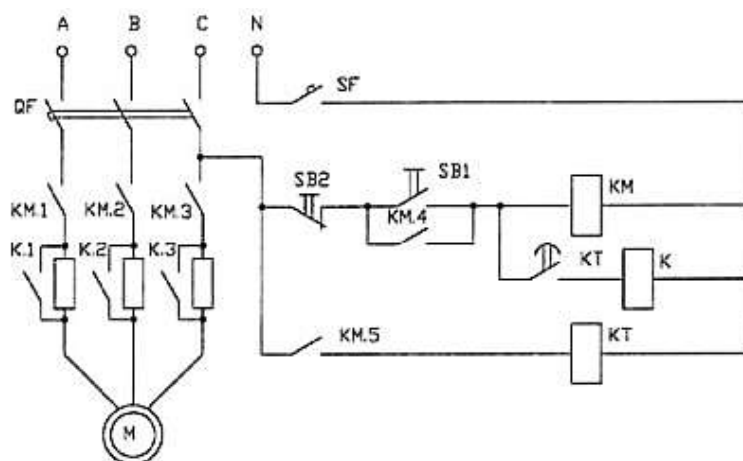


Рис.5.87. Схема пуска двигателя с ограничением пускового тока

5.2.9 Составление монтажных схем

Современное электрическое оборудование в своей работе использует многочисленные технологические процессы, протекающие по различным алгоритмам. Работнику, занимающемуся его эксплуатацией, обслуживанием, монтажом, наладкой и ремонтом, необходимо иметь достоверную информацию обо всех их особенностях.

Предоставление происходящих событий в графическом виде с обозначением каждого элемента определённым, стандартным способом, значительно облегчает этот процесс, позволяет передавать замыслы разработчиков другим специалистам в понятной форме.

Назначение.

Электрические схемы создаются для электриков всех специальностей, имеют различные особенности оформления. Среди способов их классификации используется деление на:

- принципиальные;
- монтажные.

Оба типа схем взаимосвязаны. Они дополняют информацию друг у друга, выполняются по единым стандартам, понятным всем пользователям, имеют отличия по назначению:

- принципиальные электрические схемы создаются для показа принципов работы и взаимодействия составляющих элементов в порядке очередности их срабатывания. Они демонстрируют логику, заложенную в технологию применяемой системы;
- монтажные схемы изготавливаются как чертежи или эскизы частей электрооборудования, по которым выполняется сборка, монтаж электроустановки. Они учитывают расположение, компоновку составных частей и отображают все электрические связи между ними.

Монтажные схемы создаются на основе принципиальных и содержат всю необходимую информацию по производству монтажа электроустановки, включая выполнение электрических соединений. Без их использования

создать качественно, надежно и понятно для всех специалистов электрические подключения современного оборудования невозможно.

Создание монтажных электрических схем.

Вначале разработчик создает принципиальную схему, на которой показывает все применяемые им элементы и способы их подключения проводами.

Пример простого подключения(рис.5.88) двигателя постоянного тока к силовой цепи с помощью контактора К, и двух кнопок Кн1 и Кн2 демонстрирует этот способ.

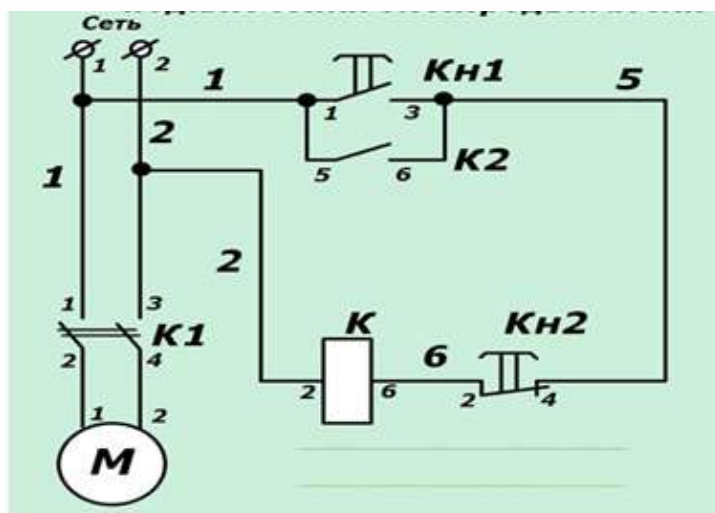


Рис.5.88. Принципиальная электрическая схема подключения электродвигателя

Мощные силовые нормально разомкнутые контакты контактора 1-2 и 3-4 позволяют управлять работой электродвигателя М, а 5-6 применяется для создания цепи самоудержания обмотки А-Б под напряжением после нажатия и отпускания кнопки Кн1 «Пуск» с замыкающим контактом 1-3.

Кнопка Кн2 «Стоп» своим размыкающим контактом снимает питание с обмотки контактора К.

На электродвигатель подается положительный потенциал напряжения «+» по проводу, промаркированному цифрой «1» и «—» — «2». Остальные провода обозначены цифрами «5» и «6». Способ их маркировки может быть и другим, например, с добавлением букв и символов.

Таким способом на принципиальной схеме показываются все контакты обмоток, коммутационных аппаратов и соединительные провода. Также могут обозначаться другие необходимые для работы сведения.

После того, как принципиальная электрическая схема создана под нее разрабатывается монтажная(рис.5.89). На ней изображаются те элементы, которые задействованы в работе. Причем могут показываться как все существующие контакты коммутационных аппаратов, кнопок (пример Кн1 и Кн2), контакторов и реле, так и только используемые в рассматриваемом случае (пример контактора К) для упрощения восприятия.

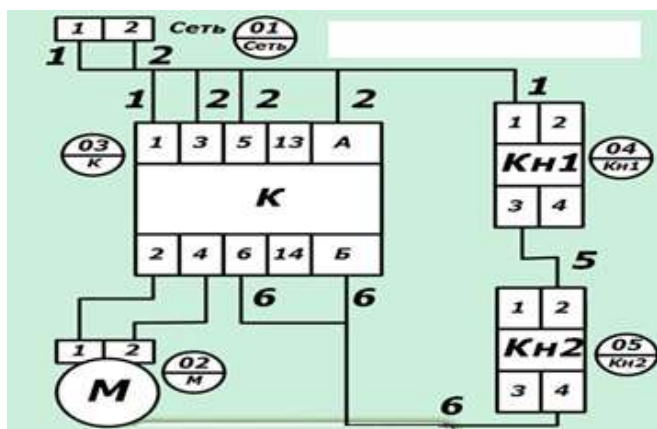


Рис.5.89. Монтажная электрическая схема подключения электродвигателя

Все монтажные единицы нумеруются с присвоением индивидуального номера каждой позиции. Например, на нашей схеме обозначены:

- 01 — клеммник подключения силовых цепей;
- 02 — контакты электродвигателя;
- 03 — контактор;
- 04 — кнопка «Пуск»;
- 05 — кнопка «Стоп».

Контакты кнопок, реле, пускателей и всех электрических элементов схемы нумеруются на корпусе каждого прибора или указываются определенным положением в технической документации.

Изображения проводов выполняются линиями прямого направления и маркируются тем же способом, как и на принципиальной схеме. В рассматриваемом варианте им присвоены номера 1, 2, 5, 6.

Обозначения приборов и аппаратов.

С лицевой стороны панелей, шкафов управления делаются надписи, поясняющие оперативному персоналу назначение каждого электрического устройства, а у коммутационных аппаратов — положение переключающего органа, соответствующее каждому режиму.

Ключи и кнопки подписываются по совершаемому действию, например, «Пуск», «Стоп», «Тест». На сигнальных лампочках указывается характер воздействующего сигнала, например, «Блиinker не поднят».

С обратной стороны панели против каждого элемента размещается наклейка (обычно круглой формы) с указанием дробью монтажной позиции согласно схемы вверху и краткого обозначения по схеме монтажа внизу, например, 019/HL3 — для лампы сигнализации.

Обозначения проводов.

При монтаже оборудования на каждое окончание провода надевают кембрики (рис.5.90) подписанные устойчивыми к выгоранию на свету и несмываемыми чернилами, обозначающими принятую маркировку. Их подключаются к указанным клеммам. Когда в обозначении встречаются только цифры «0», «9». «6», то после них ставят точку, исключаящую

неправильное прочтение информации при рассмотрении надписи с обратной стороны.

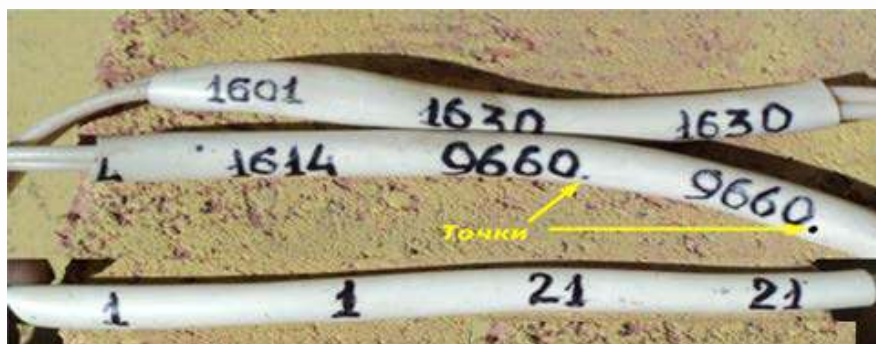


Рис.5.90. Пример надписей на кембриках

Для простого оборудования этого приема бывает достаточно.

На сложных и разветвленных системах добавляют обратный адрес конца. Он состоит из двух частей:

1. вначале идет нумерация позиционного обозначения элемента, подключаемого на обратной стороне;
2. далее — номер клеммы.

Например, на клемме 2 кнопки Кн2 должен быть подключен провод с надетым кембриком, подписанным 5—04—3. Эта надпись расшифровывается:

- 5 — маркировка провода по монтажной и принципиальной схеме;
- 04 — номер монтажной единицы кнопки «Пуск»;
- 3 — № клеммы Кн1.

Последовательность чередования, как и применение скобок или других разделителей обозначений может меняться, но, важно ее делать однообразно на всех участках электроустановки. Маркировка должна быть выполнена в строгом соответствии с рабочими чертежами и монтажной схемой.

Она позволяет специалистам читать смонтированную схему с натуры так же удобно, как и с бумажного листа, что требуется делать быстро при поиске неисправностей или профилактических обслуживаниях.

Для информации: раньше маркировка концов проводов выполнялась:

- надеванием фарфоровых наконечников с нанесением обозначений масляными красками;
- подвешиванием алюминиевых жетонов с отчеканенной информацией;
- закреплении картонных бирок с надписями тушью или карандашами;
- другими доступными способами.

Обозначения кабелей.

Обязательным элементом каждой электроустановки является кабельный журнал, создаваемый для каждого индивидуального присоединения на сложных участках или один общий для нескольких простых. В нем содержится полная информация о каждом подключении кабеля.

Кроме принадлежности кабеля к линии в кабельном журнале и на оборудовании указывается его атрибут по назначению, например:

- измерительным цепям тока или напряжения;
- схеме автоматики или управления;
- защитам;
- сигнализации;
- блокировке;
- другим вторичным устройствам.

При монтаже электрических схем могут использоваться кабельные линии различной протяженности. На входе в панель или шкаф их количество может быть довольно большим. Все они маркируются по обоим концам, а также при переходах через стены здания и другие строительные конструкции.

На кабель вывешивается бирка с информацией, указывающей его принадлежность, назначение, марку, состав жил. При его разделке каждый провод маркируется. На кончики, подключаемые к электрической схеме, наносится информация о принадлежности к кабелю, номере коммутируемой клеммы на клеммнике и обозначение цепочки.

Монтаж электрического оборудования выполняется по принципиальной и монтажной схемам, созданным по единым правилам. Он должен отвечать требованиям наглядности, доступности, информативности чтобы ремонт и эксплуатационные работы проводились быстро и качественно [68].

5.2.10 Расчет надежности системы автоматического управления электроприводом

Основные понятия и определения теории надежности.

Интенсификация технологических процессов, повышение производительности и точности работы промышленного оборудования неразрывно связаны с усложнением общей схемы автоматизации производства в целом и электропривода в частности. В этих условиях на первый план выдвигается важная проблема обеспечения надежной работы автоматизированного электрооборудования, выход из строя, которого может привести к выпуску бракованной продукции, снижению производительности труда, потерям сырья и энергии, остановке, а иногда и к авариям рабочих машин и механизмов, т.е. к большим экономическим потерям. Задача повышения надежности электроприводов является сложной и комплексной проблемой, которая должна решаться как на стадии проектирования и изготовления его элементов, так и при его монтаже, наладке и эксплуатации.

Надежность — это свойство электропривода «сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки» [9]. Надежность представляет собой комплексное свойство, сочетающее в себе

понятия работоспособности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохранности.

Работоспособность представляет собой состояние электропривода, при котором он способен выполнять свои функции. Событие, нарушающее работоспособность электропривода, называется отказом. Самоустраняющийся отказ называется сбоем.

Безотказность — свойство электропривода непрерывно сохранять свою работоспособность в течение определенного времени.

Долговечность — свойство электропривода сохранять свою работоспособность до предельного состояния, когда его эксплуатация становится невозможной по техническим или экономическим причинам, условиям техники безопасности или из-за необходимости капитального ремонта. Период времени от начала эксплуатации до предельного состояния называют сроком службы или наработкой ЭП.

Ремонтпригодность определяет приспособленность электропривода к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

Сохраняемость — свойство электропривода непрерывно поддерживать свою работоспособность в течение и после хранения и транспортировки.

Основными количественными показателями надежности являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа.

Вероятность безотказной работы $p(T_{зд})$ представляет собой вероятность того, что время работы электропривода до отказа будет больше указанного периода времени $T_{зд}$. Этот показатель определяется отношением числа электроприводов, безотказно проработавших до момента времени $T_{зд}$, к общему числу электроприводов, работоспособных в начальный момент.

Интенсивность отказов $X(t)$ — это число отказов электроприводов в единицу времени, отнесенное к среднему числу электроприводов, работоспособных к моменту времени t .

Вероятность безотказной работы $p(T_{зд})$ и интенсивность отказов связаны между собой следующим соотношением(5.16):

$$p(T_{зд}) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \quad (5.16)$$

Средняя наработка до отказа $T_{ср}$ представляет собой математическое ожидание наработки электропривода до первого отказа(5.17):

$$T_{ср} = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (5.17)$$

С позиций анализа надежности электропривода как электромеханической системы различают два вида соединения элементов: логически последовательное, или основное, и логически параллельное.

Логически последовательным (основным) соединением называется такое соединение элементов, при котором отказ любого из них приводит к отказу системы в целом. Логически параллельное соединение характеризуется тем, что отказ системы наступает только при отказе всех элементов.

Электропривод представляет собой совокупность (систему) взаимосвязанных электрических и механических устройств — двигателя, преобразователя, редуктора, схемы управления, каждое из которых имеет свой показатель надежности. Надежность электропривода как системы характеризуется потоком отказов Λ . Если принять логически последовательным соединением N компонентов электропривода, то этот показатель надежности будет численно равен сумме интенсивностей отказов отдельных компонент Λ_i :-

$$\Lambda = \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_i \quad (5.18)$$

По формуле (5.18) рассчитывается поток отказов и отдельных устройств электроприводов, состоящих, в свою очередь, из различных узлов и элементов, характеризующихся своей интенсивностью отказов.

Надежность — свойство электропривода сохранять свою работоспособность и технические характеристики в течение определенного промежутка времени. Это понятие включает в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Основное понятие надежности — отказ (утрата работоспособности, наступающей внезапно или постепенно). Отказ может быть частичным или полным. По своему характеру отказы в работе электропривода можно разделить на три основные группы: первая группа - отказы, приводящие к максимальной частоте вращения; вторая группа - отказы, приводящие к потере устойчивости или снижению точности работы привода; третья группа - отказы, приводящие к остановке привода и срабатыванию защиты.

Количественные показатели надежности: среднее время работы $\{T_{ср}\}$ (в часах) до появления отказа; наработка на отказ (Тж); интенсивность отказов (число отказов за 1 ч); среднее время восстановления работоспособности; вероятность безотказной работы за заданное время. Последний показатель является расчетным и зависит от интенсивности отказов и времени. В идеальном случае он равен единице. Удовлетворительным значением этого показателя является 0,9 в течение 10000 ч.

Долговечностью электропривода называется его свойство сохранять работоспособность до наступления состояния, после которого необходим ремонт.

Ремонтпригодность — это приспособленность привода к предупреждению, обнаружению и устранению отказов. Она характеризуется затратами времени на устранение отказа.

Необходимо остановиться на способах повышения надежности. В первую очередь — это введение в схему электропривода избыточности, т. е. повышению надежности способствует снижение электрической нагрузки на

элементы схемы. Например, заменить неисправный конденсатор, рассчитанный на 160 В, на конденсатор с напряжением 250 В той же емкости или заменить при необходимости резистор с рассеиваемой мощностью 20 Вт резистором на 30 Вт и т.д [69].

5.2.11 Коэффициент безотказной работы

Показатели надёжности количественно характеризуют, в какой степени данному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие надёжность.

Показатели надёжности (например, технический ресурс, срок службы) могут иметь размерность, ряд других (например, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности), являются безразмерными.

Количественной характеристикой только одного свойства надёжности служит единичный показатель.

Количественной характеристикой нескольких свойств надёжности служит комплексный показатель.

Единичные показатели надёжности.

Показатели безотказности

- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- средняя наработка до отказа $T_{ср}$;
- средняя наработка на отказ T_0 ;
- гамма-процентная наработка до отказа T_γ ;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- параметр потока отказов $\omega(t)$;
- средняя доля безотказной наработки $I(t)$;
- плотность распределения времени безотказной работы $f(t)$;

Показатели долговечности

- средний ресурс;
- гамма-процентный ресурс;
- назначенный ресурс;
- средний срок службы;
- гамма-процентный срок службы;
- назначенный срок службы.

Показатели ремонтпригодности

- вероятность восстановления работоспособного состояния;
- среднее время восстановления работоспособного состояния;
- интенсивность восстановления.

Показатели сохраняемости

- средний срок сохраняемости;
- гамма-процентный срок сохраняемости.

Комплексные показатели надёжности.

• коэффициент готовности (K_r) — вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени,

кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается;

- коэффициент оперативной готовности ($K_{ог}$);
- коэффициент технического использования ($K_{ти}$) — отношение математического ожидания интервалов времени, пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием (ТО), и ремонтов за тот же период эксплуатации;
- коэффициент планируемого применения ($K_{п}$) — доля периода эксплуатации, в течение которой объект не должен находиться в плановом ТО или ремонте;
- коэффициент сохранения эффективности ($K_{эф}$) [70].

5.2.12 Методы повышения надежности электроприводов

В теории надежности разработано несколько методов расчета надежности, из которых наибольшее распространение получили:

- метод расчета по среднегрупповым значениям интенсивностей отказов;
- метод расчета с использованием данных эксплуатации;
- коэффициентный метод расчета надежности.

При расчете надежности электроприводов и других систем и устройств наиболее часто используется коэффициентный метод расчета надежности. Сущность его состоит в том, что при расчете надежности используют не абсолютные значения интенсивности отказов элементов, а коэффициенты надежности K_h представляющие собой отношения интенсивности отказов элемента A , к интенсивности отказов некоторого базового элемента (5.19)

$$\Lambda = \sum_{i=1}^{i=N} \lambda_{\phi} \quad (5.19)$$

Коэффициенты надежности практически не зависят от условий эксплуатации и для данного элемента являются константой, а условия эксплуатации и режимы работы элемента учитываются с помощью поправочных коэффициентов к величине K_t . Обычно в качестве базового элемента выбирается металлопленочный резистор.

Для расчета показателей надежности электроприводов необходимо знать коэффициенты надежности K , входящих в него устройств (элементов), число устройств данного типа N_x и интенсивность отказов A_z базового элемента. Поток отказов электропривода при этом определяется с помощью следующего выражения (5.20):

$$\Lambda = \lambda_{\phi} \sum_{i=1}^r N_i K_i \quad (5.20)$$

Влияние на надежность элементов основных дестабилизирующих факторов: электрических нагрузок и температуры окружающей среды — учитывается введением в расчет поправочных коэффициентов.

Учет влияния других факторов: запыленности, влажности, вибрации и т.д. — может быть выполнен коррекцией интенсивности отказов базового элемента с помощью поправочных коэффициентов, также приведенных в [24].

Результирующий коэффициент надежности элементов электропривода с учетом электрических нагрузок и температуры окружающей среды (исключая релейно-контакторную аппаратуру) рассчитывается по формуле

$$K_i = a_1 a_2 a_3 a_4 K_i \quad (5.21)$$

где a_x — коэффициент, учитывающий отклонение температуры окружающей среды и электрической нагрузки от номинальной; a_2 — коэффициент, учитывающий отклонение температуры окружающей среды от номинальной; a_3 — коэффициент, учитывающий снижение электрической нагрузки относительно номинальной; a_4 — коэффициент использования элемента, определяемый отношением времени работы элемента к времени работы электропривода; K_i — номинальное значение коэффициента надежности.

Коэффициент надежности релейно-контактных аппаратов определяется по формуле (5.22)

$$K'_i = a_5 K_{i0} + (\sum_1^m a_6 K_{iKC}) \frac{f_{\Phi}}{f_{НОМ}} \quad (5.22)$$

где a_5 — коэффициент, учитывающий время нахождения катушки аппарата под напряжением в течение одного цикла «включено — выключено» и температуру окружающей среды; K_{j0} , K_{iKC} — соответственно коэффициенты надежности воспринимающей (цепь катушки) и исполнительной (контактная система) частей аппаратуры; a_6 — коэффициент, учитывающий уровень электрической нагрузки контакта; t — число контактов; f_{Φ} и $f_{НОМ}$ фактическая и номинальная частоты срабатывания аппарата в час.

После определения коэффициентов надежности отдельных элементов рассчитываются показатели надежности электропривода в целом. Порядок их расчета состоит в следующем:

- определяются количественные значения параметров, характеризующие нормальную работу электропривода, и допуски на их возможные отклонения. Работа электропривода в пределах этих допусков соответствует его работоспособному состоянию, а выход за них — отказу;

- составляется поэлементная принципиальная схема электропривода, определяющая соединение элементов при выполнении ими заданных функций. При ее составлении вспомогательные элементы (сигнальные

лампы, показывающие приборы, звонки и т.д.), отказы которых не влияют на надежность электропривода, могут быть опущены;

- определяются исходные данные для расчета надежности: тип, количество и номинальные данные используемых элементов; режимы работы элементов; температура окружающей среды в месте работы элементов; номинальные коэффициенты надежности элементов; коэффициенты использования элементов во времени; период времени T_3 , для которого рассчитывается надежность; условия эксплуатации системы. Выбирается базовый элемент, и определяется X_5 ;

- по формулам (5.21) и (5.22) с использованием справочных данных по поправочным коэффициентам a_x — a_4 рассчитываются коэффициенты надежности элементов электропривода, а затем его узлов и устройств. После этого определяются основные показатели надежности электропривода. При логически последовательном (основном) соединении элементов, узлов и устройств вероятность безотказной работы [71].

Практическое задание №1

Тема: «Обозначения логических элементов в схемах»

Цель работы: Формирование практических навыков определения и понимание логических элементов в схемах.

1. *Задание:* Укажите элемент ИЛИ-НЕ (рис.5.91).

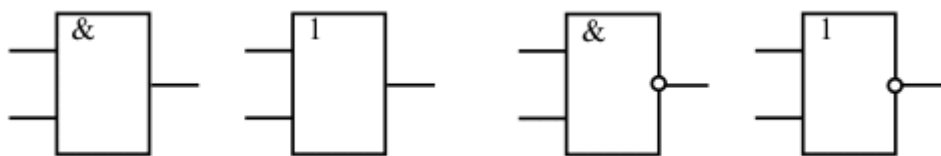


Рис.5.91. Элементы алгебры логики

2. *Задание:* Укажите элемент И (рис.5.92).

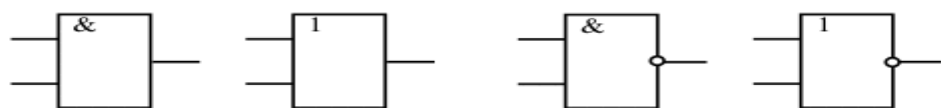


Рис.5.92. Элементы алгебры логики

Практическое задание №2

Тема: «Схемы управления электропривода (рис.5.96-93)

Цель работы: определить типы элементов схем, понимать их принцип работы.

Задание:

Назовите все элементы на схеме и объясните их принцип работы.

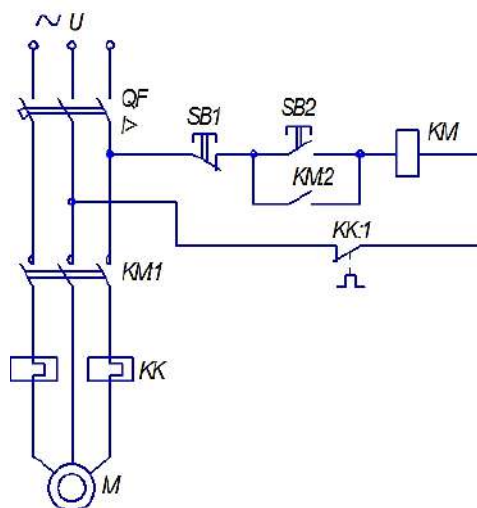


Рис.5.93. Схема управления

Практическое задание №3

Тема: «Повышения надежности электроприводов»

Цель работы: Научится делать расчет надежности электропривода.

Задание для работы:

Рассчитайте и объясните надежность электропривода методом расчета по среднегрупповым значениям интенсивностей отказов.

Контрольные вопросы к разделу:

1. Виды систем автоматики.
2. Обозначения логических элементов в схемах.
3. Виды датчиков и их технические характеристики.
4. Принцип работы базовых логических элементов.
5. Устройство и принцип работы параметрических и генераторных датчиков.
6. Классификация усилительных устройств.
7. Основные схемы операционных усилителей.
8. Структура и принцип построения микроэлектронной вычислительной машины.
9. Назначения программируемых контроллеров.
10. Составление монтажных схем.

Краткие выводы:

При изучении данного раздела обучающиеся осваивают: конструктивные и электрические особенности электронных устройств и блоков, алгоритм их функционирования и взаимосвязь с другими устройствами, методы ремонта и порядок обслуживания электронного оборудования, технические требования, предъявляемые к работоспособности электронных устройств, автоматике, вычислительной техники.

Раздел 6. Обеспечение исправного технического состояния и эксплуатации устройств и оборудования

Цель и задачи:

В данном разделе обучающиеся будут изучать: обеспечение контроля работы узлов и механизмов, контрольно-измерительных приборов; осуществление визуального и инструментального контроля качества выполненных работ.

Предварительные требования:

Перед началом работы с данным разделом студенты должны:

1. Овладеть навыками визуального и инструментального контроля качества выполненных работ.
2. Изучить правила монтажа и наладки электрических сетей и электрооборудования.

Необходимые учебные материалы:

1. Фаскиев Р.С., Бондаренко Е.В., Кеян Е.Г., Хасанов Р.Х. / Техническая эксплуатация и ремонт технологического оборудования / Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2011. — 261 с.

6.1 Обеспечение исправного технического состояния и надежную работу оборудования

6.1.1 Контроль качества выполненных работ

Перед включением электроустановок под напряжение и сдачей в эксплуатацию производят проверку правильности выполненных ЭМР и проверку сохранности и готовности электрооборудования к нормальной работе.

Производственный контроль.

Производственный контроль качества ЭМР в электромонтажных организациях должен включать входной контроль проектно-сметной документации, конструкций, изделий, материалов и оборудования, операционный контроль отдельных монтажных процессов или производственных операций и приемочный контроль.

При входном контроле проектно-сметной документации должна производиться проверка ее комплектности и достаточности содержащихся в ней технической информации для производства работ.

Электротехнические материалы, конструкции, изделия и оборудование, поступающие на стройку, должны проходить входной контроль на соответствие их ГОСТам, ТУ, требованиям проекта, паспортам, сертификатам, подтверждающим качество их изготовления, а также на соблюдение правил разгрузки и хранения. Входной контроль осуществляет служба производственно-технической комплектации на базах. Линейный

персонал обязан проверять внешним осмотром соответствие материалов, конструкций, изделий требованиям нормативных документов и проекта, а также наличие и содержание паспортов, сертификатов и других сопроводительных документов.

Операционный контроль должен осуществляться на строительной площадке в ходе выполнения строительных процессов или производственных операций и обеспечивать своевременное выявление дефектов и причин их возникновения и принятие мер по их устранению и предупреждению.

Основные задачи операционного контроля:

- соблюдение технологии выполнения монтажных процессов;
- обеспечение соответствия выполняемых работ проекту и требованиям нормативных документов;
- своевременное выявление дефектов, причин их возникновения и принятие мер по их устранению;
- выполнение последующих операций только после устранения всех дефектов, допущенных в предыдущих процессах;
- повышение ответственности непосредственных исполнителей за качество выполняемых ими работ.

Операционный контроль осуществляют производители работ и мастера, а также специалисты, занимающиеся контролем отдельным видом работ. Контроль проводится в соответствии со схемами операционного контроля качества на выполнение соответствующего вида работ. Указанные схемы входят в состав технологических карт и являются основным рабочим документом контроля качества выполнения работ для прорабов, мастеров, а также бригадиров, звеньевых и рабочих, обязанных предъявлять выполненные работы прорабам и мастерам.

Схемы операционного контроля качества должны содержать:

- эскизы конструкций с указанием допускаемых отклонений в размерах, основные технические характеристики материала или конструкции;
- перечень операций или процессов, контролируемых прорабом (мастером) с участием, при необходимости, других служб специального контроля;
- данные о составе, сроках и способах контроля;
- перечень скрытых работ.

Организация операционного контроля и надзор за его осуществлением возлагаются на начальников и главных инженеров строительных организаций и фирм.

Приемочный контроль

При приемочном контроле необходимо производить проверку качества выполненных ЭМР, а также скрытых работ и отдельных конструктивных элементов.

Скрытые работы подлежат освидетельствованию с составлением актов. Акты освидетельствования скрытых работ должны составляться на

завершенный процесс. Запрещается выполнение последующих работ при отсутствии актов освидетельствования предшествующих скрытых работ во всех случаях.

При освидетельствовании и приемке скрытых работ подрядная организация должна предъявлять представителю инспекции технического надзора заказчика следующую производственно-техническую документацию:

- общий журнал работ;
- журналы производства отдельных видов работ;
- акты приемки ранее выполненных работ;
- паспорта и сертификаты на материалы и изделия;
- рабочие чертежи.

По результатам производственного и инспекторского контроля качества ЭМР должны разрабатываться мероприятия по устранению выявленных дефектов.

Контрольные функции электролаборатории

В процессе монтажа, наладки, ввода в эксплуатацию, в период эксплуатации и ремонта электроустановок и средств защиты используемых в электроустановках выполняются измерения и испытания. Измерения и испытания, имеющие целью проверить качество электрооборудования и его монтажа, должны производиться квалифицированным персоналом электролабораторий с применением приборов, прошедших государственную поверку.

В целях упорядочения эксплуатации электролабораторий, повышения требований к квалификации персонала, проводящего электрические испытания и измерения, а также предупреждения электротравматизма, Госэнергонадзор России установил порядок допуска в эксплуатацию электролабораторий, выполняющих испытания и измерения в процессе производства, монтажа, наладки, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и ремонта электрооборудования, электроустановок и средств защиты, используемых в электроустановках.

Предприятия, учреждения и организации всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной принадлежности, а также зарубежные фирмы, имеющие в своем составе электролаборатории, обязаны обеспечить строгое соблюдение государственных стандартов в области испытаний и измерений и, прежде всего, требований системы безопасности труда (ССБТ), метрологического обеспечения, а также требований Правил устройства электроустановок, Правил эксплуатации электроустановок потребителей и Межотраслевых Правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТРМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00).

До ввода электролаборатории в эксплуатацию предприятие разрабатывает положение (стандарт), определяющее порядок и область использования электролаборатории, программы и методики проведения испытаний (измерений) электрооборудования, электроустановок и средств

защиты. Указанные документы утверждаются руководителем предприятия (техническим директором).

Электrolаборатории зарубежных фирм должны иметь утвержденные руководителем фирмы программы и методики проведения испытаний и измерений (в том числе протоколы испытаний и измерений), оформленные на русском языке.

Программы, стандарт и методики проведения испытаний (измерений) согласовываются с органами энергетического надзора.

Регистрация электrolабораторий производится в органах государственного энергетического надзора на основании акта комиссии, назначаемой этим органом. На основании решения этой комиссии выдается свидетельство о регистрации электrolаборатории.

Порядок регистрации электротехнических лабораторий определяется инструкциями, разрабатываемыми территориальными органами Госэнергонадзора.

Для регистрации электротехнической лаборатории комиссии Госэнергонадзора должны быть представлены следующие документы:

- положение (стандарт) об электrolаборатории со структурной схемой административно-технической подчиненности лаборатории и персонала;
- виды и объемы испытаний и измерений (не менее трех);
- программы и методики проведения испытаний и измерений;
- документы по квалификации персонала и допуску его к испытаниям (измерениям);
- акт проверки готовности электrolаборатории к эксплуатации;
- принципиальные электрические схемы испытательных и измерительных станций, стендов и установок;
- заводские паспорта на испытательное оборудование и средства измерений;
- документы о проверке средств измерений;
- утвержденный комплект средств защиты и плакатов по технике безопасности [72].

6.1.2 Контроль работ по техническим условиям

Нарушение требований, предъявленных к качеству изготавливаемой продукции, приводит к увеличению издержек производства и потребления. Поэтому своевременное предупреждение возможного нарушения требований к качеству является обязательной предпосылкой обеспечения заданного уровня качества продукции при минимальных затратах на ее производство. Эта задача решается на предприятиях с помощью технического контроля.

Техническим контролем называется проверка соблюдения технических требований, предъявляемых к качеству продукции на всех стадиях ее изготовления, а также производственных условий и факторов, обеспечивающих требуемое качество. Объектами технического контроля являются материалы и полуфабрикаты, поступающие на предприятие со

стороны, продукция предприятия как в готовом виде, так и на всех стадиях ее производства, технологические процессы, орудия труда, технологическая дисциплина и общая культура производства.

Технический контроль призван обеспечивать выпуск продукции, соответствующей требованиям конструкторско-технологической документации, способствовать изготовлению продукции с наименьшими затратами времени и средств, предоставлять исходные данные и материалы, которые могут быть использованы в целях разработки мероприятий по повышению качества продукции и сокращению издержек. По этапам производственного процесса различают следующие виды контроля: - входной контроль, осуществляемый перед началом обработки с целью предупреждения дефектов и брака, обусловленного недоброкачеством поступающих материалов, полуфабрикатов и своевременного изъятия дефектных заготовок и изделий из производства; - операционный контроль, проводимый в процессе обработки изделий с целью проверки качества выполнения операций, своевременного выявления и изъятия брака, устранения дефектов. Возможен после каждой операции либо после группы операций в зависимости от требуемого качества изделий и характера технологического процесса. Этот контроль осуществляет исполнитель операции (рабочий, бригадир, испытатель) контролер, мастер ОТК (БЦК).

В некоторых случаях операционный контроль может выполнять представитель заказчика; - приемочный контроль, выполняемый по окончании процесса изготовления изделий, деталей, сборочных единиц с целью определения соответствия качества требованиям, установленным в нормативно-технической документации. Контролируются также упаковка, комплектность и др. Этому контролю подвергается вся продукция, законченная обработкой в данном цехе перед поступлением ее в следующий цех или непосредственно на склад. Приемочный контроль предупреждает отправку недоброкачественной продукции потребителю. Он выполняется контролером, мастером ОТК, а в некоторых случаях – представителем заказчика. В зависимости от вида продукции при этом контроле возможно проведение соответствующих испытаний. По полноте охвата изготовленной продукции контролем выделяют: - сплошной контроль – проверка каждого изделия в изготовленной партии. Обычно такой контроль бывает необходим при разнородности исходных материалов и заготовок и при неустойчивости технологического процесса. Сплошной контроль часто осуществляется после операций, имеющих решающее значение для качества готовых изделий, однородность которых в производстве недостаточно обеспечена, при проверке наиболее дорогих изделий; - выборочный контроль, при котором контролируется лишь часть изготовленных изделий. Применяется при больших количествах одинаковых изделий и при устойчивом технологическом процессе. Выборочный контроль существенно снижает трудоемкость контроля при устойчивом технологическом процессе, при неустойчивом же процессе выборочный контроль будет приводить к выводу о необходимости сплошной сортировке засоренной браком партии продукции.

По степени связи с объектами контроля во времени различают: - летучий контроль, выполняемый непосредственно на месте изготовления, ремонта, хранения продукции в случайные неопределенные моменты времени (внезапно) с целью своевременного выявления нарушения технических требований и дефектов продукции, а также предупреждения подобных нарушений. Его осуществляют только выборочно для малосистемных изделий и процессов; - непрерывный контроль для проверки технологических процессов в случаях их нестабильности и необходимости постоянного обеспечения определенных количественных характеристик. Осуществляется, как правило, автоматическими и полуавтоматическими средствами контроля; - периодический контроль, применяемый для проверки качества изделий и технологических процессов при установившемся производстве и стабильных технологических процессах [73].

6.1.3 Визуальный и инструментальный контроль качества выполненных работ

Визуальный контроль заключается в проверке состояния тех или иных элементов оборудования, материалов, жидкостей и т.д. с целью своевременного выявления признаков их непригодности для дальнейшей эксплуатации и соответственно предупреждения угрозы возникновения аварийной ситуации в результате их повреждения.

Визуальный контроль в энергетике – это один из основных видов контроля, который осуществляется в процессе эксплуатации различных электроустановок и электрических сетей.

1. Изоляция оборудования.

Изоляция в электроэнергетике – это неотъемлемый элемент конструкции практически всего электрического оборудования. В случае нарушения целостности изоляционных материалов или ухудшения их диэлектрических свойств возможно возникновение аварийных ситуаций, а также возникает опасность воздействия тока на людей, обслуживающих электроустановки или находящихся в непосредственной близости к ним. Поэтому одним из основных этапов проведения визуального контроля в электроэнергетике является осмотр изоляционных материалов.

В данном случае идет речь об осмотре изоляторов (проходных, опорных, подвесных, тяговых, линейных, такелажных) оборудования распределительных устройств и воздушных линий электропередач.

Визуальный контроль изоляторов сводится к своевременному выявлению сколов и трещин, площадь которых выше допустимых значений для того или иного типа изоляторов. Также обращают внимание на загрязнение изоляции, которое может привести к перекрытию и возникновению аварийной ситуации, в частности повреждения оборудования и поражения людей электрическим током.

Что касается кабельных линий то в большинстве случаев они прокладываются в местах, где отсутствует возможность проведения осмотра,

поэтому ухудшение качества изоляции кабеля можно обнаружить только при проведении соответствующих испытаний повышенным напряжением.



Рис.6.1. Воздушные линий электропередачи

2. Металлические и железобетонные конструкции оборудования, опоры

Практически все оборудование открытых распределительных устройств подстанций монтируется на металлических конструкциях либо с применением железобетонных опор. При проведении осмотров оборудования необходимо обращать внимание на состояние данных элементов, чтобы вовремя обнаружить возможные повреждения.

То же самое касается металлических и железобетонных опор воздушных линий электропередач(рис.6.1). Их осмотр производят как в плановом режиме, так и в случае возникновения повреждения на линии электропередач с целью обнаружения повреждения, одной из причин которого может быть падение опоры либо нарушение ее целостности.

3. Ошиновка, сборные шины, провода ЛЭП и кабельные линии

Ошиновка, сборные шины систем и секций шин служат для распределения электроэнергии в распределительных устройствах, далее по проводам воздушной линии электропередач и по кабельным линиям осуществляется передача электроэнергии непосредственно потребителям или на другие распределительные подстанции, на которых осуществляется дальнейшее преобразование и распределение электроэнергии. По ним протекают токи нагрузки, поэтому очень важно, чтобы данные элементы находились в нормальном техническом состоянии.

Визуальный контроль вышеперечисленных токоведущих элементов заключается в проверке отсутствия внешних повреждений, надежности их крепления к изоляторам. Особое внимание уделяется контактными соединениям проводов, ошиновки, сборных шин между собой, а также с контактными выводами других элементов электрического оборудования подстанций - выключателями, разъединителями, ограничителями

перенапряжений, трансформаторами тока и напряжения, компенсирующими устройствами, силовыми трансформаторами и т.д.

Снижение надежности контактного соединения при наличии достаточной нагрузки приведет к перегреву контактных соединений. Поэтому в процессе визуального контроля обращают внимание на внешнее состояние контактируемых элементов.

Перегрев контактных соединений можно обнаружить по изменению цвета металла вблизи контакта, а при чрезмерных перегревах по оплавлению контактируемых поверхностей. Также признаками перегрева являются наличие признаков разрушения близлежащих поверхностей, изготовленных из материалов, не устойчивых к воздействию высоких температур, а также разрушение лакокрасочного покрытия.

В распределительных устройствах подстанций для своевременного обнаружения нарушения контактных соединений устанавливают на контактные соединения специальные сигнализаторы.

В распределительных устройствах открытого типа нередко применяют термоуказатели одноразового действия, изготовленные с применением легкоплавкого металла. В случае нагрева контактного соединения легкоплавкий металл расплавляется и сигнализатор падает. Таким образом, можно своевременно обнаружить перегрев контактных соединений.

Также существуют указатели пленочного типа, которые изменяют свой цвет в зависимости от температуры контактного соединения.

Для своевременного выявления поврежденных участков токоведущих элементов, чрезмерного перегрева контактных соединений, конструктивных элементов оборудования распределительных устройств и линий электропередач периодически проводят полную проверку с использованием тепловизоров. Тепловизионный контроль позволяет определить с высокой точностью место перегрева и его температуру.

Также визуальный контроль предусматривает осмотр токоведущих частей на предмет коронания - выявлению так называемых коронных разрядов. Коронация может возникать, как на воздушных линиях электропередач, так и в распределительных устройствах открытого типа. Данное явление приводит к значительным потерям в электросетях, поэтому данное явление необходимо своевременно фиксировать и устранять его причины. Осмотр оборудования на предмет коронания осуществляется, как правило, в темное время суток, предпочтительно в сырую погоду.

4. Заземляющие устройства

Заземляющие устройства в электроэнергетике выполняют несколько функций. Прежде всего, они обеспечивают безопасность персонала, обслуживающего электроустановки, от поражения электрическим током. В распределительных устройствах и на воздушных линиях электропередач заземляющие устройства осуществляют защиту от грозовых перенапряжений, осуществляя отвод грозового разряда в молниеотвод или грозозащитный трос, либо отводит нежелательный импульс перенапряжения,

попавший в фазу, через разрядник или ограничитель перенапряжения, которые подключаются к заземляющему контуру.

Заземляющий контур служит для осуществления заземления нейтрали силового трансформатора в случае его работы в режиме глухозаземленной или эффективно заземленной нейтрали. В электросетях до 1000 В, при питании потребителей по схеме заземления TN-C-S, заземляющий контур используется не только для заземления нейтрали, но и для осуществления повторных заземлений на опорах линий электропередач для предотвращения последствий обрыва нулевого (совмещенного) проводника на линии электропередач.

Визуальный контроль заземляющего контура в электроустановках и на линиях электропередач сводится к проверке целостности соответствующих элементов, правильности их подключения, в зависимости от типа и режима работы осматриваемых элементов.

Несвоевременное обнаружение повреждений контура заземления может привести к возникновению аварийных ситуаций в электрической сети, а также несчастных случаев по причине отсутствия защитного заземления.

5. Электротехнические материалы

Визуальный контроль в электроэнергетике включает в себя также контроль над состоянием различных электротехнических материалов, которые применяются в электроэнергетике - трансформаторное масло, силикагель, элегаз, смазочные материалы и жидкости, полупроводниковые, магнитные и другие материалы.

Например, в силовом масляном трансформаторе осуществляется проверка уровня масла в расширителе бака, а также его температура, состояние сигнального силикагеля в воздухоосушителе; в элегазовом выключателе проверяется уровень давления элегаза в баке и др.

Визуальный контроль не позволяет обнаружить изменение химического состава трансформаторного масла, газов и т.д., влияющих на ухудшение качества работы оборудования. Поэтому помимо визуального контроля необходимо производить периодический химический анализ и другие исследования соответствующих электротехнических материалов [74].

6.1.4 Осмотр, испытания, проверка и контроль технических параметров оборудования

Главный результат любых испытаний — это информация о состоянии объекта испытаний — продукции (материала, прибора, машины и т. д.). Поэтому качество испытаний (а значит, и качество испытателей) — это качество информации, содержащейся в их результатах, а оценка качества испытаний — оценка качества этой информации.

Качество информации по результатам испытаний определяется, в свою очередь, качеством выбора (разработки) программы, методик и средств испытаний, т. е. качеством проекта, идеологии, испытаний и соответствующих технических решений, а также качеством реализации

выбранной методологии испытаний, т. е. качеством реализации программ и методик.

На практике чаще всего встречается ситуация, когда испытания проводятся по заданным (утвержденным) программам и методикам. В случаях, когда эти программы и методики являются стандартными, их правильность не ставится под сомнение и оценка качества испытаний сводится к оценке качества реализации положений этих документов.

Оценить качество реализации программ и методик можно косвенно и прямо.

Косвенная оценка — это оценка соблюдения всех организационных и технических требований, содержащихся в документах, регламентирующих проведение испытаний: стандартах, программе, методиках. К примеру, можно оценить правильность, воспроизведения условий испытаний, выбора средств измерений и т. д. Чем скрупулезнее выполнены эти требования, чем менее фактические (измеренные и зарегистрированные) значения характеристик условий испытаний отличаются от заданных, тем правильнее проведены испытания.

В этом случае оценка качества испытаний складывается из оценок состояния технических средств (аттестация), организации испытаний и качества работы персонала, обеспечивающего испытания.

Особенно следует отметить, что технический уровень и качество выпускаемой продукции отражают уровень предприятия, экономики страны, характеризуют уровень жизни человека, всего общества.

Технический уровень и качество продукции оцениваются по совокупности показателей, которые определяются по результатам испытаний. В связи с чем испытаниям продукции на всех этапах ее жизненного цикла отводится важная роль. Они позволяют проверить правильность выбранных конструктивных и принципиальных решений, оценить степень соответствия показателей качества продукции требованиям стандартов и технических условий и предотвратить выпуск недоброкачественных изделий.

Испытания являются объективной оценкой технического уровня и качества изготовления продукции и принятия соответствующих решений о постановке новой продукции на производство; окончании серийного производства, о продолжении серийного выпуска; о целесообразности импорта; о подтверждении соответствия.

Объективная оценка технического уровня и качества продукции подразумевает получение достоверной информации о фактических значениях показателей качества продукции на всех стадиях жизненного цикла. А это значит, что испытание включает в себя как оценивание характеристик продукции, например, при разработке или подготовке к производству продукции, так и их контроль, например, в эксплуатации продукции. В соответствии с этим существует понятие «испытание» как техническая операция, заключающаяся в определении одной или нескольких

характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой.

Испытание является сложным познавательным процессом получения информации о характеристиках объекта путем измерений, анализа, диагностики, экспертизы и т. д. Наиболее распространенным способом получения информации о свойствах объекта являются измерения, которые позволяют с определенной точностью получить значение параметра в количественном выражении. К сожалению, не все характеристики объектов измеряются средствами измерений, иногда приходится использовать и другие средства, например, органолептические, позволяющие дать качественную оценку получаемых свойств объектов.

Оценивание свойств объекта выполняется при необходимости получения действительных значений (оценок) характеристик исследуемых свойств; контроль характеристик выполняется в том случае, если задачей испытания является установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям.

Важнейшим признаком испытаний является принятие по их результатам определенных решений, например, о возможности выпуска продукции, о ее браке и так далее. Характерным для испытаний является задание определенных условий — реальных и моделируемых. Воздействия могут быть климатическими, механическими, электрическими, тепловыми, радиационными, химическими и прочими. Режимы функционирования объекта — значения его рабочих параметров, при которых выполняются испытания. Условия испытаний могут предусматривать определенные характеристики объекта при его функционировании и отсутствии функционирования, при наличии воздействий или после их приложения. Условия испытаний задаются и поддерживаются при испытаниях с определенной точностью. Условия испытаний оговариваются в методике испытаний.

Важное значение имеет четкое определение термина «объект испытания». Следует различать объект испытаний от образца для испытаний, который представляет единицу продукции или ее часть. Образец является объектом эксперимента при испытаниях. По результатам испытаний образцов выносят суждение о продукции в целом.

В зависимости от вида продукции и программы испытаний объектом испытаний может быть единичное изделие или партия изделий. Объектом испытания может служить макет или модель изделия.

Как уже установлено, испытанием называется экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий. Экспериментальное определение характеристик свойств объекта при испытаниях может проводиться путем измерений, оценивания и контроля. Объектом испытаний являются продукция или процессы ее производства и функционирования.

Важнейшими признаками любых испытаний являются:

принятие на основе их результатов определенных решений по объекту испытаний, например, о его годности или браковке, о возможности задание требуемых реальных или моделируемых условий испытаний.

Под условиями испытаний понимается совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях. В нормативных документах на испытания конкретных объектов должны быть определены нормальные условия испытаний.

Целью испытаний следует считать нахождение истинного значения параметра или характеристики не при тех реальных условиях, в которых он фактически может находиться в ходе испытаний, а в заданных номинальных условиях испытания. Реальные условия испытаний практически всегда отличаются от номинальных, поскольку установить параметры условий испытаний абсолютно точно невозможно. Следовательно, результат испытания всегда имеет погрешность, возникающую не только вследствие неточного определения искомой характеристики, но и из-за неточного установления номинальных условий испытания.

Результатом испытаний являются оценка характеристик свойств объекта, установления соответствия объекта заданным требованиям по данным испытаний, результаты анализа качества функционирования объекта в процессе испытаний. Результат испытаний характеризуется точностью — свойством испытаний, показывающим близость их результатов к действительным значениям характеристик объекта в определенных условиях испытаний.

Между измерением и испытанием существует большое сходство:

- результаты обеих операций выражаются в виде чисел;
- погрешности обеих операций могут быть выражены как разности

между результатом измерения (испытания) и истинным значением измеряемой величины (или определяемой характеристики при номинальных условиях эксплуатации).

Однако с точки зрения метрологии между ними имеется значительное отличие: погрешность измерения является только одной из составляющих погрешности испытания. Поэтому можно сказать, что испытание — это более общая операция, чем измерение. Измерение можно считать частным случаем испытания, при котором условия испытаний не представляют интереса.

Контролем называется процесс соответствия значения параметра изделия установленным нормам. Сущность всякого контроля состоит в проведении двух основных этапов. На первом из них проводится получение информации о фактическом состоянии некоторого объекта, о признаках и показателях его свойств. Эта информация называется первичной. На втором этапе первичная информация сопоставляется с заранее установленными требованиями, нормами, критериями. При этом выявляются соответствия или несоответствия фактических данных требуемым. Информация о расхождении фактических и требуемых данных называется вторичной. Вторичная

информация используется для выработки соответствующих решений по поводу субъекта контроля. В ряде случаев граница между этапами контроля неразличима, первый этап может быть выражен нечетко или практически не наблюдаться. Характерным примером такого рода является контроль размера детали калибром, сводящийся к операции сопоставления фактического и предельно допустимого значений параметра.

Контроль состоит из ряда элементарных операций:

- измерительного преобразования контролируемой величины;
- воспроизведения установок контроля;
- сравнения и получения результата контроля.

Измерения и контроль тесно связаны друг с другом, близки по своей информационной сущности и содержат ряд общих операций (например, сравнение, измерительное преобразование). В то же время процедуры измерения и контроля во многом различаются:

- результатом измерения является количественная характеристика, а контроля — качественная;
- измерение осуществляется в широком диапазоне значений измеряемой величины, а контроль — обычно в пределах небольшого числа возможных состояний;
- контрольные приборы, в отличие от измерительных, применяются для проверки состояния изделий, параметры которых заданы и изменяются в узких пределах;
- основной характеристикой качества процедуры измерения является точность, а процедуры контроля — достоверность [75].

6.1.5 Диагностирование технического состояния электрических сетей и электрооборудования

Техническая диагностика - область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объекта. Назначение технической диагностики в общей системе технического обслуживания - снижение объема затрат на стадии эксплуатации за счет проведения целевого ремонта.

Техническое диагностирование - процесс определения технического состояния объекта. Оно подразделяется на тестовое, функциональное и экспресс-диагностирование.

Периодическое и плановое техническое диагностирование позволяет:

- выполнять входной контроль агрегатов и запасных узлов при их покупке;
- свести к минимуму внезапные внеплановые остановки технического оборудования;
- управлять старением оборудования.

Комплексное диагностирование технического состояния оборудования дает возможность решать следующие задачи:

- проводить ремонт по фактическому состоянию;

- увеличить среднее время между ремонтами;
- уменьшить расход деталей в процессе эксплуатации различного оборудования;
- уменьшить объем запасных частей;
- сократить продолжительность ремонтов;
- повысить качество ремонта и устранить вторичные поломки;
- продлить ресурс работающего оборудования на строгой научной основе;
- повысить безопасность эксплуатации энергетического оборудования;
- уменьшить потребление ТЭР.

Тестовое техническое диагностирование - это диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия (например, определение степени износа изоляции электрических машин по изменению тангенса угла диэлектрических потерь при подаче напряжения на обмотку двигателя от моста переменного тока).

Функциональное техническое диагностирование - это диагностирование, при котором измеряются и анализируются параметры объекта при его функционировании по прямому назначению или в специальном режиме, например определение технического состояния подшипников качения по изменению вибрации во время работы электрических машин.

Экспресс-диагностирование - это диагностирование по ограниченному количеству параметров за заранее установленное время.

Объект технического диагностирования - изделие или его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю).

Техническое состояние - это состояние, которое характеризуется в определенный момент времени при определенных условиях внешней среды значениями диагностических параметров, установленных технической документацией на объект.

Средства технического диагностирования - аппаратура и программы, с помощью которых осуществляется диагностирование (контроль).

Встроенные средства технического диагностирования - это средства диагностирования, являющиеся составной частью объекта (например, газовые реле в трансформаторах на напряжение 100 кВ).

Внешние устройства технического диагностирования - это устройства диагностирования, выполненные конструктивно отдельно от объекта (например, система виброконтроля на нефтеперекачивающих насосах).

Система технического диагностирования - совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования по правилам, установленным технической документацией.

Технический диагноз - результат диагностирования.

Прогнозирование технического состояния это определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий

интервал времени, в течение которого сохранится работоспособное (неработоспособное) состояние объекта.

Алгоритм технического диагностирования - совокупность предписаний, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования.

Диагностическая модель - формальное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования. Диагностическая модель может быть представлена в виде совокупности графиков, таблиц или эталонов в диагностическом пространстве.

Существуют различные методы технического диагностирования:

Визуально-оптический метод реализуется с помощью лупы, эндоскопа, штангенциркуля и других простейших приспособлений. Этим методом пользуются, как правило, постоянно, проводя внешние осмотры оборудования при подготовки его к работе или в процессе технических осмотров.

Виброакустический метод реализуется с помощью различных приборов для измерения вибрации. Вибрация оценивается по виброперемещению, виброскорости или виброускорению. Оценка технического состояния этим методом осуществляется по общему уровню вибрации в диапазоне частот 10 - 1000 Гц или по частотному анализу в диапазоне 0 - 20000 Гц(рис.6.2).

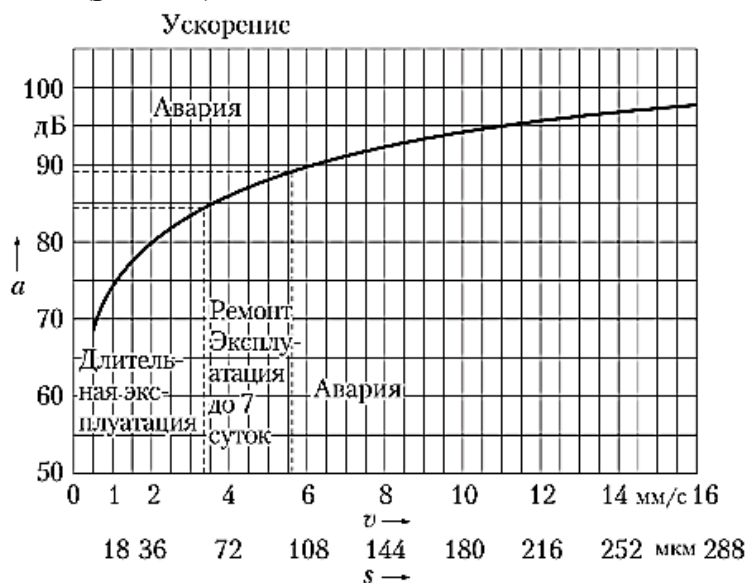


Рис.6.2. Взаимосвязь параметров вибрации

Тепловизионный (термографический) метод реализуется с помощью пирометров и тепловизоров. Пирометрами измеряется температура бесконтактным способом в каждой конкретной точке, т.е. для получения информации о температурном поле необходимо этим прибором сканировать объект. Тепловизоры позволяют определять температурное поле в определенной части поверхности диагностируемого объекта, что повышает эффективность выявления зарождающихся дефектов.

Метод акустической эмиссии основан на регистрации высокочастотных сигналов в металлах и керамике при возникновении микротрещин. Частота акустического сигнала изменяется в диапазоне 5 - 600 кГц. Сигнал возникает в момент образования микротрещин. По окончании развития трещины он исчезает. Вследствие этого при использовании данного метода применяют различные способы нагружения объектов в процессе диагностирования.

Магнитный метод используется для выявления дефектов: микротрещин, коррозии и обрывов стальных проволок в канатах, концентрации напряжения в металлоконструкциях. Концентрация напряжения выявляется с помощью специальных приборов, в основе работы которых лежат принципы Баркгаузена и Виллари.

Метод частичных разрядов применяется для выявления дефектов в изоляции высоковольтного оборудования (трансформаторы, электрические машины). Физические основы частичных разрядов состоят в том, что в изоляции электрооборудования образуются локальные заряды различной полярности. При разнополярных зарядах возникает искра (разряд). Частота этих разрядов изменяется в диапазоне 5 - 600 кГц, они имеют различную мощность и длительность [76].

6.1.6 Техническая эксплуатация оборудования

Эксплуатация электроустановок предприятий предусматривает поддержание нормальной работы электрооборудования электроустановок, в том числе ликвидацию аварийных ситуаций, техническое обслуживание и ремонт электрооборудования данных электроустановок.

Любое оборудование, независимо от его технологических особенностей, нуждается в ремонте.

Существует несколько видов ремонта электрического и электромеханического оборудования:

- текущий ремонт включает в себя замену быстроизнашиваемых деталей, промывку масляной, охлаждающей системы и замену сопутствующих материалов.

- первый плановый ремонт является обычной профилактикой. Последующие, вне зависимости от состояния оборудования, не реже одного раза в два года.

- капитальный ремонт – довольно редкая мера, поскольку оборудование обладает большим запасом электрической и механической прочности. Проводится такой ремонт не чаще одного раза в год.

Оперативный контроль эксплуатационных параметров и работы механо-технологического оборудования осуществляется автоматизированными системами управления технологическим процессом (АСУ ТП), а также персоналом предприятия, который подразделяется на следующие категории:

- оперативный (дежурный) персонал, осуществляющий непрерывный

контроль технологических режимов работы и показателей работоспособности оборудования;

- эксплуатационно-ремонтный (оперативно-ремонтный) персонал, выполняющий периодический контроль, диагностирование, техническое обслуживание и ремонт, оперативные работы по восстановлению работоспособности оборудования и сооружений предприятия.

Система технического обслуживания и ремонта предусматривает выполнение работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностированию и замене оборудования специализированными подразделениями предприятия, или ремонтным персоналом (в зависимости от объема ремонтных работ, оперативности их выполнения, наличия и загруженности), или сторонними организациями, имеющими допуск к ремонтным работам оборудования предприятия при его необходимости.

Распределение функций оперативного и эксплуатационно-ремонтного персонала предприятия производится начальниками служб в соответствии с принятой организационной структурой.

Руководство предприятия совместно со специалистами соответствующих служб определяет персонал, ответственный за техническую эксплуатацию конкретного вида оборудования, составляет и утверждает в установленном порядке должностные инструкции оперативного и эксплуатационно-ремонтного персонала.

Оперативный (дежурный) персонал осуществляет технические ремонты, контролирует технологические параметры работы оборудования, осуществляет аварийный вывод из эксплуатации оборудования, обеспечивает работу основного и вспомогательного оборудования и не более, чем через каждые два часа фиксирует значения параметров работы оборудования в журнале, контролирует регистрацию эксплуатационных параметров в системе АСУ ТП в соответствии с должностными инструкциями.

По результатам технических осмотров и показаниям контрольно-измерительных приборов оперативный персонал информирует службы о необходимости проведения диагностического контроля на работающем или остановленном оборудовании, несет ответственность за процесс остановки и пуска оборудования, осуществляет оперативное переключение основного и вспомогательного оборудования согласно утвержденным технологическим картам или указаниям диспетчерской службы. При выходе параметров работы оборудования за допустимые пределы оперативный персонал контролирует и при необходимости осуществляет переключения неисправного оборудования на резервное, о чем делает запись в журнале и извещает диспетчерскую службу и руководство предприятия.

Эксплуатационно-ремонтный персонал проводит техническое обслуживание и доступные виды диагностирования технического состояния оборудования, восстановительные работы в случаях отказа оборудования, подготовку рабочих мест для ремонтного персонала, может привлекаться к проведению ремонта.

Ответственность персонала предприятия за соблюдение требований действующих нормативно-технических документов на каждой определяется должностными инструкциями.

Ответственность за правильную и безопасную эксплуатацию оборудования и сооружений наряду с руководителем предприятия несут все зам. начальника предприятия, главный инженер предприятия, инженеры соответствующих служб. Кроме того, начальник предприятия несет ответственность за рациональное комплектование оперативного и эксплуатационно-ремонтного персонала и оснащение служб и персонала современными средствами ремонта и контроля технического состояния.

Лицо, ответственное за техническую эксплуатацию оборудования и сооружений предприятия, обязано обеспечить:

- надежную, экономичную и безопасную работу каждого объекта предприятия;
- разработку и внедрение мероприятий по экономии электроэнергии и материалов;
- внедрение новой техники и технологии эксплуатации и ремонта оборудования, способствующих более надежной, экономичной и безопасной работе оборудования и сооружений предприятия;
- организацию и своевременное проведение ремонта, периодических контролей и испытаний оборудования;
- внедрение прогрессивных методов ремонта;
- систематическое наблюдение за соблюдением режима работы оборудования и установок, проведение диагностических проверок работоспособности оборудования;
- наличие и своевременную проверку средств защиты и противопожарного инвентаря;
- организацию своевременного расследования отказов в работе оборудования, а также несчастных случаев, произошедших во время эксплуатации и ремонта оборудования, и, по возможности, своевременное устранение причин и последствий отказов.

Оперативный, инженерно-технический и эксплуатационно-ремонтный персонал по графику и местным инструкциям осуществляет с учетом оперативной ситуации контроль технического состояния оборудования [77].

6.1.7 Монтаж, наладка и ремонт электрических сетей и электрооборудования

Под электрооборудованием понимается вся совокупность электрооборудования и электроустановок электрического хозяйства организации. В обязанности ответственного за монтаж, наладку и эксплуатацию электрооборудования входит ряд компетенций. Это организация и осуществление:

- эксплуатации электроустановок промышленных и гражданских зданий;

- работ по выявлению неисправностей электроустановок промышленных и гражданских зданий;
- ремонта электроустановок промышленных и гражданских зданий;
- монтажа электрооборудования, силового и осветительного, промышленных и гражданских зданий с соблюдением технологической последовательности;
- наладки и испытания устройств электрооборудования промышленных и гражданских зданий;
- монтажа, испытаний воздушных и кабельных линий с соблюдением технологической последовательности;
- наладки и испытания оборудования электроустановок до и выше 1000В.

Также специалисту по монтажу, наладке и эксплуатации электрооборудования необходимо:

- участвовать в проектировании электрических сетей;
- организовывать работу производственного подразделения;
- контролировать качество выполнения электромонтажных работ;
- участвовать в расчетах основных технико-экономических показателей;
- обеспечивать соблюдение правил техники безопасности при выполнении электромонтажных и наладочных работ

В крупных организациях для этого существует целый отдел, но если у вас нет необходимости содержать целый штат электромонтажников, техников и электромонтеров, то ряд операций можно отдать на исполнение сторонним организациям (на аутсорсинг), предварительно убедившись в наличии у них лицензий, сертификатов и грамотных специалистов. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования должны производиться в полном соответствии с требованиями норм и правил, т.е. Нормативных документов.

Монтаж электрооборудования.

Монтаж и эксплуатация электрооборудования во многом зависят от требований Заказчика, при этом необходимо соблюдать требования Нормативных документов и учитывать возможности сетей. Так, например, при монтаже внутренних сетей до 1000В нужно знать, что для установки обычных светильников необходимо использовать «медные провода сечением более 0,5 внутри и 1 квадратных миллиметров вне зданий, для монтажа к сети настольных, переносных или ручных светильников нужно применять гибкие шнуры и провода с медными жилами сечением 0,75 квадратных миллиметров. В каждую групповую линию не должно входить более 20 ламп, включая светильники от штепсельных розеток». Требования для монтажа электрооборудования учтены в инструкциях и технологических картах.

Монтаж электрооборудования проводят в две стадии. Первая стадия – это подготовка трасс для кабельных силовых линий, закладка строительных конструкций для установки электрооборудования, прокладка заземляющих устройств, оборудование трасс внешних электропроводок. Как правило, монтаж электрооборудования на первой стадии завершают косметическим

ремонтom помещения – об этом следует знать и позаботиться заранее, чтобы соблюсти нормы СНиП и придать помещению эстетически привлекательный вид. Ремонт находится вне рамок компетенции электролаборатории, однако стоит отметить, что высокая загрязненность и запыленность, загазованность, пожароопасный мусор, искусственные препятствия, преграждающие путь к пожарным выходам, недостаточное освещение и вентиляция могут привести сразу к двум негативным последствиям: появлению на производстве несчастных случаев и сбоев в работе электрооборудования. Как правило, несоблюдение правила по ликвидации последствий завершения первой стадии монтажа, может привести к возникновению очагов возгорания – это наиболее частое следствие халатности собственников помещений.

Вторая стадия представляет собой выполнение сборочных работ. Цитируя документ: «установка отдельных камер или блоков из нескольких камер распределительных устройств, монтаж шинных связей, внешних электропроводок и кабелей». Монтаж электрооборудования завершается ревизией, которая производится «в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей оборудования».

Помимо прочего, монтажные работы включают в себя монтаж электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры. Важно знать, что монтаж крупных установок требует использования специально оборудованных машин: тельферов, кранов, погрузчиков и подъемников. Недопустимо использование при монтаже электрооборудования веревок, тросов, лебедок и талей, а также живой рабочей силы при установке двигателей на фундамент, если их вес превышает предельно допустимый. Также монтаж и наладка электрооборудования сопровождаются продувкой электродвигателя сжатым воздухом, снаружи его обрабатывают ветошью, смоченной в керосине или аналогичной жидкости. Замена смазки в подшипниках качения необязательна, если это не предусмотрено плановыми работами.

По рекомендациям Нормативных документов касательно монтажа электрооборудования: «Исполнение пускорегулирующих аппаратов, также, как и самих электрических машин, должно соответствовать условиям окружающей среды и может быть открытым, защищенным, каплезащищенным, брызгозащищенным, закрытым, обдуваемым и взрывозащищенным. Рубильники, переключатели, предохранители и блоки рубильник-предохранитель монтируют на распределительных щитах и силовых пунктах (шкафах). Эти аппараты устанавливают по уровню и отвесу с последующей фиксацией посредством гаек и винтов. Магнитные пускатели устанавливают вертикально по отвесу на силовых распределительных сборках, на распределительных щитах или отдельно на конструкциях, прикрепляемых к стенам или колоннам. При установке пускорегулирующие аппараты по возможности располагают так, чтобы процесс пуска и остановки электродвигателя протекал в поле зрения оператора». Таким образом, монтаж электрооборудования четко регламентирован и не допускает разночтений.

Наладка электрооборудования также предполагает контрольный пуск, который включает проверку характеристик оборудования и испытания в соответствии с требованиями Нормативных документов и инструкции Завода-изготовителя. Предваряется комплексной проверкой изоляции: механизмы должны выдерживать повышенное напряжение переменного тока в 50Гц. Контрольный пуск электрических машин проводится после установки и крепления электродвигателей. Необходимо отметить, что одной из самых часто встречающихся проблем при монтаже и эксплуатации электрооборудования является повышенная влажность изоляции. Поэтому одновременно с монтажом при необходимости рекомендуется провести сушку изоляции.

Ремонт электрооборудования и его обслуживание.

Как правило, предприятия, имеющие собственное электрическое хозяйство, относятся к организациям высокой электроопасности: этому может способствовать высокая влажность в помещениях, проводка, расположенная вовне зданий, агрессивная среда, расположенность в слишком сухом, влажном, жарком, холодном климате, высокая запыленность. Все это при эксплуатации электрооборудования может привести к повреждениям защитных покрытий и поражению током. В частности, несчастный случай может произойти при касании металлической конструкции, попадании под шаговое напряжение или при поражении статическим электричеством. Вне зависимости от того, было ли отмечено при эксплуатации электрооборудования наличие несчастных случаев или нет, электрооборудование должно быть защищено от воздействий настолько хорошо, чтобы не стать причиной несчастного случая.

Тем не менее, для снижения вероятности возникновения непосредственной угрозы человеку, при монтаже и эксплуатации электрооборудования токоведущие части располагают в местах, трудных для доступа персонала в обычном режиме функционирования предприятия устанавливают ограждения и предупреждающие надписи, системы механических и электрических блокировок, проводят профилактические разъяснительные мероприятия среди персонала. Все это входит в комплекс монтажа электрооборудования и его эксплуатации.

В частности, согласно требованиям нормативных документов по эксплуатации электрооборудования: «Электрические заряды, появляющиеся на поверхности диэлектриков и удерживающиеся на них в течение длительного времени, получили название статического электричества.

Диэлектрики могут оставаться заряженными долгое время. На предприятиях заряды статического электричества чаще всего образуются при движении ремней по шкивам, волокнистых материалов по металлическим частям машины; при перекачке по трубам некоторых жидкостей; перемещении по трубам газов; измельчении некоторых твердых веществ в мельницах, дробилках, дезинтеграторах, когда выделяется большое количество пыли; при движении порошков или пыли по воздуховодам (трубам). Возникновение и накапливание статического электричества при эксплуатации

электрооборудования может явиться причиной взрывов, пожаров или несчастных случаев. Заряды статического электричества удаляют с металлических частей оборудования, аппаратов, трубопроводов и других конструкций при помощи заземляющих устройств. Фильтры со встряхивающимися матерчатыми рукавами прошивают мелкими металлическими, хорошо заземленными сетками. Таким образом, при эксплуатации электрооборудования важно соблюдение норм и правил, утвержденных и действующих на территории конкретно взятого Предприятия или электроустановки.

Наладка электрооборудования.

Трудоемкость, сложность и временные затраты на наладку электрооборудования зависят от многих факторов и процессов. Правильность выполнения проекта, качество производимого оборудования, соответствие монтажа требованиям инструкций заводов-изготовителей и нормативных документов, качество монтажа, опыт и квалификация работников и специалистов. Все это в совокупности определяет сроки и сложность выполнения пусконаладочных работ электроустановок и электрооборудования после монтажа. Сложные электрические устройства, в первую очередь, должны соответствовать выданной на них технической документации, быть исправными и правильно спроектированными и смонтированными. В случае, если одно из этих правил не соблюдено, наладка электрооборудования не производится, и специалистами электролабораторий составляется акт, в котором указывают несоответствия в документации, факты неисправностей или несоответствия оборудования. При наладке требуется соблюдать также требования техники безопасности и требования, предъявляемые к квалификации специалистов, производящих работы. Как правило, при измерении сопротивления изоляции, например, требуются специалисты IV и III класса, работающие в бригаде, прошедшие недавнее переобучение и обязательный инструктаж. Также важно, чтобы до начала работ в электроустановке персонал электролабораторий или наладочной организации четко знал и соблюдал требования инструкций и руководств по эксплуатации на испытательное оборудование и средства измерений. Безопасность при работах с повышенным напряжением от постороннего источника включает в себя, помимо прочего, ограждение рабочего места и объекта испытаний ограждениями, ограждающими лентами и предупреждающими надписями.

В комплекс наладки электрооборудования и приведения его к эксплуатационной готовности относятся:

- проверка качества электромонтажных работ и соответствие их рабочим чертежам проекта;
- проверка установленной аппаратуры, ее настройка и регулировка; проверка состояния изоляции и заземляющих устройств;
- испытание электрооборудования и устройств управления в комплексе с другими системами в различных режимах работы, в том числе и под нагрузкой [78].

Практическое задание №1

Тема: «Диагностирование технического состояния электрических сетей и электрооборудования»

Цель работы: Формирование навыков определения и понимания диагностирования технического состояния.

Задание:

Объясните определение и виды диагностирования технического состояния электрооборудования.

Практическое задание №2

Тема: «Монтаж, наладка, ремонт электрических сетей и электрооборудования»

Цель работы: определить стадии монтажа электрооборудования.

Задание:

Назовите основной документ для монтажа и определите стадии разработки монтажных операций оборудования.

Практическое задание №3

Тема: «Контроль качества выполненных работ»

Цель работы: Научиться определять назначение и регистрации электротехнической лаборатории.

Задание для работы:

Назовите назначение электротехнической лаборатории и определите специальные документы для регистрации электротехнической лаборатории.

Контрольные вопросы к разделу:

1. Определение качества выполненных работ.
2. Контроль работ по техническим условиям на узлы и механизмы.
3. Визуальный и инструментальный контроль качества выполненных работ.
4. Осмотры, испытания, проверка, контроль технических параметров.
5. Диагностирование технического состояния электрооборудования.
6. Техническая эксплуатация оборудования.
7. Монтаж, наладка и ремонт электрооборудования.

Краткие выводы:

При изучении данного раздела обучающиеся осваивают: организацию монтажа, наладки, ремонта и эксплуатации, диагностирования технического состояния и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации электрических сетей и электрооборудования.

Заключение

Место страны на мировых рынках во многом зависит от качества выпускаемой продукции, от объемов и затрачиваемых средств. Для конкурентоспособности необходимо улучшение качества и снижения других показателей. Эти требования возможно достичь улучшением средств производства - модернизация имеющихся, проектированием и конструированием новых металлорежущих станков, отвечающим растущим требованиям.

Создание современных, точных и высокопроизводительных металлорежущих станков обуславливает повышенные требования к их основным узлам. В частности, к приводам главного движения и подач предъявляются требования: по увеличению жёсткости, повышению точности вращения валов, шпиндельных узлов. Станки должны обеспечивать возможность высокопроизводительного изготовления без ручной последующей доводки деталей, удовлетворяющих современным непрерывно возрастающим требованиям к точности.

Преимущества агрегатных станков:

- 1) короткие сроки проектирования;
- 2) простота изготовления, благодаря унификации узлов, механизмов и деталей;
- 3) высокая производительность, обусловленная многоинструментальной обработкой заготовок с нескольких сторон одновременно;
- 4) возможность многократного использования части агрегатов при смене объекта производства;
- 5) возможность обслуживания станков операторами низкой квалификации.

В результате освоения профессионального модуля у обучающихся будут сформированы компетенции по обслуживанию и ремонту электромеханических оборудования, умения и навыки необходимые для материально-технического обеспечения технологического процесса производства.

Глоссарий

Рабочее место — это зона нахождения работника и средств приложения его труда, которая определяется на основе технических и эргономических нормативов и оснащается техническими и прочими средствами, необходимыми для исполнения работником поставленной перед ним конкретной задачи.

Устав предприятия - это утвержденный в установленном порядке юридический документ, включающий свод положений и правил, касающихся правового статуса, организационной формы, структуры и устройства организации, видов деятельности, порядка отношений с юридическими и физическими лицами и государственными органами, а также определяющих права и обязанности как участников организации, так и самого юридического лица.

НИОКР - Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы — совокупность работ, направленных на получение новых знаний и практическое применение при создании нового изделия или технологии.

Электрооборудование — это совокупность электротехнических устройств и изделий, предназначенных для производства, распределения, преобразования, передачи или потребления электрической энергии.

Электрическая сеть — совокупность электроустановок, предназначенных для передачи

Правила внутреннего трудового распорядка – локальный нормативный акт, регламентирующий в соответствии с Трудовым кодексом порядок приема и увольнения работников, основные права, обязанности и ответственность сторон трудового договора, режим работы, время отдыха, применяемые к работникам меры поощрения и взыскания, а также иные вопросы регулирования трудовых отношений у данного работодателя.

Электростанция — электрическая станция, совокупность энергетических установок, оборудования и аппаратуры, используемых для преобразования природной энергии в электрическую, а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определённой территории и распределения электроэнергии от электростанции к потребителю.

Электроустановка — совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии.

Электричество — совокупность явлений, обусловленных существованием, взаимодействием и движением электрических зарядов.

Асинхронный электродвигатель — электрический двигатель переменного тока, частота вращения ротора которого не равна (в двигательном режиме меньше) частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора.

Синхронная машина — это электрическая машина переменного тока,

частота вращения ротора которой равна частоте вращения магнитного поля в воздушном зазоре.

Релейная защита — комплекс устройств, предназначенных для быстрого, автоматического (при повреждениях) выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях с целью обеспечения нормальной работы всей системы.

МикроЭВМ — ЭВМ малых размеров, созданная на базе микропроцессора.

ЭВМ (Электронно-вычислительная машина) — комплекс технических, аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматической обработки информации, вычислений, автоматического управления.

Электрический аппарат — электротехническое устройство, предназначенное для управления электрическими и неэлектрическими устройствами, а также для защиты этих устройств от режимов работы, отличных от нормального.

Баланс электроэнергии — система показателей, характеризующая соответствие потребления электроэнергии в энергосистеме (ОЭС), ее расхода на собственные нужды и потерь в электрических сетях величине выработки электроэнергии в энергосистеме (ОЭС) с учетом перетоков мощности из других энергосистем (ОЭС).

Электрическая схема — это документ, составленный в виде условных изображений или обозначений составных частей изделия, действующих при помощи электрической энергии, и их взаимосвязей.

Электрическая нагрузка - мощность, потребляемая электроустановкой в установленный момент времени.

Реактивная мощность представляет собой часть полной мощности, которая не производит работы, но необходима для создания электромагнитных полей в сердечниках магнитопроводов. Ее величина определяется конструктивными особенностями двигателей (оборудования), их режимами работы

Активная мощность — это полезная часть мощности, та часть, которая определяет прямое преобразования электрической энергии в другие необходимые виды энергии

Датчик - средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Агрегатный станок — металлорежущий станок, который состоит в основном из оптимального числа деталей (унифицированных) кинематически не связанных между собой агрегатов.

Триггер — это электронное устройство, которое предназначается для записи и хранения информации. Обычно он имеет

RS-триггер - это триггер с отдельной установкой состояний логического нуля и единицы (с отдельным запуском).

Дизъюнкция — это логическая операция, принятая в формализованных языках для образования сложных высказываний из простых и по смыслу эквивалентная нестрогому союзу «или» в естественном языке.

Магнитный пускатель — низковольтное электромагнитное (электромеханическое) комбинированное устройство распределения и управления, предназначенное для пуска электродвигателя, обеспечения его непрерывной работы, отключения питания, защиты электродвигателя и подключенных цепей, и иногда для реверсирования направления его вращения.

Распределительный щит — комплектное устройство, предназначенное для приема и распределения электрической энергии при напряжении менее 1000 В одно- и трехфазного переменного тока частотой 50—60 Гц, нечастого включения и отключения линий групповых цепей, а также для их защиты при перегрузках и коротких замыканиях.

Счётчик электрической энергии (электрический счётчик) — прибор для измерения расхода электроэнергии переменного или постоянного тока (обычно в кВт·ч или А·ч).

Программируемые логические контроллеры - (ПЛК) технические средства, используемые для автоматизации технологических процессов.

Релейная защита и автоматика (РЗА) - комплекс устройств, предназначенных для быстрого, автоматического (при повреждениях) выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях с целью обеспечения нормальной работы всей системы.

Операционный усилитель - это электронный усилитель напряжения с высоким коэффициентом усиления, имеющий дифференциальный вход и обычно один выход. Напряжение на выходе может превышать разность напряжений на входах в сотни или даже тысячи раз.

Инвертор - это генератор периодически изменяющегося напряжения, при этом форма напряжения может быть синусоидальной, приближенной к синусоидальной или импульсной. Инверторы применяют как в качестве самостоятельных устройств, так и в составе систем бесперебойного электроснабжения (UPS).

Частотный преобразователь — электронное устройство для изменения частоты электрического тока (напряжения).

Логические элементы — устройства, предназначенные для обработки информации в цифровой форме (последовательности сигналов высокого — «1» и низкого — «0» уровней в двоичной логике, последовательность «0», «1» и «2» в троичной логике, последовательностями «0», «1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», «8» и «9» в десятичной логике).

Список использованной литературы

1. Технологическое оснащение рабочих мест в аппарате управления [Электронный ресурс]: <https://works.doklad.ru/view/6t3vrWYAxNc/all.html>
2. Организация материально-технического снабжения на предприятии [Электронный ресурс]: <https://www.grin.com/document/388600>
3. Планирование на предприятии: конспект лекций для студентов экономических специальностей высших учебных заведений / В.А. Карпов, Д.В. Захарич. – Гродно: ГрГУ, 2013. – 157 с.
4. Анализ использования материальных ресурсов [Электронный ресурс]: https://www.cfin.ru/management/manufact/mat_resources.shtml
5. Повышение эффективности использования материальных ресурсов на предприятии [Электронный ресурс]: <https://nauchkor.ru/pubs/povyshenie-effektivnosti-ispolzovaniya-materialnyh-resurov-na-predpriyatii-5a402e477966e104c6a3e546>
6. Классификация электрооборудования [Электронный ресурс]: https://energetik-ltd.ru/statii/statii7/klassifikatsiya_elektrooborudovaniya
7. Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования. (Справочник), Колпачков Валерий Ильич, Ящура Александр Игнатьевич, Москва 1999
8. Организация рабочих мест [Электронный ресурс]: https://studme.org/1924070113856/bzhd/organizatsiya_rabochih_mest
9. Общие методы оценки состояния электрооборудования по результатам измерений и испытаний [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/naladka/353-obshhie-metody-ocenki-sostojaniya.html>
10. Как научиться читать и составлять электрические схемы [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/187-kak-nauchitsja-chitat-i-sostavljat.html>
11. Выбор электродвигателей для оборудования с различными типами нагрузки и режимами работы [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/elprivod/1857-vybor-jelektrodvigatelej-dlja.html>
12. Электропривод: Учебное пособие. / сост. С. В. Петухов, М.В. Кришьянис. – Архангельск: С(А)ФУ, 2015. – 303 с
13. Основные параметры электродвигателя [Электронный ресурс]: <https://agregat.me/information/elektrodvigateli/osnovnye-parametry-elektrodvigatelya>
14. Расчетные схемы механической части электропривода [Электронный ресурс]: https://studref.com/359226/tehnika/raschetnye_shemy_mehanicheskoy_chasti_elektroprivoda
15. Правила внутреннего трудового распорядка [Электронный ресурс]: <http://ds0004.stepnogorsk.aqmoedu.kz/content/pravila-vnutrennego-trudovogo-rasporyadka>
16. Инструкция по охране труда для электромонтёра по ремонту и обслуживанию электрооборудования [Электронный ресурс]:

ресурс]: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/165/145984/

17. Руководство по контролю качества электромонтажных работ [Электронный ресурс]: <http://domisemya.ru/2017/03/10/rukovodstvo-po-kontrolyu-kachestva-elektromontazhnyx-rabot/>

18. Электронный ресурс: <http://aquagroup.ru/normdocs/6557>

19. Надежность в технике. Обеспечение надежности изделий. [Электронный ресурс]: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294847/4294847530.htm>

20. Обслуживание электрооборудования. [Электронный ресурс]: <https://energiatrend.ru/news/obslyzhivanie-elektrooborudovaniya>

21. Техническое обслуживание электрооборудования [Электронный ресурс]: http://diplomka.net/publ/tekhnicheskoe_obslyzhivanie_ehlektrooborudovaniya/6-1-0-312

22. Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования [Электронный ресурс]: <http://www.gosthelp.ru/text/Proizvodstvennayaekspluat.html>

23. Техническое диагностирование оборудования [Электронный ресурс]: <http://test-spb.ru/uslugi/promyshlennaya-bezopasnost/tehnicheskoe-diagnostirovanie-oborudovaniya/>

24. Алюнов, А.Н. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения / А.Н. Алюнов. - Режим доступа: <https://online-electric.ru/theory/general.php>

25. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения АПК: метод. указания / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 54 с.

26. Электрические аппараты [Электронный ресурс]: <https://www.elektro-expo.ru/ru/ui/17139/>

27. Конструктивные особенности воздушных линий [Электронный ресурс]: <https://helpiks.org/3-82844.html>

28. Разновидности реле защиты и релейных защит [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/drugoe/171-raznovidnosti-rele-zashhity-i.html>

29. Атмосферные перенапряжения в электрических сетях [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/sety/2121-atmosfernye-perenapryazheniya-v-elektricheskikh-setyah.html>

30. Основные технические требования к электрооборудованию [Электронный ресурс]: <http://www.news.elteh.ru/arh/2001/7/07.php>

31. Электрический привод [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_привод

32. Проектирование и расчет электрического освещения [Электронный ресурс]: <https://smekni.com/a/322612/proektirovanie-i-raschet-elektricheskogo-osveshcheniya/>

33. Для чего нужна компенсация реактивной мощности [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/14-dlja-chego-nuzhna-kompensacija.html>

34. Общие принципы выбора проводов и кабелей [Электронный ресурс]: https://eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1564.html

35. Выбор сечения кабеля и провода: по нагреву, по току, по потере напряжения [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/lighting/478-vybor-sechenija-kabelja-i-provoda.html>

36. Расчет сетей по потерям напряжения [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/905-raschet-setejj-po-poterjam-naprjazhenija.html>

37. Виды трансформаторных подстанций [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/elstipod/1746-vidy-transformatornykh-podstancijj.html>

38. Основные характеристики цеховых трансформаторных подстанций [Электронный ресурс]: <https://leg.co.ua/transformatory/praktika/osnovnye-harakteristiki-cehovyh-transformatornyh-podstanciy.html>

39. Расчет заземляющего устройства [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/electrobezopasnost/912-raschet-zazemljajushhego-ustrojstva.html>

40. [Электронный ресурс]: <http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/2018/ES/Mehtiev%20i%20dr/Теория/7,1.1.html>

41. Защита от молний [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/osnovy/1270-zashhita-ot-molnijj.html>

42. Правила чтения электрических схем и чертежей [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/557-pravila-chtenija-jelektricheskikh-skhem.html>

43. Выбор коммутационных аппаратов и токоведущих частей распределительных устройств [Электронный ресурс]: <https://leg.co.ua/knigi/ucheba/vybor-kommutacionnyh-apparatov-i-tokoveduschih-chastey-raspredelitelnyh-ustroystv-11.html>

44. Расчет электрических нагрузок [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1162-raschet-jelektricheskikh-nagruzok.html>

45. Системы автоматики: системы автоматического контроля, управления и регулирования [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/automation/1482-sistemy-avtomatiki-sistemy.html>

46. Классификация систем автоматического управления [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/drugoe/1314-klassifikacija-sistem-avtomaticheskogo.html>

47. Логические элементы [Электронный ресурс]: <https://masterkit.ru/blog/lessons/urok-8-3-logicheskie-elementy>

48. Логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ и их таблицы истинности [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/electronica/1918-logicheskie-jelementy-i-ili-ne-i-ne-ili.html>

49. Датчики [Электронный ресурс]: http://www.electrolibrary.info/subscribe/sub_16_datchiki.htm

50. Электронные усилители в промышленной электронике [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/electronica/1517-jelektronnye-usiliteli-v-promyshlennoj.html>
51. Схемы включения операционных усилителей [Электронный ресурс]: <http://www.electronicblog.ru/nachinayushhim/sxemy-vklyucheniya-operacionnyr-usilitelej.html>
52. Виды и типы схем [Электронный ресурс]: https://portal.sibadi.org/pluginfile.php/5557/mod_resource/content/1/Laboratornaja_rabota_Vidy_i_tipy_skhem.pdf
53. Устройство и работа микро-ЭВМ [Электронный ресурс]: <http://drive.ispu.ru/elib/pikunov/1.html>
54. Что такое программируемый логический контроллер [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/spravochnik/1999-chto-takoe-programmiruemyy-logicheskij-kontroller.html>
55. Логические элементы [Электронный ресурс]: <https://masterkit.ru/blog/lessons/urok-8-3-logicheskie-elementy>
56. Цифровые логические элементы [Электронный ресурс]: <https://digteh.ru/digital/logic/>
57. Схемы включения датчиков [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/2057-shemy-vklyucheniya-datchikov.html>
58. Классификация, основные характеристики и параметры усилителей [Электронный ресурс]: https://electrono.ru/6-1-klassifikaciya-osnovnye-harakteristiki-i-parametry-usiliteley-fis_osn_eltron
59. Цифровые устройства: триггеры, компараторы и регистры [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/electronica/1165-cifrovyje-ustrojstva-trigery.html>
60. Управление электроприводами [Электронный ресурс]: <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektrooborudovanie-i-avtomatizaciya-selskohozyaystvennyh-agregatov-27.html>
61. Типы электропривода и его основные элементы [Электронный ресурс]: <http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/2017/ES/Bulatbaev%20i%20dr%2043/Теория/lecture2/2.1.html>
62. Обратная связь. [Электронный ресурс]: <http://www.electronicblog.ru/nachinayushhim/obratnaya-svyaz-chast-1-vidy-obratnoj-svyazi.html>
63. Аналоговые элементы и устройства управления [Электронный ресурс]: https://studref.com/354814/stroitelstvo/analogovye_elementy_ustroystva_upravleniya
64. Преобразователи электрической энергии [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1155-preobrazovateli-jelektricheskij.html>
65. Что такое следящий привод [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/elprivod/1276-chto-takoe-sledjashhij-privod.html>
66. Выбор аппаратов управления и защиты [Электронный ресурс]:

ресурс]: <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/617-vybor-apparatov-upravlenija-i-zashhity.html>

67. Схемы пуска и торможения двигателя [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/osnovy/1406-skhemy-puska-i-tormozhenija-dvigatelja.html>

68. Что такое монтажные схемы и где они применяются [Электронный ресурс]: <http://elektrik.info/main/school/1125-montazhnye-shemy.html>

69. Надежность электроприводов [Электронный ресурс]: https://studref.com/354839/stroitelstvo/nadezhnost_elektroprivodov

70. Показатели надёжности [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Показатели_надёжности

71. Методы расчета надежности электроприводов [Электронный ресурс]: https://studref.com/354840/stroitelstvo/metody_rascheta_nadezhnosti_elektroprivodov

72. Контроль качества электромонтажных работ [Электронный ресурс]: <https://pandia.ru/text/80/228/911-3.php>

73. [Электронный ресурс]: http://legacy.stu.lipetsk.ru/files/materials/9015/lection_kkim.pdf

74. Визуальный контроль в электроэнергетике [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1801-vizualnyjj-kontrol-v-jelektrojenergetike.html>

75. Классификация испытаний и испытательного оборудования [Электронный ресурс]: <https://rosakkreditatsiya-forum.ru/viewtopic.php?t=774>

76. Техническая диагностика и методы технического диагностирования [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1735-tekhnicheskaja-diagnostika-i-metody.html>

77. Организация эксплуатации электроустановок на промышленных предприятиях [Электронный ресурс]: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1068-organizacija-jekspluatacii.html>

78. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования [Электронный ресурс]: <http://www.gorod812.com/blog/montazh-naladka-i-ekspluatatsiya-elektrooborudovaniya>