МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра _____

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____
_____
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ **20____ г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование ПС 110/10 кВ в западном районе г. Алматы

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Нурсейтов М.Д. ЭЧ-13 (В)
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Черемисинов Ю.П. к.т.н доцент

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:
по экономической части:
Жакупов А.А. к.э.н., профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «16» 05 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Байзакова С.М. старший преподаватель.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «12» 05 2016 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Тергеусизова Л.А. доцент АУЭС
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «06» 06 2016 г.
(подпись)

Рецензент: Сахиева З.Б. начальник службы рег. ОДУ АО "АЛЭС"
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «_____» _____ 20___ г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электрические станции сети и системы

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Нурсеитов Максат
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проетирование ПС 110/10 кВ в западном районе г. Алматы.

утверждена приказом ректора № 165 от «20» ноября 2015 г.
Срок сдачи законченной работы «30» мая 2016 г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Летние нагрузки -
Зимнее нагрузки -
Cos φ - 0,89

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

1. Электрические нагрузки существующие сеть 110 кВ в западном районе ПС 110/10 кВ в западном районе г. Алматы.
2. Техническое решение по строительству ПС 110 кВ западном районе Алматы.
3. Расчет токов короткого замыкания
4. Выбор высоковольной аппаратуры.
5. Релейная защита и автоматика
6. Безопасность жизнедеятельности
7. Экономическая часть.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Схема электрических соединений ПС 110/10 кВ в западном районе Алматы.
2. Схема релейной защиты и автоматики подстанций.
3. Схема размещения устройств РЗА подстанций.
4. Молния защита подстанции.

Рекомендуемая основная литература

1. Рожкова Л.Д. Козулина В.С. Электрооборудования станций и подстанций - М.; Энергоатомиздат 2009 г. - 648 ст.
2. Рокотян С.С. Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических систем 4-е издание - М; Энергоатом издат 2005 г - 349 ст.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети - М; Энергоатомиздат 2009 г - 592 ст.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БНД	Тайзатова С.Т.	12.05.2016г.	
Эконом. часть	Жайсупов А.А.	18.05.2016г.	

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Сбор материалов по нагрузкам подстанции	03.03 - 07.03.16	
2.	Анализ схем нагрузок	10.03 - 20.03.16.	
3.	Расчет токов короткого замыкания.	17.03 - 20.03.16.	
4.	Выбор высоковольтной аппаратуры.	27.03 - 5.04.16.	
5.	Расчет режимов в Rastr.	7.04. - 19.04.16.	
6.	Безопасность жизнедеятельности	27.04 - 5.05.16.	
7.	Экономическая часть.	28.04 - 16.05.16.	
8.	Готовый проект.		

Дата выдачи задания «03» 03 2015 г.

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Черемисинов Ю.Г.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Нурсеитов. М.Д.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада Алматы қаласындағы 110/10 кВ «Западная» қосалқы стансасының жобалау қарастырылған. Тұтынушылардың жүктемелерінің жылдам артуына, электр энергиясының тапшылық проблемасына, энергожүйеден үлкен қуаттарды талап ететін жаңа өндірістің пайда болуына байланысты жаңа қосалқы станса жобалаудың өзектілігі туды. Жобада қосалқы стансасы жобалау үшін қажетті барлық шаралар қарастырылған.

Экономика және өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімдері орындалды.

Аннотация

В данном дипломном проекте рассматривается проектирование подстанции 110/10кв «Западная» г. Алматы. В связи с проблемой дефицита электроэнергии и быстрым увеличением нагрузок потребителей, постройкой нового жилого массива недалеко от г. Алматы назрела актуальность проектирования новой подстанции. В проекте разработаны ве мероприятия необходимые для проектирования подстанции.

Разработаны разделы экономики и безопасности жизнедеятельности человека.

Abstract

In this thesis project discusses the design of substation 110/10 kV "Zapadnaya" in Almaty. In connection with the problem of power shortage and the rapid increase in customer loads, the construction of a new residential area not far from Almaty there is a relevance of the design of the new substation. The project developed by the ve events are necessary for the design of the substation. Developed sections of the economy and security of human life.

Содержание

Введение……... 7
1 Краткая характеристика нагрузок и источников питания……... 13
1.1 Характеристика района и источников мощности…… 13
1.2 Нагрузки подстанций рассматриваемого района……. 14
1.3 Обоснование для проектирования подстанции «Западная»…….. 14
2 Выбор схемы питания подстанции «Западная»…… 15
2.1 Определение расчетных нагрузок подстанций проектируемого района…… 15
2.2 Выбор числа и мощности трансформаторов……. 16
2.3 Схема замещения сети 110кВ, подготовка данных, расчёт и анализ режимов…… 17
3 Расчёт токов короткого замыкания на шинах подстанции «Западная» и выбор основного оборудования……. 21
3.1 Подготовка данных и расчёт токов короткого замыкания…….. 21
3.2 Выбор основного оборудования на подстанции «Западная»…….. 24
3.3 Выбор измерительного оборудования……... 26
3.4 Выбор гибких шин……... 29
3.5 Выбор жестких шин…… 31
4 Безопасность и экологичность проекта…….. 36
4.1 Краткое описание проектируемого объекта……. 36
4.2 Меры безопасности при обслуживании…… 41
4.4 Оценка экологичности проекта…….. 46
4.5 Оценка чрезвычайных ситуаций…… 46
5 Экономическая часть……... 48
5.1 Сведения о проектируемой подстанции Западная……... 48
5.2 Организация предприятия и трудовые ресурсы…… 48
5.3 Финансово-экономическая оценка проекта…….. 48
5.4 Расчет экономической эффективности вложенных средств и срока окупаемости……... 50
5.5 Оказание услуг по передаче электроэнергии…… 50
5.6 Получение лицензии на покупку электроэнергии с целью ее перепродажи через торговые системы энергорынка…… 52
5.7 Показатели финансово-экономической эффективности инвестиций…… 52
Заключение……... 55
Список литературы…….. 56

Введение

Важной особенностью развития электроэнергетической системы является обеспечение надежного и бесперебойного питания потребителей. Бесперебойность электроснабжения воплощает в себе множество взаимозависимых составляющих: начиная от разработки и изготовления огромного количества разнотипного оборудования и аппаратуры, качества проектов, монтажа, наладки и до ввода в действие оборудования и доведения режима его работы до нормы.

Выбор типа, мощности, числа и мест размещения источников питания является сложной самостоятельной задачей проектирования. Эта задача решается с учетом влияния соответствующей электрической сети. Обычно уменьшение числа источников питания при снижении их стоимости приводит к утяжелению электрической сети и ее удорожанию. В некоторых случаях в связи с этим приходится вводить коррективы даже и при размещении потребителей электроэнергии.

Задачей проектирования энергосистем является разработка с учётом новейших достижений науки и техники, и технико-экономическое обоснование решений, определяющих формирование энергетических объединений и развитие электрических станций, электрических сетей и средств их эксплуатации и управления, при которых обеспечивается оптимальная надёжность снабжения потребителей электрической и тепловой энергией в необходимых размерах и требуемого качества с наименьшими затратами.

Проектирование развития энергосистем и электрических сетей осуществляется в иерархической последовательности и включает в себя выполнение комплекса вне стадийных проектных работ.

Проект развития электрических сетей выполняется в качестве самостоятельной работы, именуемой «Схемой развития электрической сети энергосистемы» (объединённой, районной, города, промышленного узла и др.), или как составная часть «Схемы развития энергосистемы».

В процессе проектирования осуществляется взаимный обмен информацией и увязка решений по развитию электрических сетей различных назначений и напряжений.

При различном составе и объёме задач, решаемых на отдельных этапах проектирования электрических сетей, указанные работы имеют следующее примерное содержание:

- анализ существующей сети рассматриваемой энергосистемы, включающей её рассмотрение с точки зрения загрузки, условий регулирования напряжения, выявления узких мест в работе;
- определение электрических нагрузок потребителей и составление балансов активной мощности по отдельным подстанциям и энергоузлам, обоснование сооружения новых подстанций;
- выбор расчётных режимов работы электростанций, и определение загрузки проектируемой электрической сети;

- электрические расчёты различных режимов работы сети и обоснование схемы построения сети на рассматриваемые расчётные уровни; проверочные расчёты статической и динамической устойчивости параллельной работы электростанций, выявление основных требований к системной противоаварийной автоматике;
- составление баланса реактивной мощности и выявление условий регулирования напряжения в сети, обоснование пунктов размещения компенсирующих устройств, их типа и мощности;
- расчёты токов короткого замыкания в проектируемой сети и установление требований к отключающей способности коммутационной аппаратуры, разработка предложений по ограничению токов короткого замыкания;
- сводные данные по намеченному объёму развития электрической сети натуральные и стоимостные показатели, очерёдность развития.

Проектирование электрической сети - задача комплексная, предполагающая решение технических и экономических вопросов применительно к исходным данным, определяемым техническим заданием на разработку проекта.

В техническом задании на проектирование обычно приводятся мощности нагрузок с указанием состава потребителей по категориям их электроснабжения, наиболее характерные суточные графики нагрузок или время использования наибольшей нагрузки в году, вторичное напряжение подстанций, их расположение относительно друг друга и возможных источников питания, указания о возможных путях дальнейшего развития сети. В процессе проектирования, на основании исходных данных, имеющихся в техническом задании, выбирается: номинальное напряжение; рациональная схема сети; сечение проводов и кабелей линий, образующих сеть; определяется мощность и число трансформаторов или автотрансформаторов на подстанциях; разрабатываются схемы их электрических соединений; оценивается необходимость установки на подстанциях источников реактивной мощности и их наиболее экономичное размещение; определяются средства регулирования напряжения.

В настоящее время в практике проектирования электрических сетей применяется метод вариантного сопоставления на основе определения приведенных затрат. Предполагаемые варианты сооружения сети могут отличаться номинальным напряжением, конфигурацией схемы, иметь разную надежность электроснабжения потребителей в тех случаях, когда это возможно. Но должны быть технически осуществимы, а также удовлетворять требованиям. Только такие варианты сети подлежат дальнейшему экономическому анализу с целью выявления наиболее рационального из них, причем критерием для оценки наиболее целесообразного варианта является минимум приведенных затрат. Если же различие в приведенных затратах сопоставляемых вариантов лежит в пределах точности задания исходных данных, то для окончательного решения принимаются во внимание дополнительные характеристики вариантов, а именно: условия, эксплуатации сети, возможность ее дальнейшего развития, наличие среди вариантов сети с более высоким номинальным напряжением, необходимые средства регулирования напряжения. Наиболее простая воз-

можность введения дополнительных средств автоматизации сети и многое другое. Технология проектирования предусматривает рассмотрение нескольких вариантов развития электрической сети и может быть представлена последовательностью следующих этапов.

Выбор схемы подстанции. При проектировании подстанции предварительно составляют схему ее электрических присоединений. Схемой электрических соединений называется чертеж, на котором показано соединение всех элементов установки, составляющие цепь передачи электрической энергии от источника к потребителю. При выборе схемы подстанции следует учитывать число присоединений, требования к надежности присоединения потребителей и обеспечения пропуска через подстанцию перетоков мощности по межсистемным и магистральным линиям электропередачи, возможности перспективного развития.

К схемам районных подстанций напряжением 110/10 кВ предъявляют следующие требования:

• схема должна обеспечивать надежное питание присоединенных потребителей в нормальном, аварийном и послеаварийном режимах в соответствии с категориями нагрузки;

• схема должна быть достаточно простой, надежной и удобной в эксплуатации,

• содержать, по возможности, простые и дешёвые коммутационные аппараты;

• число отходящих линий не должно превышать пяти-шести;

• схема подстанции должна допускать ее развитие при дальнейшем росте нагрузок потребителей.

На подстанции должен быть предусмотрен учет отпущенной потребителям электрической энергии.

Выбор трансформаторов новой подстанции. На подстанциях высокое напряжение питающих линий понижается до более низкого напряжения, при котором электроэнергия распределяется потребителям. Поэтому основным оборудованием подстанции является силовой трансформатор (трансформаторы предназначены для повышения напряжения (на электростанциях), повышения и понижения напряжения при передаче и распределении электрической энергии потребителям). Кроме того, в состав подстанции входят распределительные устройства первичного и вторичного напряжения, устройства управления, сигнализации и защиты.

В общем случае выбор количества трансформаторов на подстанции определяется составом потребителей, мощностью их нагрузки, количеством номинальных напряжений. Однако, как правило, в обычных условиях на подстанциях предусмотрена установка двух трансформаторов. При этом предполагается, что при аварийном выходе одного трансформатора, оставшийся будет обеспечивать нормальную нагрузку подстанции с учетом допустимой перегрузки. Мощность каждого трансформатора на двух трансформаторной подстанции выбирают следующим образом:

Определяют

$$S_{тр}=(0,65+0,7)\cdot S_{пс} \quad (1.1)$$

Где $S_{тр}$ - мощность одного трансформатора, МВА;

$S_{пс}$ - максимальная мощность, проходящая через оба трансформатора, МВ·А.

Мощность трансформаторов на подстанции в нормальных условиях обеспечивает питание электрической энергией всех потребителей, подключенных к данной подстанции. При выборе трансформаторов на проектируемой подстанции следует учитывать перегрузочную способность трансформаторов при работе в аварийном режиме.

Выбор сечений проводов новых линий электропередачи. Основными исходными данными для проектирования линии являются передаваемая мощность, дальность передачи, топографические, геологические и климатические условия в районе прохождения линии.

При проектировании учитываются также требования ПУЭ к конструктивным элементам воздушной линии для каждого режима работы, а также требования к линиям в зависимости от местностей с различной плотностью населения.

При расчете и выборе конструкций ВЛ учитывают климатические условия, определяющие воздействия на ВЛ ветра, температуры, атмосферных осадков, гололеда, грозы. Для линий различных напряжений предусмотрены различные расчетные климатические условия, то есть сочетания внешних атмосферных нагрузок (ветра и гололеда) на элементы линии.

При проектировании ВЛ делают расчет на механическую прочность, чтобы линия могла выдерживать перегрузки от ветра и гололеда но в то же время учитывают необходимость экономии и то обстоятельство, что наибольшие перегрузки случаются не каждый год.

Расстояние между опорами выбирают так, чтобы стоимость линии была наименьшей.

Для линий электропередачи в основном применяются сталеалюминевые провода марок АС, отличающиеся друг от друга различным отношением сечений алюминиевой и стальной частей.

По условию механической прочности на линиях выше 1000 В применяются исключительно многопроволочные провода.

Сечение проводов новых линий электропередач определяется по экономическим интервалам.

Проверка провода по длительной допустимой токовой нагрузке.

В условиях такой проверки максимальные рабочие токи линии сопоставляют с допустимыми токами на нагрев для проводников, выбранных предварительно по условиям экономической эффективности.

При выводе из строя одной цепи линии, по оставшейся в работе цепи должна передаваться прежняя мощность, то есть ток линии увеличивается в два раза по сравнению с нормальным режимом:

$$I_{р.м.}=2I_{тах}. \quad (1.2)$$

Выбранное сечение считается удовлетворяющим условиям нагрева в установившемся режиме работы, если удовлетворяется условие:

$$I_{р.м}\geq 1_{доп}. \quad (1.3)$$

Расчёт режимов электрической сети

Режим энергосистемы в самом общем виде определяется как совокупность условий, в которых происходит процесс производства, преобразования, распределения и потребления электроэнергии. Энергосистема представляет собой большое число различных, но взаимосвязанных единством производственного процесса элементов, находящихся в том или ином состоянии, каждый из которых влияет на режим энергосистемы в целом.

Основной целью расчетов режимов при проектировании электрических сетей является определение их параметров, характеризующих условия в которых работают оборудование сетей и ее потребители, а также определение потерь напряжения. Результаты расчетов режимов сетей являются основой для оценки качества электроэнергии, выдаваемой потребителям, допустимости рассматриваемых режимов с точки зрения работы оборудования сети, а также выявления оптимальных условий энергоснабжения потребителей.

Исходными данными при расчетах режимов электрической сети являются известные мощности потребительских подстанций, величины напряжения источников питания или подстанций систем, получающих энергию по электрическим сетям от электростанций, а также параметры и взаимосвязь элементов сетей, на основе которых составляется расчетная схема замещения.

Результаты расчетов режимов сетей являются основной документацией для выявления допустимости рассматриваемых режимов, оценки качества электроэнергии, выдаваемой потребителям, выявление наилучших условий функционирования систем.

Режим подстанции в основном определяется значениями суммарной активной и реактивной мощности, напряжением и частотой на сборных шинах подстанции, которые взаимосвязаны как с режимом работы энергосистемы, так и работой самой подстанции.

Расчеты режимов являются одним из самых распространенных и регулярно выполняемых расчетов при проектировании и эксплуатации электрических систем. При этом в качестве исходных данных в большинстве случаев используются:

- схемы сети и параметры элементов;
- активные и реактивные мощности нагрузок;

- активные и реактивные мощности станций;
- модуль и аргумент напряжения в одном из узлов, который называется базисным.

Режим энергосистемы задается по узловым точкам, основным параметрам системы. В разработку режима энергосистемы входит: обеспечение нормальных параметров частоты и напряжения, установление величины и характера ожидаемого потребления энергии и максимума нагрузки, распределение нагрузок между подстанциями энергосистемы с соблюдением экономичности и надежности, установление и распределение резерва мощности и т.д., разработка режима энергосистемы, установление и проверка надежности схемы электрических соединений, расчеты для наиболее характерных периодов, потокораспределения их в энергосистеме и уровней напряжения в узловых точках, расчет динамической и статической устойчивости и т.д.

1 Краткая характеристика нагрузок и источников питания

1.1 Характеристика района и источников мощности

Алматы - южный город Казахстана. Климат резко континентальный. Зима холодная, средняя температура минус 5-10°С. Осень и весна прохладные, средняя температура 20°С. Лето жаркое, средняя температура 35-37°С. Алматинская область расположена в предгорьях Алатау. Территория в основном гористая, средняя высота 500-700 м. На этот административно-финансовый город приходится основная доля производственного потенциала региона. За последние годы город активно преображается, и во многом благодаря стремительному развитию предпринимательства во всей Алматинской области.

Основными производителями электроэнергии в Южно-Казахстанской области являются:

- Алматинская ТЭЦ-1 - 160 МВт
- Алматинская ТЭЦ-2 - 300 МВт
- Алматинская ТЭЦ-3 - 260 МВт
- Капчагайская ГЭС - 100 МВт
- Каскад ГЭС - 20 МВт

В 2015 году на электростанциях было выработано 1064,3 млн. кВт·ч, что позволило покрыть 43,3 % от суммарной потребности области.

На 01.01.2016 г. в г. Алматы, по данным управления статистики, проживало 1526,1 тыс. человек. Приток населения в Алматинскую область, а особенно в г. Алматы, происходит постоянно за счет переселения казахов (оралманов) на свою этническую Родину и приезда жителей других регионов.

В настоящее время в г. Алматы намечено строительство нескольких новых жилых комплексных массивов.

Кроме того, в г. Алматы промышленное производство к 2020 году возрастет в 2 раза, за счет восстановления ее потенциала, утраченного в результате спада производства и остановки ряда предприятий строительной отрасли и машиностроительного комплекса, легкой и пищевой промышленности.

К 2015 году произойдет значительный рост потребления электроэнергии.

Передача электроэнергии по г. Алматы осуществляется по электрическим сетям напряжением 220, 110, 35, 10 и 0,38 кВ.

Техническое состояние линий электропередачи определяется продолжительностью эксплуатации их конструктивными особенностями (материал стоек опор) и зависит от повреждаемости таких элементов, как стойки опор, траверсы, подвесная арматура, изоляторы, провода, трос, заземляющие устройства. Повреждение этих элементов происходит в результате внешних воздействий при превышении расчетных условий эксплуатации, определенных проектом, по скоростному напору ветра, гололедным отложениям, загрязненности атмосферы, агрессивности грунтов.

1.2 Нагрузки подстанций рассматриваемого района

При развитии сети и роста нагрузок расматриваемого района необходимо знать существующие и перспективные нагрузки. Нагрузки подстанций сведем в таблицу 1.

Таблица 1 - Нагрузка подстанций

Номера узлов	Название	Расчетная нагрузка подстанций		Перспективная нагрузка подстанций	
		P, МВт	Q, Мвар	P, МВт	Q, Мвар
1	«Бозарык»	30	12	35	20
2	«Новостройка 1»	30	18	35	22
3	«Новостройка 2»	20	14	25	18
4	«Западная»	70	55	75	60

1.3 Обоснование для проектирования подстанции «Западная»

Для электроснабжения жилого массива и других потребителей округа 34 в юго-восточной части города предусматривается сооружение ПС 110/10 кВ «Западная» в закрытом исполнении по схеме 110-4Н (два блока с элегазовыми выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий) с трансформаторами мощностью 2х25 МВА. Присоединение ПС рекомендуется ответвлениями от ВЛ 220 кВ п/с Бозарык – Западная.

2 Выбор схемы питания подстанции «Западная»

Проектируемая сеть насчитывает 3 подстанции, с номинальным напряжением 110 кв. Эти подстанции связываются между собой линиями электропередачи соответствующих напряжений таким образом, чтобы каждая подстанция получала электроэнергию либо от двух независимых источников (или подстанций), либо по двухцепной ЛЭП, запитанной от двух секций шин ПС110кВ «Западная».

Число часов использования максимума нагрузок составляет в среднем по региону.

T_{max} = 2000 часов

Основной состав потребителей электроэнергии:

а) жилой массив

б) зоны отдыха, дачные массивы

в) коммунально-бытовые потребители

г) прочие

Автоматическое управление в функции пути, часто называемое путевой автоматикой, – наиболее распространенная форма электрической автоматизации литейных машин, так как в. большинстве случаев требуется управлять взаимными перемещениями механизмов машины или линии.

Основным элементом путевой автоматики является путевой переключатель, представляющий собой электрический аппарат, фиксирующий определенное положение движущегося элемента машины и вырабатывающий сигнал. Путевые переключатели, фиксирующие конечное положение механизмов, называются конечными выключателями. Часто это название распространяют на все путевые переключатели.

В простейшем случае путевым переключателем может служить кнопочный элемент (см. рис. 32), у которого пусковая кнопка заменена нажимным штоком. При перемещении подвижного элемента машины закрепленный на нем кулачок или упор нажимает на шток переключателя, осуществляя замыкание или размыкание его контактов.

Контактный путевой переключатель выдает сигнал о положении механизма машины в виде замыкания или размыкания своих контактов.

Скорость размыкания контактов путевого переключателя рассматриваемого типа определяется скоростью перемещения механизма и обычно невелика. Поэтому при работе переключателя, особенно в условиях повышенной запыленности литейных цехов, возникает значительное искрение между контактами, приводящее к быстрому их подгоранию. Вследствие этого такие путевые переключатели (типа ВК-Ш, ВК-143, ВК-411) для автоматизации литейных машин применяются крайне редко.

Для управления литейными машинами используют путевые переключатели с механизмами мгновенного действия (типа ВК-211, ВК-31А), скорость размыкания контактов которых не зависит от скорости перемещения механизмов машины. В таком переключателе рычаг 2 соединен с поводком 4 через

пружину 3 (рис. 45). При нажиме кулачка на ролик 1 и определенном угле поворота поводка 4 защелка 6 освобождается, и планка 7 под действием пружины 10 ролика 9 быстро перебрасывается, переключая контакты. После освобождения ролика 1 переключатель возвращается в исходное положение под действием пружины 5. Если убрать пружину 5, то переключатель будет зафиксирован в другом положении защелкой 8. Пружина 3 позволяет повернуться рычагу 2 на угол, значительно больший, чем требуется для переключения контактов.

Довольно часто применяются также малогабаритные путевые переключатели (микропереключатели) типа МП, имеющие механизм мгновенного действия. Переключатели МП-1 и МП-2 выпускаются в пластмассовом, а МП-3 в металлическом корпусе. Они отличаются малым перемещением нажимного штока и незначительным усилием, необходимым для их срабатывания, – всего 5…7 Н (0,5…0,7 кгс).

К путевым переключателям, используемым для автоматизации литейных машин и линий, предъявляются особенно высокие требования в отношении надежности и срока службы. Из-за износа механической части и контактных элементов в условиях повышенной запыленности литейных цехов при высокой частоте срабатывания все рассмотренные переключатели становятся недостаточно надежными. Поэтому для автоматизации литейных машин и линий все большее применение находят бесконтактные путевые переключатели: индуктивные, трансформаторные, генераторные и др.

Принцип действия индуктивного путевого переключателя основан на изменении величины магнитного сопротивления его магнитопровода при перемещении якоря относительно неподвижного сердечника. В дроссельном путевом переключателе (рис. 46,а), следовательно, ток в нагрузке Rн будет определяться положением якоря 1 относительно неподвижного сердечника 2. Перепад тока на выходе переключателя (в нагрузке Rн) при замыкании и размыкании магнитопровода можно использовать как выходной сигнал для переключения цепей управления. Для увеличения перепада тока в нагрузке $R_н$ (повышения релейности выходной характеристики) дроссельного путевого переключателя параллельно его обмотке подключают конденсатор С. Образующийся колебательный контур настраивают в резонанс при разомкнутом магнитопроводе переключателя.

В результате резонанса токов проводимость контура и ток в нагрузке становятся минимальными. При замыкании магнитопровода индуктивность дросселя резко возрастает, резонансная частота контура изменяется и ток в нагрузке переключателя резко возрастает.

Недостатком такого путевого переключателя является значительная зависимость выходного сигнала от напряжения питания.

Более стабильным является индуктивный мостовой переключатель (рис. 46,в), в котором два плеча моста образованы дросселями, а два – резисторами R1 и R2. В исходном положении мост сбалансирован и ток в нагрузке RH отсутствует. При изменении положения якоря 1 относительно неподвижных

сердечников 2 изменится индуктивное сопротивление плеч моста, вследствие чего в нагрузке Rн потечет ток.

В отличие от индуктивных трансформаторный переключатель имеет две обмотки на одном сердечнике (рис. 46,б).

При разомкнутом магнитопроводе магнитный поток, проходящий через вторичную обмотку, мал, а поэтому напряжение на выходе и ток в нагрузке RH малы. При замыкании магнитопровода практически весь магнитный поток, создаваемый первичной обмоткой, проходит через вторичную обмотку. Напряжение на выходе и ток в нагрузке резко возрастают.

Дроссельные и трансформаторные переключатели могут быть выполнены с неподвижным сердечником, смонтированным на станине машины, и якорем, установленным на подвижном элементе машины. Дроссельные и мостовые переключатели выполняются с расположением якоря и сердечника в общем корпусе (от обычных контактных выключателей). В таких переключателях (ВИ-1, ВИ-2, ВИ-5, ВИ-6, БИКВ-1, БИКВ-2) якорь перемещается с помощью кулачков или упоров, укрепленных на подвижных элементах машин и воздействующих на шток или рычажную систему переключателя.

В генераторных путевых переключателях используется скачкообразное изменение постоянной составляющей тока генератора при срыве колебаний. Один из переключателей БВК-24 представляет собой релаксационный генератор с трансформаторной обратной связью на транзисторе Т1 типа П4Д (рис. 47, а).

Колебательный контур Lк – С3 включен в коллекторную цепь, а обмотки положительной Lпс и отрицательной Lос обратной связи – в цепь базы транзистора. Обмотки Lк, Lпс и Lос расположены в двух броневых ферритовых сердечниках типа СБН-28 (рис.47, б).

При такой магнитной системе рабочий поток, замыкающийся через обмотку отрицательной обратной связи Lос, и потоки рассеивания сосредоточены главным образом в зазоре между сердечниками, что исключает влияние внешних магнитных полей. В зазор между сердечниками может входить алюминиевый экран (флажок) толщиной 3 мм. Результирующая связь между обмотками Lк, Lпс и Lос при отсутствии экрана в зазоре меньше критической, а потому самовозбуждение генератора невозможно. При введении в зазор экрана связь между контурной обмоткой Lк и обмоткой отрицательной обратной связи Lос уменьшается, а результирующая связь коллекторной цепи с цепью базы становится выше критической и транзистор переходит в режим генерации. При этом ток базовой цепи открывает коллекторный переход, в результате чего постоянная составляющая коллекторного тока резко возрастает (примерно от 2 до 70 мА).

Момент самовозбуждения генератора при введении экрана в зазор между сердечниками определяется положением рабочей точки на характеристике триода при отсутствии генерации, т. е. режимом транзистора по постоянному току.

Для температурной стабилизации режима транзистора в цепь его эмиттера включен диод Д3, создающий нелинейную обратную связь по току. Такая связь позволяет значительно уменьшить начальное и повысить установившееся (при генерации) значение коллекторного тока триода, а также уменьшить влияние разброса его параметров. Диод Д3 шунтирован конденсатором С2, исключающим обратную связь по переменному току.

Благодаря применению нелинейного делителя напряжения, состоящего из резистора R1 и термистора R2, шунтованного диодом Д2 (типа Д7Г), достигается почти полная стабилизация режима транзистора при температурах от –10 до +45°С и напряжении питания 22…36 в. Диод Д2, рабочая точка которого лежит в области прямой проводимости, выполняет функции стабилизатора напряжения при низких температурах. Термистор R2 стабилизирует режим транзистора при повышенных температурах.

С помощью развязывающего конденсатора С4 фильтруется переменная составляющая тока нагрузки. Диод Д1 защищает транзистор Т1 от пробоя при неправильной полярности питающего напряжения.

Рассмотренный путевой переключатель может питаться от двухполупериодного выпрямителя без сглаживающего фильтра и имеет точность срабатывания 1,0 …1,3 мм. Переключатель выполняют в капроновом корпусе (рис. 47,в) и крепят на неподвижном элементе машины. Экран укрепляют на подвижном узле машины.

Бесконтактные путевые переключатели предназначены главным образом для работы в бесконтактных системах управления, где они включены через специальные согласующие устройства.

Однако их можно использовать и в релейю-контакторных системах управления. Нагрузкой всех рассмотренных бесконтактных переключателей в этом случае являются промежуточные реле, которые подключают непосредственно к выходу рассмотренных устройств (вместо показанных на схемах сопротивлений нагрузки RH).

Простейшие схемы включения электромагнита Эм (или любого другого электрического аппарата) в определенном положении механизма, выполненные на контактном ВК1 и бесконтактных БВК. путевых переключателях, приведены на рис. 48. При использовании бесконтактных путевых переключателей количество релейно-контакторной аппаратуры возрастает. Кроме того, при замене контактных переключателей бесконтактными изменяется напряжение питания схемы управления, что требует замены всей аппаратуры или введения специального источника питания бесконтактных путевых переключателей и их реле. Однако вследствие более высокой надежности бесконтактных путевых переключателей общая надежность системы управления повышается.

Кроме непосредственного включения электрических аппаратов путевые переключатели выполняют различные защитные функции (блокировки) по взаимному перемещению и расположению механизмов машины. Они выдают сигнал на разрешение или запрещение движения одного механизма машины в

зависимости от положения других, т. е. осуществляют заданную последовательность движения механизмов.

Поясним сказанное выше на примере скипового подъемника полуавтоматического дробеметного барабана типа 323 (рис. 49, а). Двери 2 барабана 1 открываются двумя пневматическими цилиндрами 3 и 4. О готовности барабана к загрузке (двери подняты) подает сигнал конечный выключатель ВКЗ. Короб 6 скипового подъемника 5 приводится в движение электродвигателем 7 через редуктор, канатный барабан и трос. Нижнее положение короба фиксируется конечным выключателем ВК.2, а верхнее – конечным выключателем ВК1.

Электрическая схема управления подъемником (рис. 49,б), часть общей электросхемы барабана, обеспечивает наладочный и автоматический режим работы подъемника. В наладочном режиме работы (переключатель режимов В в положении Н) управление подъемником осуществляется с помощью кнопок КнП1 («Подъем»), КнП2 («Опускание») и КнС («Общий стоп»).

При открытых дверях барабана (нормально открытые контакты путевого переключателя ВКЗ замкнуты) нажатием кнопки КнП1 включается на самопитание обмотка контактора К1.

Одновременно с двигателем включается обмотка Эм электромеханического тормоза, и короб начинает движение вверх.

В крайнем верхнем положении он действует на конечный выключатель ВК1, разрывая цепь питания обмотки контактора К1. Двигатель автоматически отключается от сети, а короб удерживается в верхнем положении электромеханическим тормозом. Опускается короб после нажатия кнопки КнП2.

В крайнем нижнем положении короба двигатель автоматически отключается конечным выключателем ВК2. С помощью кнопки КнС короб может быть остановлен в любом промежуточном положении как при ходе вверх, так и при ходе вниз.

При полуавтоматическом режиме работы барабана (переключатель В в положении ПА) команда на начало загрузки подается каким-либо другим аппаратом управления, замыкающим свой нормально открытый контакт У-1.

После того как короб поднимется в верхнее положение, он должен задерживаться на некоторое время, с тем чтобы отливки успели высыпаться. Если бы это требование не ставилось, то второй управляющий контакт У-2 в схеме можно было бы заменить нормально открытым контактом конечного выключателя ВК1, шунтировав его нормально открытым контактом контактора К2.

В верхнем положении короба двигатель этим контактом был бы автоматически переключен на реверс. Цикл работы подъемника закончился бы в нижнем положении короба отключением двигателя конечным выключателем ВК2.

Задержку короба в верхнем положении можно осуществить, например, с помощью реле времени (см. гл. IV, § 4).

Управление рассмотренным дробеметным очистным барабаном типа 323 осуществляется с помощью командоэлектроаппарата (см. гл. IV, § 5), которому и принадлежат показанные на рис. 49, б контакты У-1 и У-2. В системе управления скиповым подъемником используются обычные контактные конечные выключатели, которые можно заменить бесконтактными (например, типа БВК-24). В схеме управления (рис. 49,б) в этом случае контакты конечных выключателей следует заменить соответствующими контактами промежуточных реле и ввести дополнительно цепь питания бесконтактных конечных выключателей (см. рис. 48).

Схемы путевой автоматики (и вообще рефлексные схемы управления) составляют в следующем порядке. По кинематической схеме и циклограмме работы машины намечают аппараты, выдающие сигналы на начало, окончание, запрещение или разрешение движений ее механизмов. Расположение путевых переключателей наносят на кинематическую схему, а аппараты, выдающие сигналы на начало и окончание движения механизмов (или начало и окончание операций технологического процесса), отмечают на циклограмме или тактограмме работы машины. Дополнительно составляют таблицу или диаграмму состояний выбранных аппаратов (таблицу блокировок). Такие циклограммы и таблицы необходимы также для изучения работы схем управления. Для рассмотренного примера циклограмма работы подъемника и диаграмма состояний конечных выключателей приведены на рис. 49,б.

Далее по кинематической схеме, циклограмме и диаграмме работы аппаратов составляют цепи управления каждым движением механизма или операцией, которые затем объединяют. Полученную схему тщательно проверяют на наличие ложных цепей. В нее вводят необходимые дополнительные элементы защиты (например, элементы тепловой защиты и взаимную блокировку контакторов в рассмотренной схеме) и сигнализации.

Автоматическое управление в функции пути двигателями литейных машин применяется относительно не часто. Оно используется для управления приводами скиповых подъемников барабанов и вагранок, тележками заливочных желобов центробежных машин, длинноходовыми тележками формовочных линий, приводными рольгангами, кантователями крупных форм (опок) и стержневых ящиков и некоторыми другими машинами. Однако электрическая путевая автоматика является наиболее распространенным видом автоматизации литейных машин и линий, имеющих пневматический и гидравлический привод. На современной автоматической формовочной линии устанавливается не менее 70…100 конечных выключателей. Как правило, почти в любой машине электрическая путевая автоматика сочетается с другими видами управления.

Непосредственный контроль окончания многих технологических процессов в литейном производстве связан с рядом затруднений. В предыдущем параграфе, например, переключение на опускание скипового подъемника необходимо было провести после опорожнения загрузочного короба. Но непосредственно проконтролировать окончание разгрузки короба (без участия

оператора) затруднительно, поэтому приходится прибегать к косвенным методам контроля (например, по весу короба или по времени разгрузки). Практически не представляется возможным прямыми методами зафиксировать достаточную степень равномерности распределения составляющих формовочной смеси при ее приготовлении в смесителе, достижение заданной прочности оболочки, нанесенной на выпрямляемую модель, при сушке, окончание кристаллизации металла в изложнице центробежной машины, требуемое качество очистки отливок при дробеметной очистке и т. д. Поэтому такие технологические процессы и операции обычно контролируются по времени, а управление машинами, на которых они осуществляются, ведется в функции времени. Так как все операции протекают во времени, то в функции времени можно управлять любыми машинами и механизмами.

Основным аппаратом автоматического управления в функции времени является реле времени – аппарат, выдающий собственный сигнал через определенный, заранее установленный промежуток времени после поступления сигнала на его вход. Основным элементом реле является устройство для задержки прохождения сигнала. В зависимости от принципа задержки сигнала все реле времени можно разделить на следующие типы: электромагнитные постоянного тока, механические (маятниковые) с часовым механизмом, пневматические, электронные, моторные.

Принцип действия электромагнитного реле времени постоянного тока основан на замедлении нарастания магнитного потока при включении и увеличении времени спадания тока при выключении. Обычно это достигается за счет короткозамкнутых витков на сердечнике реле (рис. 50).

Сердечник 1 реле, выполненный из круглой стали, залит в алюминиевом основании 7, которое поэтому является дополнительным короткозамкнутым витком. На круглых кернах сердечника размещены обмотка 3 и дополнительные витки 4 и 5 в виде медных гильз. Конструктивно гильзы выполнены из нескольких частей – несъемных, расположенных у основания сердечника, и съемных, установленных на кернах сердечника. При необходимости получения малых выдержек съемные части гильз можно не устанавливать. На поворачивающемся на призме якоре 2 закреплена контактная пластина, осуществляющая переключение контактов 6. Плавная регулировка времени выдержки обеспечивается изменением натяжения пружины 9 винтом с регулировочной гайкой 8. С помощью электромагнитных реле получают выдержки 0,25…5 с. В специальных реле возможно получение выдержек до 10 с.

В реле времени с механическим замедлением (маятниковых) выдержка времени осуществляется с помощью часового механизма. Реле такого типа обеспечивают выдержку до 1 мин (иногда даже более 1 мин). Маятниковые реле разового действия (без самовозврата) обеспечивают выдержку до нескольких суток.

Ввиду значительного износа в условиях повышенной запыленности маятниковые реле для управления литейными машинами применяются редко.

Принцип действия пневматических реле основан на фиксировании времени заполнения емкости определенного объема через канал малого сечения. Время выдержки регулируется изменением проходного сечения канала и обычно не превышает 180 с.

Для задержки сигнала в электронных реле времени используется время зарядки или разрядки конденсатора. Электронные реле времени обеспечивают выдержки 15 с…10 мин, они могут быть контактными и бесконтактными. Реле не имеют механически изнашивающихся деталей, допускают большое число включений, а поэтому довольно широко применяются для автоматизации литейных машин.

Моторные реле основаны на фиксировании угла поворота вала синхронным двигателем через промежуточный механизм с большим замедлением. Они могут обеспечивать выдержку времени до 24 ч.

Ранее указывалось, что задержку короба скипового подъемника для выгрузки отливок (см. рис. 49) можно осуществить с помощью реле времени. Два варианта цепей управления скиповым подъемником в полуавтоматическом режиме работы барабана приведены на рис. 51. В первом варианте (рис. 51, а) используется реле времени, имеющее нормально открытые контакты с выдержкой при закрывании. Включение двигателя на подъем осуществляется, как и в рассмотренной выше схеме.

При достижении коробом крайнего верхнего положения конечный выключатель ВК1 разрывает цепь питания обмотки контактора К1, двигатель отключается от сети и тормозится электромеханическим тормозом. Одновременно конечный выключатель ВК1 своим нормально открытым контактом включает цепь питания обмотки РВ реле времени. По истечении заданного времени реле замыкает свой нормально открытый контакт РВ в цепи обмотки контактора К2. Двигатель переключается на реверс и в крайнем нижнем положении короба отключается конечным выключателем ВК.2.

При ходе вниз освобождается конечный выключатель ВК1, отключая реле времени и подготавливая его к новому циклу. Для предотвращения отключения цепи управления опусканием короба при отключении реле времени его контакт РВ шунтирован блокировочным контактом контактора К2.

В рассмотренной схеме могут быть использованы все приведенные выше реле времени, за исключением электромагнитных, которые обычно дают выдержку при отпускании якоря (отключении питания обмотки реле).

Схема тех же цепей управления с использованием электромагнитного реле времени постоянного тока приведена на рис. 51,б. При включении контактора К1 он своим нормально открытым контактом замыкает цепь питания обмотки РВ реле времени, подготовляя его к работе. Контакт РВ реле времени в цепи управления опусканием короба оказывается разомкнутым. В крайнем верхнем положении короба разрывается цепь питания обмотки РВ реле времени (контакт К1), и оно начинает отсчитывать выдержку. По истечении заданного времени контакт реле РВ замыкается, включая двигатель на опускание короба. В нижнем положении двигатель отключается конечным выключа-

телем ВК2. В данной схеме шунтировать контакт реле РВ блокировочным контактом контактора К2 нет необходимости, так как он закрыт до начала следующего цикла. Так как электромагнитные реле питаются постоянным током, то в цепь его обмотки включен выпрямительный диод Д1.

Управление в функции времени несколькими механизмами рассмотрим на примере трех вибрационных питателей (см. рис. 18). Пусть требуется включать питатели последовательно один за другим на работу в течение определенного времени. Для простоты будем считать, что обмотки вибраторов и цепи управления подключены к общему источнику тока.

Пуск осуществляется нажатием кнопки КнП (рис. 52). При этом срабатывает промежуточное реле РП, подавая напряжение к цепям управления. Включается обмотка вибратора ОВI, а реле времени РВ1 начинает отсчитывать время. По истечении заданного времени реле РВ1 своим нормально закрытым контактом отключает обмотку вибратора ОВ1, а нормально открытым контактом включает обмотку второго вибратора ОВ2 и реле времени РВ2.

Срабатывая, реле времени РВ2 отключает обмотку вибратора ОВ2 и включает обмотку вибратора ОВЗ и реле времени РВЗ. До конца цикла обмотки всех трех реле времени остаются под напряжением. По истечении заданного времени работы третьего питателя реле времени РВЗ разрывает цепь обмотки промежуточного реле РП, вся схема отключается и приходит в исходное положение.

В отличие от рефлексных систем управления (систем с гибкими связями) рассмотренное выше управление тремя вибрационными питателями было жестким, т. е. вибраторы включались и отключались в определенное, заранее заданное время или, другими словами, по заранее заданной программе.

Носителями информации о заданной последовательности и параметрах рабочего цикла машины (или программы) могут быть различные устройства (копиры и шаблоны, командоаппараты, штекерные панели, магнитные записи, перфокарты и т. д.). Наибольшее применение в литейном производстве нашли программные реле и командоаппараты.

Используемые в приведенном выше примере три реле можно объединить в одном аппарате. В многоцепном моторном реле времени имеется, например, несколько кулачков и контактных групп. Положение кулачков на барабане, вращаемом синхронным электродвигателем, можно регулировать. Характерной особенностью многоцепного реле времени является удержание им контактов в переключенном положении до конца цикла и автоматическое возвращение кулачкового вала в исходное положение.

Довольно просто программное реле можно получить последовательным включением электронных реле времени. Практически электронные программные реле (программаторы) состоят из нескольких ламповых каскадов с разрядными конденсаторами, включенных последовательно, так что после отсчета выдержки одним каскадом автоматически начинается отсчет выдержки другим каскадом.

Сходным по конструкции с многоцепным реле времени является кулачковый командоаппарат – устройство, вырабатывающее и выдающее через определенное время и в заданной последовательности сигналы на включение и отключение цепей управления (рис. 53). В кулачковом командоаппарате вал синхронного электродвигателя 1 через редуктор 2 с регулируемым передаточным отношением соединен с валом 3, на котором закреплены и могут переставляться кулачки 5 и 6, включающие и отключающие контакты командоэлектроаппарата КЭП-1, КЭП-2, КЭП-3 и т. д.

Контакты аппарата имеют механизмы мгновенного действия 7. Один контакт аппарата (КЭП-3) имеет дополнительный привод от электромагнита 4 и используется для управления работой КЭП. Этот контакт включается в начале цикла электромагнитом и отключается в конце цикла кулачком, установленным на валу 3.

Время цикла, которым управляет КЭП, равно времени одного оборота кулачкового вала и регулируется изменением передаточного отношения редуктора 2. Начало и окончание операций внутри цикла регулируется перестановкой включающих и отключающих кулачков 5 и 6.

При составлении схем управления с командоаппаратами на циклограмме работы машины отмечают, какими операциями или движениями управляют контакты аппарата. Длительность замыкания контактов КЭП выбирают несколько большей длительности операций, чтобы иметь уверенность в завершении всех операций.

В качестве примера рассмотрим схему управления двумя электромагнитами по заданной циклограмме, приведенную на рис. 54.

В схеме предусмотрены три режима работы: наладочный (положение I переключателя режимов В1), полуавтоматический (положение II) и автоматический (положение III).

В автоматическом режиме при нажатии кнопки КнП1 в цепи подготовки пуска двигатель командоаппарата КЭП-М подключается к сети блокировочным контактом РП3 промежуточного реле (рис. 54, а). В соответствии с циклограммой (рис. 54,б) замыкаются и размыкаются контакты КЭП-1, КЭП-2, включая и отключая промежуточные реле РП1 и РП2. Последние включают и отключают электромагниты Эм1 и Эм2.

При работе в полуавтоматическом режиме после включения цепи подготовки пуска двигатель командоаппарата КЭП-М включиться не может, так как контакт КЭП-3 разомкнут. При нажатии на кнопку пуска КнП2 в полуавтоматическом режиме срабатывает электромагнит КЭП-Эм, подключая контактом КЭП-3 двигатель КЭП-М к сети (отключение электромагнита КЭП-Эм при отпускании кнопки КнП2 не вызывает размыкания контакта КЭП-3). По окончании цикла контакт КЭП-3 будет разомкнут и двигатель КЭП-М отключится от сети. Для начала следующего цикла необходимо снова нажать кнопку КнП2.

Такой режим часто необходим для остановки машины при завершении последней операции. Для этого при работе машины в автоматическом режиме

достаточно переключатель режимов В1 поставить в положение, соответствующее полуавтоматическому режиму работы.

При наладочном режиме работы каждый электромагнит может быть включен нажатием кнопки Кн1 или Кн2.

В рассматриваемой схеме электромагниты Эм1 и Эм2 подключаются к сети контактами промежуточных реле, а не непосредственно контактами КЭП-1 и КЭП-2, хотя допустимый ток последних больше рабочего тока электромагнитов. Это необходимо для исключения одновременного аварийного срабатывания обоих электромагнитов при наладочном режиме работы в случае последовательности их срабатывания, заданной циклограммой на рис. 54, в.

Если электромагниты Эм1 и Эм2 управляют пневматическими или гидравлическими распределителями, то введенный в цепь нулевой защиты (подготовки пуска) контакт РД реле давления защищает машину от включения при отсутствии давления в сети сжатого воздуха или гидросистеме.

Программные системы управления с КЭП (или многоцепным реле времени) отличаются простотой схем и коммутации. Однако им присущ и ряд недостатков: отсутствие контроля за исполнением команд и положением механизмов, трудность создания блокировок от рассинхронизации механизмов, а также сложность наладки и переналадки. Кроме того, длительность срабатывания механизмов

2.1 Определение расчетных нагрузок подстанций проектируемого района

Проектированию подстанций предшествует проверка возможности обеспечения баланса мощности в целом по району и по каждому энергоузлу в отдельности. Баланс мощности необходим для обеспечения потребителей достаточным количеством электроэнергии. Мощность источника питания должна покрыть активную суммарную мощность нагрузки потребителей.

Источником питания являются шины мощной энергосистемы и поэтому, считается, что баланс активной мощности соблюдается во всех режимах работы потребителей.

В задании дипломного проекта приводятся значения активной максимальной мощности в узлах нагрузки, величина $\cos\varphi$ или $\mathrm{tg}\varphi$ для режима максимальных нагрузок, максимальная P_m и время использования максимума T_m. Используя эти данные необходимо найти реактивные и полные мощности в узлах, соответственно для режимов максимальных нагрузок.

Реактивная мощность, потребляемая с шин низкого напряжения:

$$Q = P_{max} \cdot \mathrm{tg}\varphi_i, \qquad (2.1)$$

где P - активная мощность нагрузки, МВт;

$$tg\varphi_i = 0{,}2.$$

$$Q = 30 \cdot 0{,}62 = 18{,}6 \text{ МВар};$$

Аналогично рассчитываем реактивную мощность с шин низкого напряжения для каждого узла.

Нормативный коэффициент мощности на шинах высокого напряжения подстанций принимается равным cosφ=0.93, что соответствует tgφ = 0.4.

Исходя из этого необходимо предусмотреть на всех подстанциях установку компенсирующих устройств, мощность которых определяется по формуле:

$$Q_{ку} = P_m(tg\varphi - tg\varphi_э), \quad (2.2)$$

где P_m - мощность нагрузки в максимальном режиме, МВт;

$tg\varphi$ - коэффициент мощности, соответствующий заданному $\cos\varphi$ нагрузок.

$$Q_{ку} = 30 \cdot 0{,}22 = 6{,}6 \text{ Мвар};$$

Аналогично рассчитываем мощность компенсирующих устройств для каждого узла.

Реактивная мощность, потребляемая с шин низкого напряжения подстанции равна:

$$Q_{pi} = Q_i - Q_{нуi}, \quad (2.3)$$

где Q_{pi} - реактивная мощность i-той нагрузки, Мвар ;

$Q_{нуi}$ - реактивная мощность компенсирующего устройства, Мвар.

$$Q_{pi} = 18{,}6 - 6{,}6 = 12 \text{Мвар};$$

Аналогично рассчитываем реактивную мощность с шин низкого напряжения для каждого узла.

Полная мощность подстанции равна:

$$S = \sqrt{P^2 + jQ^2} \quad (2.4)$$

$$S = 30 + j12$$

Аналогично рассчитываем полную мощность для каждого узла.

2.2 Выбор числа и мощности трансформаторов

Силовые трансформаторы, установленные на электростанциях и подстанциях, предназначены для преобразования электроэнергии с одной ступени напряжения на другую. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12-15% ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20-25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.

Мощность трансформатора выбирается по выражению

$$S_T = S_{нагр} / 1{,}4, \qquad (2.5)$$

где S_{max} - типовая мощность трансформатора.

Трансформаторы и автотрансформаторы принимаются со встроенным регулированием напряжения под нагрузкой (РПН).

$$S_T = 10{,}4 / 1{,}4 = 7{,}5 \text{ МВА}$$

Выбираем трансформатор с перспективой на увеличение нагрузки ТРДН-25000/110 $S_{ном} = 25$ МВА.

Расчет для других трансформаторов подстанций выполняется аналогично приведенному выше

Полученные данные вносим в таблицу 1:

Таблица 1 - Выбор трансформаторов

№ пункта	Тип трансформатора	$\Delta U_{к\%}$	$\Delta P_к$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$\Delta Q_{хх}$, квар	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом
1	2хТРДН-40000/110	10.5	172	36	260	1.4	34.7
2	2хТРДН-40000/110	10.5	172	36	260	1.4	34.7
3	2хТРДН-25000/110	-	120	27	175	2.54	55.9
4	2хТДН-63000/110	-	260	59	410	0,87	22

2.3 Схема замещения сети 110кВ, подготовка данных, расчёт и анализ режимов

В проекте произведен электрический расчет для нормального (максимальный и минимальный) и послеаварийного режимов по двум вариантам.

Для расчета сети использовались мощности нагрузок, а напряжение на шинах источника питания для режима максимальных нагрузок принято равным 1,05 номинального напряжения сети.

Для расчета электрической сети представлена схема замещения (см. приложение 1)

Расчет режимов проектируемой сети осуществляется с помощью программы RASTR.

Комплекс программ RASTR предназначен для расчета и анализа установившихся режимов электрических систем на ПЭВМ IBM PC и совместимых с нею. RASTR позволяет производить расчет, эквивалентирование и утяжеление режима, обеспечивает возможности экранного ввода и коррекции исходных данных, быстрого отключения узлов и ветвей схемы, имеет возможности районирования сети, также предусмотрено графическое представление схемы или отдельных ее фрагментов вместе с практически любыми расчетными и исходными параметрами.

В данном дипломном проекте были рассмотрены анализ и расчет режимов сетей 110 кВ. Узловые напряжения соответствуют допустимым пределам ±5 % в нормальном режиме и ±10 % в послеаварийном режиме, а потери мощности минимальные. Они рассматривались на базе двух вариантов. Первый вариант предложен предприятием АПК АРЭК, в дипломном проекте рассмотрены режимы, в которых нагрузка превысила существующую нагрузку на 25%.

Комплекс программ RASTR предназначен для расчета и анализа установившихся режимов электрических систем на ПЭВМ IBM PC и совместимых с нею. Программа позволяет производить расчёт, эквивалентирование и утяжеление режима, обеспечивает возможности экранного ввода и коррекции исходных данных, быстрого отключения узлов и ветвей схемы, имеет возможности районирования сети, также предусмотрено графическое представления схемы или отдельных ее фрагментов вместе с практически любыми расчетными и исходными параметрами.

Анализ выполнен в сравнении результатов расчёта с критериальными значениями. Для многих параметров, получаемых в результате расчетов режимов можно заранее указать некоторые технические пределы. В качестве такого параметра принимается напряжение в узлах сети.

Определим основные параметры пневмопривода установки литья под низким давлением.

Установка литья под низким давлением представляет собой тигель 10, герметически закрытый крышкой 7 с трубой 11 из огнеупорного материала, опущенной внутрь тигля. В верхней части крышки закрепляют сменный кристаллизатор 8 с водяным охлаждением. В тигель заливают металл до уровня x0.

При включении распределителя 6 сжатый воздух из ресивера 1 через дроссель 4 по системе трубопроводов 5 поступает в трубопровод 12 и далее в полость тигля. Давление в этой полости повышается, и металл начинает вытесняться через трубу 11 в кристаллизатор 8. Уровень металла в тигле понижается, а в кристаллизаторе увеличивается. По мере подъема металла в кристаллизаторе воздух из его полости вытесняется через керамический фильтр 9. Ко-

гда металл полностью заполнит кристаллизатор, движение его по трубе прекращается. Давление в полости тигля продолжает повышаться до тех пор, пока оно не выровняется с давлением в ресивере (рм), которое устанавливается таким, чтобы обеспечить не только заполнение кристаллизатора, но и создать избыточное давление подпрессовки (рт).

Скорость подъема металла в кристаллизаторе можно регулировать дросселем 4. Воздух из сети поступает в ресивер через влагоотделитель 3 и регулятор давления 2, который понижает давление до рм. В реальных условиях давление подпрессовки колеблется в пределах 0,02…0,08 МН/м2, а время заполнения кристаллизатора – в пределах 0,5…3 с, причем меньшие значения соответствуют пустотелым отливкам.

Рассчитываемая установка предназначена для литья сплошных и пустотелых слитков из медных сплавов диаметром Dл = 0,072 м и высотой Нл = 1 м.

Основные размеры установки:

= глубина тигля Н = 0,6 м;

= площадь внутреннего сечения трубы (внутренний диаметр трубы равен диаметру слитка) F1=0,004 mz;

= площадь зеркала металла в тигле (площадь, занимаемая трубой, не учитывается) F2 = 0,014 м2;

= объем свободной полости тигля при заливке в него металла до уровня x0 V0 = 0,0014 м3;

= длина трубопровода, соединяющего тигель с ресивером, l = 3 м.

Проектирование пневмопривода установки литья под низким давлением заключается в выборе основных параметров, при которых обеспечиваются заданные технологические режимы литья. Такими параметрами являются следующие:

рм – давление в ресивере в МН/м2;

Vр – объем ресивера в м3;

DT – внутренний диаметр трубопровода, соединяющего ресивер с тиглем, в м.

Режим литья определяется продолжительностью заполнения кристаллизатора металлом tл с и давлением подпрессовки, при котором происходит затвердевание отливки, рт МН/м2 (кгс/см2).

Для каждой конкретной отливки назначается свое время tл и давление рт. Поэтому важно правильно выбрать для расчета параметров пневматической системы такие значения этих показателей, при которых будет обеспечено соблюдение необходимых технологических режимов для каждого изделия. Особенно важно требуемое время tл для литья пустотелых отливок, поскольку от него зависит равномерность толщины их стенок. Чем больше скорость подъема металла в кристаллизаторе и, следовательно, чем меньше время, тем равномернее толщина отливки. Поэтому для расчета и принимается минимальное значение tл. Большие значения tл всегда можно получить уменьшением проходного сечения дросселя 4.

Давление подпрессовки рт выбирают максимальным, так как при этом

не нарушается качество отливок, требующих меньших значений рт.

На основании вышеизложенного исходными данными для расчета принимаем технологические параметры tЛ = 0,5 сек и рт = 0,08 МН/м2.

Расчет давления рм. После окончания истечения воздуха в полость тигля давление в ней становится равным давлению в ресивере. Это давление должно уравновешивать напор столба жидкого металла в кристаллизаторе и обеспечивать заданное давление подпрессовки рт, поэтому

$$p_м = p_a + p_T + \rho_м g h_л, \qquad (124)$$

где ра – атмосферное давление в МН/м2;

ρм – плотность металла в кг/м3 (рм = 8800 кг/м3);

g – ускорение силы тяжести в м/с2 (g = 9,81 м/с2) ;

hл – перепад уровней металла в кристаллизаторе и тигле при заполненном кристаллизаторе в м.

Расчет величины hл должен исходить из условия равенства объемов металла, поступившего в кристаллизатор ΔV1 и ушедшего из тигля ΔV2:

$$\Delta V1 = \Delta V2 \qquad (125)$$

или

$$[h-(x-x_0)]F_1 = (x-x_0)F_2,$$

где х – текущее значение уровня металла в тигле в м;

h – текущее значение разности уровней металла в кристаллизаторе и тигле в м;

Решаем это уравнение относительно h:

$$h = (x-x_0)\left(1+\frac{F_2}{F_1}\right). \qquad (126)$$

По окончании заполнения кристаллизатора металлом уровень его в тигле понизится до отметки хл. На основании равенства (125) получаем

$$(H_л + x_0)F_1 = (x_л - x_0)F_2. \qquad (127)$$

Определим хл и подставим его значение в уравнение (126), тогда

$$h_л = (H_л + x_0)\frac{F_1+F_2}{F_2}. \qquad (128)$$

Значение hл подставляем в формулу (124) и получаем

$$p_м = p_a + p_T + \rho_м g(H_л + x_0)\frac{F_1+F_2}{F_2} = 0{,}1 + 0{,}08 + 8800\cdot 10^{-6} \times$$

$$\times 9{,}81(1{,}0+0{,}1)\frac{0{,}04+0{,}014}{0{,}014} = 0{,}302\ МН/м^2,$$

где

$$x_0 = \frac{V_0}{F_2} = \frac{0{,}0014}{0{,}014} = 0{,}1\ м.$$

На величину рм настраивают регулятор давления.

Расчет сечения трубопровода f. По принципу действия установки литья под низким давлением подобна пневмоцилиндру одностороннего действия с

переменной по ходу нагрузкой. Для расчета этой установки используют метод динамического расчета пневмопривода одностороннего действия, процессы которого описываются системой уравнений (109). Решить эти уравнения в общем виде относительно одного из параметров невозможно. Поэтому принимаем следующую схему расчета сечения трубопровода:

1. Методом численного интегрирования определяем время заполнения кристаллизатора для нескольких сечений трубопровода, например для сечений 1/4”, 1/2”, 3/4”.

2. Устанавливаем зависимость времени заполнения от сечения трубопровода.

3. По полученной зависимости определяем сечение, удовлетворяющее условиям задачи.

Термодинамические уравнения в системе уравнений (109) описывают процесс истечения воздуха в полость переменного объема при отсутствии теплообмена.

Для данного примера такое допущение возможно в связи с тем, что процесс истечения протекает быстро, а объем нагретого в тигле воздуха V0 очень мал. Предполагаем, что существенного повышения температуры воздуха, вновь поступившего в полость тигля, за счет теплообмена с нагретыми стенками тигля и смешения с уже нагретым воздухом не произойдет. Кроме того, принятое допущение не противоречит основному условию задачи – продолжительность процесса не должна превышать величины tл, поскольку при нагреве воздуха в полости тигля процесс ускоряется.

Для вывода уравнения движения металла принимаем, что в движении участвует вся масса метала с одинаковыми скоростями по всем сечениям в объемах V1 и V2. Гидравлические потери при движении металла по трубе и в кристаллизаторе ввиду их малых значений не учитываем.

Подвижные массы металла в объемах V1 и V2 приведем к уровню зеркала металла в полости тигля

$$m_{пр} = m_1\left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2 + m_2, \qquad (129)$$

где m1, m2 – соответственно подвижные массы металла в объемах V1 и V2;

mпр – масса металла, приведенная к уровню зеркала металла в полости тигля.

Определим m1 и m2:

$$m_1 = (h + H - x)F_1\rho_м, \qquad (130)$$

или с учетом уравнения (126)

$$m_1 = \left[(H - x_0) + \frac{F_2}{F_1}(x - x_0)\right]F_1\rho_м; \qquad (131)$$

$$m_2 = (H - x)F_2\rho_м. \qquad (132)$$

Подставим в формулу (129) значения m1 и m2:

$$m_{пр} = \left\{ \left[(H - x_0) + \frac{F_2}{F_1}(x - x_0) \right] \frac{F_2^2}{F_1} + (H - x)F_0 \right\} \rho_м \quad . \qquad (133)$$

Сила Pp, обусловленная гидростатическим и атмосферным давлениями составит

$$P_p = \left[p_a + (x - x_0)(1 + \frac{F_2}{F_1}) \rho_м g \right] F_2 \quad . \qquad (134)$$

Система уравнений, описывающая процесс заполнения полости кристаллизатора металлом, имеет следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} & a\left\{ \left[(H - x_0) + \frac{F_2}{F_1}(x - x_0) \right] \frac{F_2^2}{F_1} + (H - x)F_2 \right\} \rho_м = \\ & = \left[(p - p_a) - (x - x_0)(1 + \frac{F_2}{F_1}) \rho_м g \right] F_2; \\ & kRT_м dM_м = kpdV + Vdp; \\ & G_м = \mu f B \frac{p_м}{\sqrt{T_м}} \varphi(Y), \end{aligned}\right\} \qquad (135)$$

где V=F2x; dV=F2 dx; Y=p/ρм;

p – текущее давление в тигле в МН/м2.

Приводим систему уравнений (135) к виду, удобному для численного интегрирования,

$$\Delta p_i = \frac{k}{x_{i-1}} \left[\frac{RT_м}{F_2} G_м - p_{i-1} v_{i-1} \right] \Delta t_i;$$

$$p_i = p_{i-1} + \Delta p_i;$$

$$a = \frac{p - p_a - (x_{i-1} - x_0)\left(1 + \frac{F_2}{F_1}\right)\rho_м g}{\left\{ \left[(H - x_0) + \frac{F_2}{F_1}(x_{i-1} - x_0) \right] \frac{F_2}{F_1} + (H - x_{i-1}) \right\} \rho_м}; \qquad (136)$$

$$\Delta \upsilon = a_i \Delta t_i;$$

$$\upsilon_i = \upsilon_{i-1} + \Delta \upsilon;$$

$$x_i = x_{i-1} + \upsilon_{i-1} \Delta t_i + \frac{a_i \Delta t_i^2}{2}.$$

После подстановки постоянных параметров k = 1,41, R = 287 Нм/(кг ·град), T = 293° K получаем

$$\Delta p_i = \frac{1{,}41}{x_{i-1}} (6G_м - p_{i-1}\upsilon_{i-1}) \Delta t$$

$$a_i = \frac{10 p_i - 3{,}9 x_{i-1} - 0{,}612}{x_{i-1} + 0{,}1}$$

Найдем значения постоянных параметров третьего уравнения системы (135) для сечения трубопровода $^{3}\!/_{4}$ ".

Определим коэффициент расхода μ трубопровода длиной lТ = 3 м, включающего распределитель и дроссель. Для расчета μ используем метод эквивалентного трубопровода.

Для распределителя с сечением трубопровода $^{3}/_{4}$", по данным табл. 2, длина эквивалентного трубопровода составит 11 м. Длину трубопровода lд, эквивалентного дросселю с проходным сечением $^{3}/_{4}$" (Dy =0,02 м), определим по формуле (98). Значение перепада давления на дросселе Δp = 0,025 МН/мг при давлении ра = 0,5 МН/м2 и расходе G0= 0,0345 кг/с берем по нормали МН 4816 – 63.

$$Y_a = \frac{p_a - \Delta p}{p_a} = \frac{0{,}5 - 0{,}025}{0{,}5} = 0{,}95 .$$

По таблицам1 находим функцию $\varphi(Y) = \varphi(0{,}95) = 0{,}1162$. Затем по формуле (98) определим μ_o при В = 0,156:

$$\mu_д = \frac{G\sqrt{T_м}}{Bfp_a\varphi(Y_a)} = \frac{0{,}0345\sqrt{290}}{0{,}156 \cdot 3{,}14 \cdot \frac{0{,}02}{4}} \cdot 0{,}5 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1162 = 0{,}232 .$$

1 Герц Е. В. Крейнин Г. В. Динамика пневматических приводов машин-автоматов. М., «Машиностроение», 1964.

По графику, приведенному на рис. 87, для $\mu_T = 0{,}232$ коэффициент сопротивления ζ = 12. Далее определяем эквивалентную длину трубопровода

$$l = \frac{\zeta\, 2D_y}{\lambda} = \frac{12 \cdot 2 \cdot 0{,}02}{0{,}03} = 16\ м ,$$

где λ – коэффициент трения (для гладких труб λ = 0,03). Общая длина эквивалентного трубопровода

$$l_э = 3 + 11 = 16 = 30\ м .$$

Коэффициент сопротивления для трубопровода длиной l, находим по формуле (99):

$$\zeta = \frac{0{,}03 \cdot 30}{2 \cdot 0{,}02} = 22{,}5 ,$$

что соответствует μ = 0, 1 75 (рис. 87) .

После подстановки числовых значений в формулы (95) и (94) для расхода сжатого воздуха получаем GM = 0,039 кг/с при Y ≤ 0,528 и $G_м = 0{,}1506\,\varphi(Y)$ при Y > 0,528, где значения $\varphi(Y)$ выбирают по таблицам [3]. Начальные условия х = х0 = 0,1; υ = 0; а = 0. Конечное значение х находим по формуле (127):

$$x = x_л = (H_л + x_0)\frac{F_1}{F_2} + x_0 = (1 + 0{,}1)\frac{0{,}004}{0{,}014} + 0{,}1 = 0{,}41\ м$$

Выбираем шаг интегрирования $\Delta t_i = 0{,}02\ c$. Рассчитываем первый шаг i = 1 при pi = pa = 0,1 МН/м2:

а) $Y = \frac{p}{p} = \frac{0,1}{0,3} = 0,33 \quad (Y < 0,528)$;

б) $G_{м1} = 0,039 \quad кг/с$;

в) $\Delta p = \frac{1,41}{0,1}(6 \cdot 0,039 - 0,1 \cdot 0)0,02 = 0,0665 \quad МН/м^2$;

г) p1 = (0,1+0,0655) = 0,1655 МН/м ;

д) $a = \frac{10 \cdot 0,1665 - 3,9 \cdot 0,1 - 0,612}{0,1 + 0,1} = 3,29 \quad м/с^2$;

е) $\Delta\upsilon_1 = 3,29 \cdot 0,0 = 0,0658 \quad м/с$;

ж) $\upsilon_1 = 0 + 0,0658 = 0,0658 \quad м/с$;

з) $x = 0,1 + 0 \cdot 0,02 + \frac{3,29 \cdot 0,02^2}{2} = 0,100658$ м.

Данные расчета заносим в табл. 3.

Так как x1 < хл, то рассчитываем второй шаг i = 2:

а) $Y_2 = \frac{0,1655}{3} = 0,552 \quad (Y_2 > 0,528)$.

По таблицам [3] находим $\varphi(Y_2) = 0,2854$;

б) $G_м = 0,1506 \cdot 0,2584 = 0,0389$;

в) $\Delta p_2 = \frac{1,41}{0,10066}(6 \cdot 0,0389 - 0,166 \cdot 0,0658) \cdot 0,02 = 0,0620$;

г) $p_2 = 0,1660 + 0,0620 = 0,2280$;

д) $a_2 = \frac{10 \cdot 0,2280 - 3,9 \cdot 0,10066 - 0,612}{0,10066 = 0,1} = 6,37$;

е) $\Delta\upsilon_2 = 6,37 \cdot 0,02 = 0,1274$;

ж) $\upsilon_2 = 0,0658 + 0,1274 = 0,1932$;

з) $x_2 = 0,10066 + 0,0658 \cdot 0,02 + \frac{6,37 \cdot 0,02^2}{2} = 0,1032$.

Так как x2 = 0,1032 < хл, то выполняется третий шаг и т. д., включая последний шаг i = 18, для которого

$x_{18} = 0,4152 > x_л = 0,4100$.

Продолжительность заполнения кристаллизатора при сечении трубопровода 3/4" определяется как сумма интервалов интегрирования:

$$t_{л\frac{3}{4}''} = \sum_{i=1}^{i=18} \Delta t_i = 0{,}36\ c$$.

Аналогично рассчитывают продолжительность заполнения кристаллизатора при сечениях трубопровода 1/4" и 1/2". Они равны соответственно $t_{л\frac{1}{4}''} = 2\ c$ и $t_{л\frac{1}{2}''} = 0{,}47\ c$.

Строим график изменения времени заполнения кристаллизатора в зависимости от сечения трубопровода (рис. 127). Согласно графику продолжительности заполнения 0,5 с соответствует Dy = 0,014 м. Чтобы обеспечить выполнение условий задачи, выбираем трубопровод 1/2", имеющий Dy = = 0,015 м. При таком сечении трубопровода время tл будет несколько меньше 0,5 сек.

Расчет объема ресивера. Объем ресивера Vp должен быть таким, чтобы за период заливки давление рм в нем снизилось не более чем на 5%. Для упрощения расчета будем считать, что за малый период заливки воздух из сети в ресивер не поступает и температура воздуха в нем и в тигле не изменяется.

Состояние воздуха в ресивере перед открытием распределителя характеризуется параметрами Vp, рм, М, где М – масса воздуха в ресивере. По окончании процесса часть воздуха перетекает в полость тигля, и давление в системе ресивер – тигель становится рмк = 0,95 рм.

На основе уравнения состояния газа первоначальная масса воздуха в ресивере

$$M = \frac{p_м V_р}{RT_м}\ .$$ (137)

Масса воздуха после истечения

$$M_к = \frac{p_{мк} V_р}{RT_м}\ .$$ (138)

Масса воздуха, перешедшая в тигель с объемом Vл

$$M_л = \frac{1}{RT_м}(p_{мк} V_л - p_a V_0)\ ,$$ (139)

где ра – начальное давление в тигле;

V0 – первоначальный объем полости тигля;

Vл – конечный объем полости тигля,

$V_л = F_2 x_л$.

Начальная масса воздуха в ресивере определяется равенством

$M = M_к + M_л$.

Подставив в это равенство вместо М, Мк и Мл соответствующие выражения (137), (138) и (139) и решая его относительно VP, получаем

$$V_р = \frac{0{,}95 p_м F_2 x_л - p_a V_0}{0{,}05 p_м} =$$

$$= \frac{0{,}95 \cdot 0{,}3 \cdot 10^6 \cdot 0{,}014 \cdot 0{,}41 - 0{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}014}{0{,}05 \cdot 0{,}3 \cdot 10^6} = 0{,}091106\ .$$

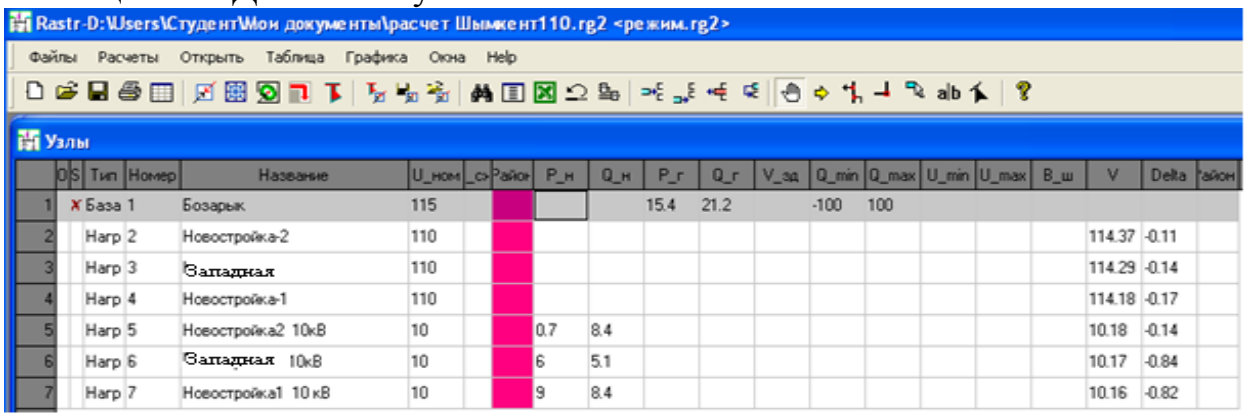
Таким образом, объем ресивера должен быть не менее 0,1 м3.

В соответствии с расчетным сечением трубопровода $1/2''$ выбирают и элементы пневмосистемы: влагоотделигель В41-14. регулятор давления В57-14, дроссель В77-14 и распределитель В71-24, с ручным управлением. Последний имеет плоский золотник без резиновых уплотнений, поэтому через него можно пропускать горячий воздух из тигля.

Также в перспективе до 2020 г. ожидается увеличение нагрузки.

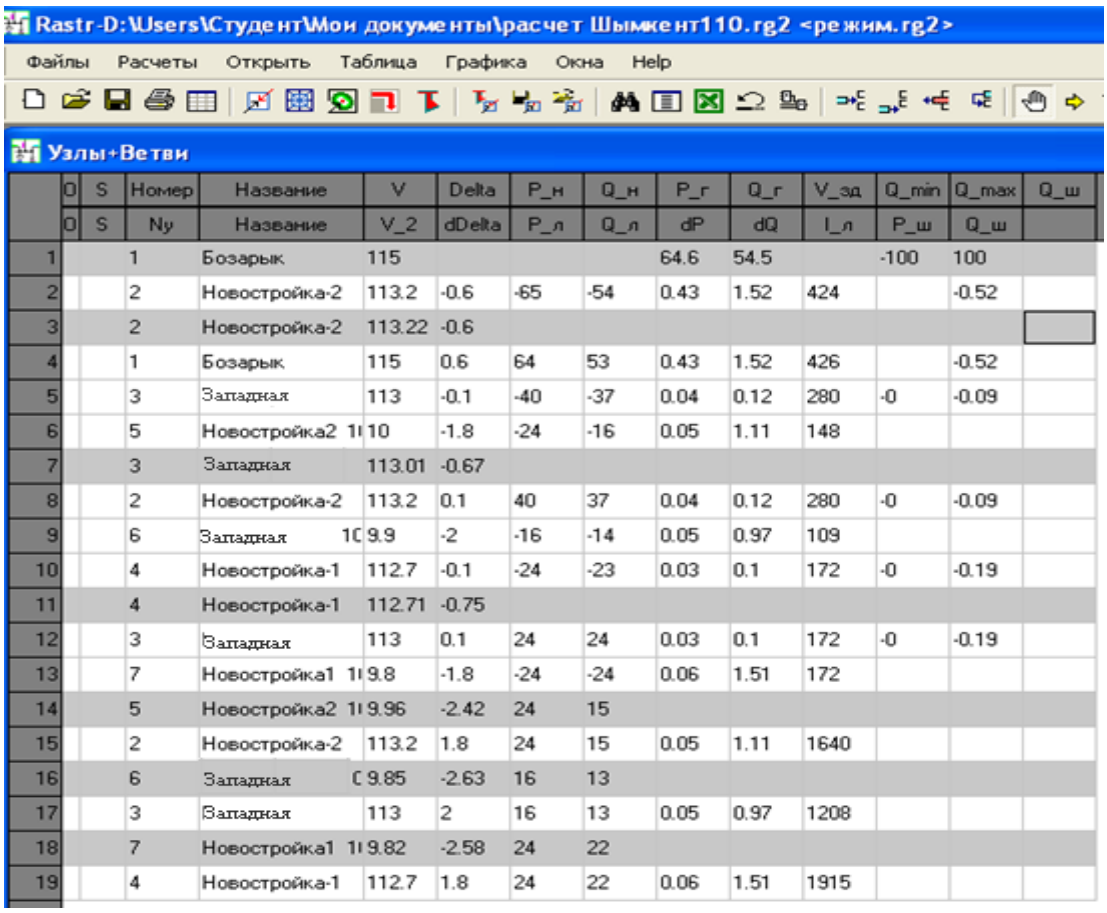
2.3.1 Расчетные данные для нормального режима

Таблица 2.1 – Данные по узлам



	О	S	Тип	Номер	Название	U_ном	_с>	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	U_min	U_max	B_ш	V	Delta	Район
1			База	1	Бозарык	115					15.4	21.2		-100	100						
2			Нагр	2	Новостройка-2	110													114.37	-0.11	
3			Нагр	3	Западная	110													114.29	-0.14	
4			Нагр	4	Новостройка-1	110													114.18	-0.17	
5			Нагр	5	Новостройка2 10кВ	10			0.7	8.4									10.18	-0.14	
6			Нагр	6	Западная 10кВ	10			6	5.1									10.17	-0.84	
7			Нагр	7	Новостройка1 10 кВ	10			9	8.4									10.16	-0.82	

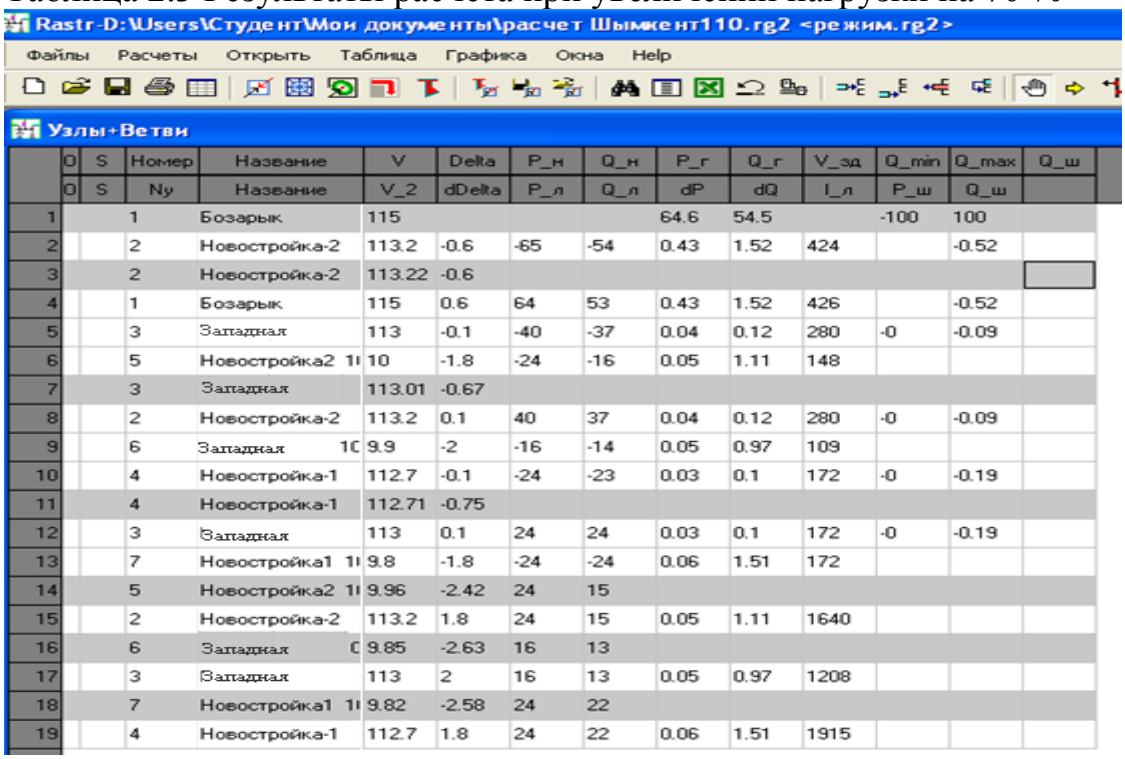
Таблица 2.2 Результаты расчета



	0	S	Номер	Название	V	Delta	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	Q_ш
	0	S	Ny	Название	V_2	dDelta	P_л	Q_л	dP	dQ	I_л	P_ш	Q_ш	
1			1	Бозарык	115				64.6	54.5		-100	100	
2			2	Новостройка-2	113.2	-0.6	-65	-54	0.43	1.52	424		-0.52	
3			2	Новостройка-2	113.22	-0.6								
4			1	Бозарык	115	0.6	64	53	0.43	1.52	426		-0.52	
5			3	Западная	113	-0.1	-40	-37	0.04	0.12	280	-0	-0.09	
6			5	Новостройка2 1	10	-1.8	-24	-16	0.05	1.11	148			
7			3	Западная	113.01	-0.67								
8			2	Новостройка-2	113.2	0.1	40	37	0.04	0.12	280	-0	-0.09	
9			6	Западная 1(	9.9	-2	-16	-14	0.05	0.97	109			
10			4	Новостройка-1	112.7	-0.1	-24	-23	0.03	0.1	172	-0	-0.19	
11			4	Новостройка-1	112.71	-0.75								
12			3	Западная	113	0.1	24	24	0.03	0.1	172	-0	-0.19	
13			7	Новостройка1 1	9.8	-1.8	-24	-24	0.06	1.51	172			
14			5	Новостройка2 1	9.96	-2.42	24	15						
15			2	Новостройка-2	113.2	1.8	24	15	0.05	1.11	1640			
16			6	Западная (	9.85	-2.63	16	13						
17			3	Западная	113	2	16	13	0.05	0.97	1208			
18			7	Новостройка1 1	9.82	-2.58	24	22						
19			4	Новостройка-1	112.7	1.8	24	22	0.06	1.51	1915			

2.3.2 Расчетные данные при увеличении нагрузки на 70 %

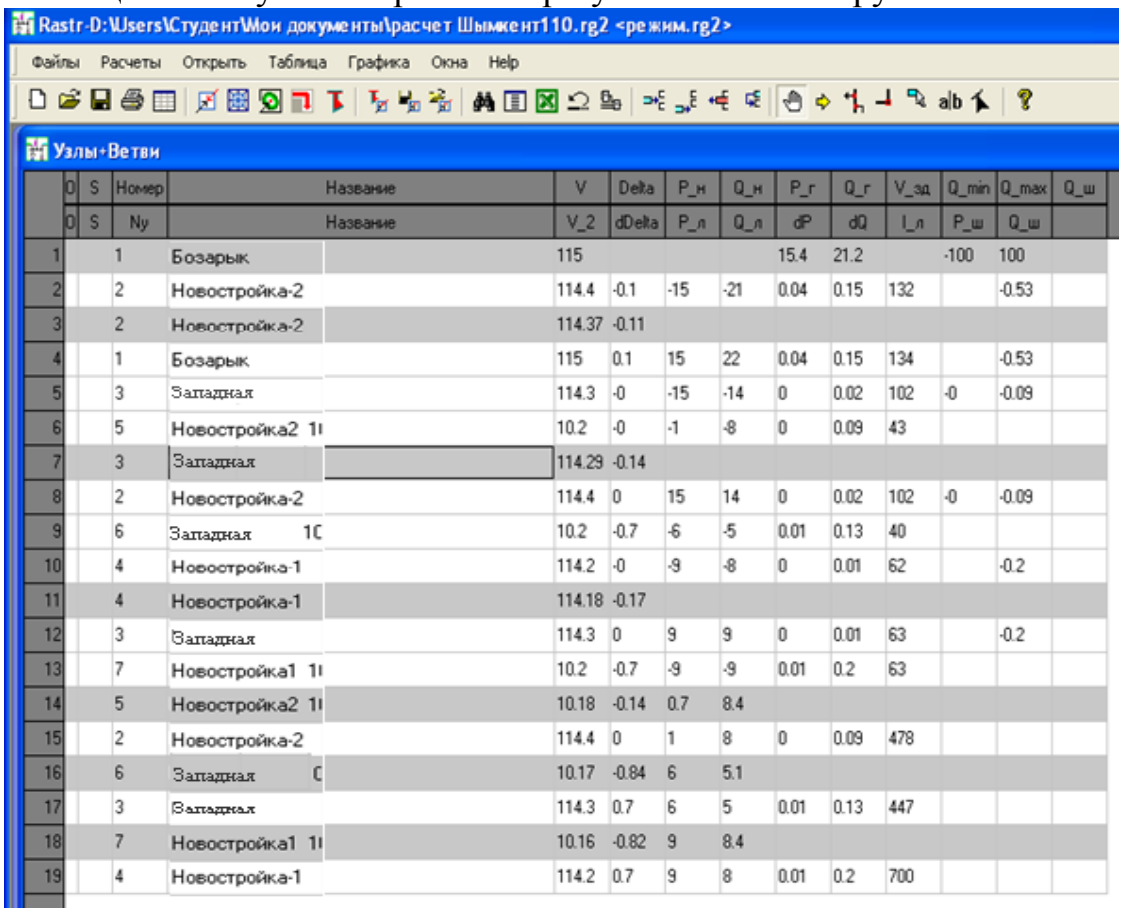
Таблица 2.3 Результаты расчёта при увеличении нагрузки на 70 %



	0	S	Номер	Название	V	Delta	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	Q_ш
	0	S	Ny	Название	V_2	dDelta	P_л	Q_л	dP	dQ	I_л	P_ш	Q_ш	
1			1	Бозарык	115				64.6	54.5		-100	100	
2			2	Новостройка-2	113.2	-0.6	-65	-54	0.43	1.52	424		-0.52	
3			2	Новостройка-2	113.22	-0.6								
4			1	Бозарык	115	0.6	64	53	0.43	1.52	426		-0.52	
5			3	Западная	113	-0.1	-40	-37	0.04	0.12	280	-0	-0.09	
6			5	Новостройка2 1	10	-1.8	-24	-16	0.05	1.11	148			
7			3	Западная	113.01	-0.67								
8			2	Новостройка-2	113.2	0.1	40	37	0.04	0.12	280	-0	-0.09	
9			6	Западная 1(	9.9	-2	-16	-14	0.05	0.97	109			
10			4	Новостройка-1	112.7	-0.1	-24	-23	0.03	0.1	172	-0	-0.19	
11			4	Новостройка-1	112.71	-0.75								
12			3	Западная	113	0.1	24	24	0.03	0.1	172	-0	-0.19	
13			7	Новостройка1 1	9.8	-1.8	-24	-24	0.06	1.51	172			
14			5	Новостройка2 1	9.96	-2.42	24	15						
15			2	Новостройка-2	113.2	1.8	24	15	0.05	1.11	1640			
16			6	Западная (	9.85	-2.63	16	13						
17			3	Западная	113	2	16	13	0.05	0.97	1208			
18			7	Новостройка1 1	9.82	-2.58	24	22						
19			4	Новостройка-1	112.7	1.8	24	22	0.06	1.51	1915			

2.3.3 Расчетные данные при уменьшении нагрузки на 30 %

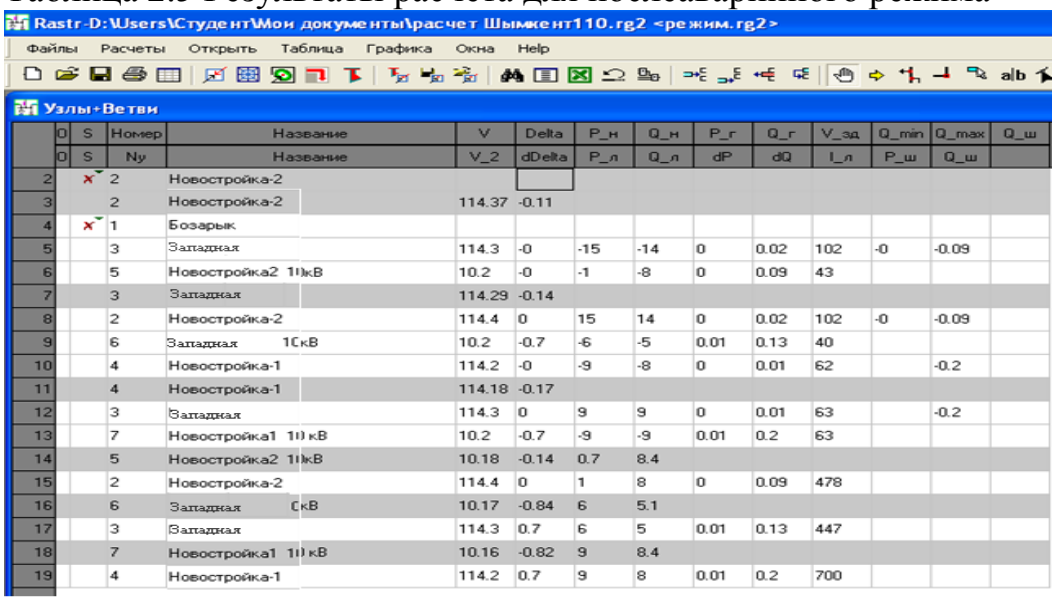
Таблица 2.4 Результаты расчёта при уменьшении нагрузки на 30 %



	O	S	Номер	Название	V	Delta	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	Q_ш
	O	S	Ny	Название	V_2	dDelta	P_л	Q_л	dP	dQ	I_л	P_ш	Q_ш	
1			1	Бозарык	115				15.4	21.2		-100	100	
2			2	Новостройка-2	114.4	-0.1	-15	-21	0.04	0.15	132		-0.53	
3			2	Новостройка-2	114.37	-0.11								
4			1	Бозарык	115	0.1	15	22	0.04	0.15	134		-0.53	
5			3	Западная	114.3	-0	-15	-14	0	0.02	102	-0	-0.09	
6			5	Новостройка2 1	10.2	-0	-1	-8	0	0.09	43			
7			3	Западная	114.29	-0.14								
8			2	Новостройка-2	114.4	0	15	14	0	0.02	102	-0	-0.09	
9			6	Западная 1	10.2	-0.7	-6	-5	0.01	0.13	40			
10			4	Новостройка-1	114.2	-0	-9	-8	0	0.01	62		-0.2	
11			4	Новостройка-1	114.18	-0.17								
12			3	Западная	114.3	0	9	9	0	0.01	63		-0.2	
13			7	Новостройка1 1	10.2	-0.7	-9	-9	0.01	0.2	63			
14			5	Новостройка2 1	10.18	-0.14	0.7	8.4						
15			2	Новостройка-2	114.4	0	1	8	0	0.09	478			
16			6	Западная 0	10.17	-0.84	6	5.1						
17			3	Западная	114.3	0.7	6	5	0.01	0.13	447			
18			7	Новостройка1 1	10.16	-0.82	9	8.4						
19			4	Новостройка-1	114.2	0.7	9	8	0.01	0.2	700			

2.3.4 Расчетные данные для послеаварийного режима

Таблица 2.5 Результаты расчёта для послеаварийного режима



	O	S	Номер	Название	V	Delta	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	Q_ш
	O	S	Ny	Название	V_2	dDelta	P_л	Q_л	dP	dQ	I_л	P_ш	Q_ш	
2		x	2	Новостройка-2										
3			2	Новостройка-2	114.37	-0.11								
4		x	1	Бозарык										
5			3	Западная	114.3	-0	-15	-14	0	0.02	102	-0	-0.09	
6			5	Новостройка2 1 кВ	10.2	-0	-1	-8	0	0.09	43			
7			3	Западная	114.29	-0.14								
8			2	Новостройка-2	114.4	0	15	14	0	0.02	102	-0	-0.09	
9			6	Западная 1 кВ	10.2	-0.7	-6	-5	0.01	0.13	40			
10			4	Новостройка-1	114.2	-0	-9	-8	0	0.01	62		-0.2	
11			4	Новостройка-1	114.18	-0.17								
12			3	Западная	114.3	0	9	9	0	0.01	63		-0.2	
13			7	Новостройка1 1 кВ	10.2	-0.7	-9	-9	0.01	0.2	63			
14			5	Новостройка2 1 кВ	10.18	-0.14	0.7	8.4						
15			2	Новостройка-2	114.4	0	1	8	0	0.09	478			
16			6	Западная 0 кВ	10.17	-0.84	6	5.1						
17			3	Западная	114.3	0.7	6	5	0.01	0.13	447			
18			7	Новостройка1 1 кВ	10.16	-0.82	9	8.4						
19			4	Новостройка-1	114.2	0.7	9	8	0.01	0.2	700			

3 Расчёт токов короткого замыкания на шинах подстанции «За-

падная» и выбор основного оборудования

3.1 Подготовка данных и расчёт токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания выполняется для определения требований для выбора коммутационной аппаратуры для объектов рассматриваемой сети, проверки соответствия установленной аппаратуры для отключения ожидаемых токов к.з. и выбора необходимых мероприятий по ограничению токов к.з., определения количественных показателей уровней токов к.з.

Расчет проводится точным приведением к одной ступени напряжения в именованных единицах для упрощения сопротивления нагрузки, и активные составляющие сопротивлений схемы замещения не учитываются.

Расчет выполнен на программе TKZ-3000P. Этот комплекс позволяет рассчитывать электрические величины в трехфазной симметричной сети любого напряжения при однократной продольной или поперечной несимметрии и уставки защит от коротких замыканий. С помощью комплекса можно получать токи, напряжения отношения токов к напряжениям (сопротивления) как в виде симметричных составляющих, так и в виде полных фазных или междуфазных величин. Для токовых защит производится отстройка от фиксированной точка КЗ и от нагрузки, согласование с одной или несколькими защитами, проверка чувствительности, а также моделирование процесса отключения при работе дальнего резервирования.

Машины изменяется в зависимости от различных условий (напряжения, давления, температуры и т. д.), что вызывает необходимость настраивать КЭП на наибольшие длительности срабатывания механизмов машин. Это приводит к значительным потерям производительности машин из-за системы управления (до 11% на автоматических формовочных машинах).

При рефлексном управлении сложным технологическим циклом количество аппаратуры в системе управления значительно увеличивается, а схемы управления усложняются. Рассмотрим в качестве примера рефлексную схему управления автоматической установкой для выбивки форм (рис. 55).

Залитые формы перемещаются пульсирующим конвейером 1. В паузе между перемещениями конвейера форма 6 пневматическим толкателем 2 подается на позицию выбивки 3. На штоке толкателя имеется П-образный кронштейн, в который заходит форма при движении конвейера. Этим же кронштейном при обратном ходе толкателя 2 пустые опоки возвращаются на конвейер. На позиции выбивки осуществляется прошивка (выдавливание) формы пневмоцилиндром 4, отделение отливок от смеси и удаление остатков смеси из опоки на вибрационной решетке 5. Для прохода плиты цилиндра 4 к форме в кронштейне толкателя 2 имеется окно. Подачей воздуха к пневмоцилиндрам управляют распределители с электромагнитным приводом, причем для переключения распределителей необходимо только кратковременное включение электромагнитов. Электромагниты распределителей осуществляют следующие функции (рис. 56):

Эм1– включение толкателя на подачу формы на позицию выбивки; Эм2 – включение толкателя на возврат опок; ЭмЗ – включение цилиндра прошивки на ход вниз; Эм4 – переключение цилиндра прошивки на ход вверх; Эм5 – включение и отключение вибрационной решетки.

Положения толкателя и цилиндра прошивки фиксируются конечными выключателями ВК2, ВКЗ, ВК4, ВК5.

На конечный выключатель ВК1 воздействует кулачок механизма привода конвейера в конце хода (по окончании шага конвейера).

Циклограмма работы установки с указанием аппаратов, выдающих команды на начало операций, приведена на рис. 55,б, а схема управления установкой – на рис. 56.

При нажатии кнопки КнП включается цепь подготовки пуска. На цепи управления подается напряжение, схема готова к работе.

При подаче очередной формы конвейером замыкается контакт конечного выключателя ВК1. Включается электромагнит Эм1, форма подается толкателем на позицию выбивки, а электромагнит Эм1 отключается. В конце хода толкателя кулачок на его штоке воздействует на конечный выключатель ВК2, включая электромагнит ЭмЗ. Цилиндр прошивки выдавливает содержимое формы. В нижнем положении цилиндра 4 (рис. 55, а) конечный выключатель ВК4 отключает электромагнит ЭмЗ, включает электромагнит Эм4 и промежуточное реле РП1. Своим нормально открытым контактом РП1 реле включает промежуточное реле РП2, которое ставится на самопитание, подготовляя к пуску нижние по схеме цепи управления.

После срабатывания электромагнита Эм4 цилиндр прошивки идет вверх, замыкая в крайнем верхнем положении контакты конечного выключателя ВК5. Электромагнит Эм5 включает выбивную решетку, а реле времени РВ1 начинает отсчет выдержки времени. По истечении заданного времени реле РВ1 отключает электромагнит Эм5 и включает электромагнит Эм2. Решетка отключается, а толкатель транспортирует пустые опоки на конвейер. Воздействуя в конце хода на конечный выключатель ВКЗ, толкатель тем самым отключает реле РП2, вследствие чего цепи электромагнитов Эм2 и Эм5 и обмотка реле времени РВ1 обесточиваются. Нормально открытый контакт ВКЗ подает сигнал в схему управления конвейером о готовности установки принять следующую форму. При очередном шаге конвейера цикл повторяется.

Рассмотренная схема управления имеет одну особенность. Состояние управляющих аппаратов (конечных выключателей) в положениях механизмов (рис. 55, б), отмеченных на циклограмме I и II, одинаково, а включаться должны разные механизмы (в положении I – цилиндр прошивки, ход вниз, в положении II – выбивная решетка).

Рефлексные системы управления, в которых любой комбинации состояний аппаратов соответствует только одна команда, называются однотактными. Если в системе управления каким-либо комбинациям состояний аппаратов должно соответствовать несколько команд, то такие системы называются многотактными.

Многотактные системы сложнее однотактных, и в них входит больше аппаратов. Выработка необходимой команды становится до некоторой степени затруднительной. Для получения нужной команды используют предыдущее положение аппаратов, т. е. вводят элемент «память».

В рассмотренном случае перед положением I толкатель совершал движение, а цилиндр прошивки был неподвижным. Перед положением II, наоборот, толкатель был неподвижен, а цилиндр прошивки совершал движение. Следовательно, предыдущее положение механизмов и аппаратов было различным и его можно использовать для получения нужной команды (фактически к данной комбинации состояний аппаратов добавляется еще один элемент — предыдущее их состояние и новые комбинации становятся уже различными и однозначно определяют новую команду). В приведенном примере роль элемента «память» выполняло промежуточное реле РП2.

Из рассмотренного примера видно, что даже при управлении относительно простой установкой рефлексная система становится довольно сложной. Заданную на рис. 55, б циклограмму работы установки весьма просто осуществить с помощью программного реле или командоаппарата. Однако такая система не только не гарантирует согласованную работу механизмов, но и вызывает непроизводительные простои механизмов в связи с настройкой аппаратов на наибольшие возможные длительности ходов механизмов.

В связи с этим в последнее время для автоматизации литейных машин и линий стали применяться командоаппараты шагового типа – шаговые распределители. По конструкции (рис. 57) они аналогичны шаговым искателям телефонного типа, но имеют контакты большей мощности. Якорь электромагнита 1 шагового распределителя механически связан с храповым механизмом 2, несущим токосъемник 3. При каждом включении электромагнита храповое колесо поворачивается на определенный угол и токосъемник 3 перемещается на один шаг, поочередно замыкая контакты полей а и б. Контактное поле а является силовым, поле б используется для цепей управления. Число позиций шагового распределителя может быть 5…24.

Кроме контактных полей а и б, шаговый распределитель имеет нормально закрытый контакт самопитания 4. При включении электромагнита шагового распределителя через этот контакт он будет периодически включаться и выключаться, перемещая токосъемник по контактному полю. В качестве примера использования шагового распределителя на рис. 58 приведена схема управления установкой для выбивки форм, показанной на рис. 55.

Замыкание каждого конечного выключателя вызывает поворот распределителя на один шаг и подключение электромагнитов в определенной последовательности непосредственно после окончания движения механизма или через некоторое время, заданное реле времени РВ1. Свободные контакты поля управления подключаются последовательно с контактом самопитания шагового распределителя.

Применение командоаппарата шагового типа позволяет упростить системы управления машин со сложными циклами. По существу в этом случае

объединяются рефлексная и программная системы управления. Переключение на следующую операцию происходит по сигналу о завершении предыдущей, порядок операций определяется подключением аппаратов к распределителю, т. е. заранее заданной программой. Это позволяет не только упростить схему управления, но и сократить (по отношению к жесткому программному управлению) непроизводительные простои механизмов из-за системы управления.

К недостаткам шаговых распределителей относятся сложность получения наладочных и полуавтоматических режимов и значительное время перехода с позиции на позицию (около 0,2 сек). Однако проведенные исследования показывают, что потери производительности автоматических машин и линий за счет времени срабатывания системы управления при применении шаговых распределителей значительно меньше, чем при применении жесткого программного управления, и приближаются к потерям производительности за счет времени срабатывания аппаратуры рефлексных релейно-контакторных систем.

Управление процессами разгона и торможения двигателей можно вести в функции времени, скорости и тока. Для управления в функции времени в литейных машинах обычно применяются электромагнитные реле времени, а иногда и программные многоцепные реле времени и командоаппараты. При управлении процессами разгона и торможения в функции скорости используют реле контроля скорости или косвенные методы контроля скорости.

При постоянном магнитном потоке э. д. с. якоря двигателя постоянного тока пропорциональна скорости его вращения, благодаря чему скорость двигателя можно контролировать по э. д. с. его якоря. При включении обмотки реле или контактора параллельно якорю к ней будет приложено напряжение, отличающееся от э. д. с. якоря только на величину падения напряжения в нем.

В качестве примера рассмотрим схему разгона и торможения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением, приведенную на рис. 59. Схема обеспечивает пуск двигателя с двумя пусковыми сопротивлениями Rn в цепи якоря. Управление пуском ведется в функции времени с помощью электромагнитных реле времени, называемых в этом случае реле ускорения.

При подаче напряжения к цепям управления срабатывает реле ускорения РУ1, которое открывает свой нормально закрытый контакт и тем самым не дает возможности преждевременно включиться контакторам КУ1 и КУ2, замыкающим пусковые сопротивления и поэтому называемым контакторами ускорения.

Нажатием кнопки КнП включается контактор К1, который замыкает свой главный контакт К1 в цепи якоря двигателя, шунтирует блок-контактом К1 пусковую кнопку и вторым блок-контактом размыкает цепь питания обмотки РУ1. Двигатель начинает разгоняться по первой искусственной механической характеристике, а реле РУ1 – отсчитывать время работы по ней. Реле времени РУ2 при этом сработает и разомкнет свой нормально закрытый контакт РУ2 в цепи контактора КУ2 (подготовка к отсчету времени). По истечении заданного времени реле ускорения РУ1 замкнет свой контакт РУ1,

включив контактор КУ1, шунтирующий первую ступень пускового реостата. Начинается разгон двигателя по второй искусственной механической характеристике и отсчет времени вторым реле ускорения РУ2, обмотка которого оказывается шунтированной контактом КУ1, т. е. обесточенной.

Отсчитав заданную выдержку времени, реле РУ2 замкнет свой контакт, включится второй контактор ускорения КУ2, который шунтирует вторую ступень пускового сопротивления. Двигатель переходит на работу по естественной характеристике.

Рассматриваемая схема обеспечивает динамическое торможение двигателя. Управление процессом торможения ведется в функции скорости по напряжению на якоре двигателя.

При нажатии кнопки КнС отключается контактор К1 подключая своим нормально закрытым контактом К1 обмотку реле торможения Р1 к якорю двигателя. Срабатывая, реле Р1 включает контактор торможения КТ, который замыкает якорь двигателя на сопротивление торможения R_m. Начинается динамическое торможение.

При уменьшении скорости до определенного предела э. д. с. якоря становится равной напряжению отпускания реле торможения Р1 Последнее, размыкая свой контакт Р1, отключает контактор торможения КТ. Дальнейшее торможение двигателя будет происходить под действием статического момента сопротивления.

При управлении процессами разгона и торможения асинхронных двигателей в функции скорости наиболее целесообразно использовать реле контроля скорости типа РКС, состоящее из постоянного магнита 1, вращающегося вместе с валом электродвигателя, и короткозамкнутого ротора 2 в виде беличьей клетки (рис. 60, б). Ротор 2 несет рычаг, переключающий контактную группу 3. Реле контроля скорости работает на принципе динамического торможения. Если вращать магнит 1, то ротор будет испытывать момент, приводящий к замыканию контактов при определенной скорости. Скорость, при которой замыкаются контакты реле, регулируется изменением натяжения пружин 4.

Применение реле контроля скорости рассмотрим на примере динамического торможения короткозамкнутого асинхронного двигателя дробеметной головки очистного барабана (рис. 60, а).

Пуск двигателя в рассматриваемой схеме производится без ограничения пусковых токов и никаких особенностей не имеет.

При нажатии кнопки КнС разрывается цепь питания обмотки контактора К1, он отключается и отсоединяет двигатель от сети. Одновременно его блокировочный контакт К1 включает контактор торможения КТ (контакт РКС реле контроля скорости при вращении двигателя замкнут). Контактор КТ своими контактами подключает трансформатор Тр к сети и выпрямленное напряжение к двум фазовым выводам двигателя. Начинается процесс динамического торможения. При достаточном снижении скорости реле контроля ско-

рости разрывает свой контакт и отключает контактор торможения КТ. Последний отключает трансформатор Тр от сети и выпрямитель Вп от двигателя.

Реле контроля скорости является надежным и простым аппаратом, хорошо зарекомендовавшим себя на практике. В литейных машинах оно часто применяется при торможении противовключением двигателей дробеметных головок очистных камер и барабанов. Это реле с успехом может использоваться, например, для автоматической блокировки последовательно работающих конвейеров с целью предотвращения завалов при обрывах лент и других аварийных остановках какого-либо конвейера системы.

Процессы управления разгоном и торможением асинхронного двигателя с фазовым ротором в функции времени с дополнительным контролем по току рассмотрим на примере привода центробежной машины для отливки труб (мощность двигателя 215 кВт). Разгон и торможение двигателя (рис. 61) производится с ограничением пусковых токов введением сопротивлений в цепь ротора. Управление процессами разгона и торможения осуществляется с помощью командоэлектроаппарата.

Для начала работы необходимо нажатием кнопки КнЗ включить цепь подготовки управления. При этом срабатывает реле напряжения РН, блокируя своим контактом РН кнопку КнЗ и подключая двумя другими контактами напряжение к цепям управления. В цепь подготовки управления (нулевой защиты) включен контакт КЭП-2, замкнутый в исходном положении командоаппарата, что исключает возможность пуска двигателя без ограничения пусковых токов. В эту же цепь включены нормально закрытые контакты реле максимального тока РМ1, РМ2, РМЗ (максимальной защиты двигателя),

Командоаппарат КЭП начинает работать после замыкания цепи его электромагнита КЭП-Эм кнопкой КнП (электромагнит КЭП-Эм включает контакт КЭП-1 в цепи двигателя КЭП-М). Если командоаппарат не был в исходном положении, например, после срабатывания нулевой или максимальной защиты, то цепь подготовки пуска не замкнется (контакт КЭП-2 разомкнут), а КЭП начнет работать, переключая свои контакты согласно циклограмме. Закончив цикл и придя в исходное положение, двигатель КЭП-М отключится, так как разомкнется контакт КЭП-1. Замыкание и размыкание контактов КЭП в этом случае не приводит к срабатыванию других аппаратов, так как напряжение к ним не подводится.

После включения цепей подготовки пуска и начала работы КЭП замыкается контакт КЭП-5, включая обмотку промежуточного реле РП2. Через контакт реле РП2 включаются обмотки контакторов К1 и К.Т. Контактами контактора К1 статор двигателя подключается к сети, а контактами контактора КТ закорачиваются сопротивления противовключения в цепи ротора на все время включения двигателя. Начинается разгон двигателя по искусственной характеристике с полностью включенными в цепь ротора пусковыми сопротивлениями.

Затем замыкается контакт КЭП-6, включая промежуточное реле РПЗ. Один его нормально открытый контакт включает контактор ускорения КУ1,

шунтирующий первую ступень пускового реостата, а второй подготавливает цепь включения обмотки следующего промежуточного реле РП4. Двигатель переходит на следующую искусственную механическую характеристику. Аналогично шунтируются остальные четыре ступени пусковых сопротивлений в цепи ротора после замыкания контактов КЭП-7… КЭП-10 и включения контакторов ускорения КУ2…КУ5. Двигатель выходит на естественную механическую характеристику.

Для ограничения тока при шунтировании пусковых сопротивлений в схеме предусмотрено трехобмоточное реле контроля тока РКТ, включенное через трансформаторы тока ТрТ1 и ТрТ2. При недопустимой величине пускового тока реле РКТ разорвет свой нормально закрытый контакт РКТ в цепи питания двигателя КЭП-М и отключит его, т. е. прекратит шунтирование пусковых сопротивлений, пока ток не уменьшится до допустимой величины.

С помощью переключателя скоростей В1 можно последовательно отключить промежуточные реле РП4…РП7. При этом разгон двигателя будет заканчиваться на соответствующей реостатной характеристике, а двигатель будет работать с сопротивлениями в цепи ротора, т. е. с пониженной скоростью.

По истечении установленного времени работы двигателя контакты КЭП-5…КЭП-10 размыкаются. Обмотки контакторов К1 и КТ отключаются. Статор двигателя отключается от сети, а в цепь ротора вводятся все сопротивления, в том числе и сопротивления противовключения. Почти одновременно с размыканием контакта КЭП-5 замыкается контакт КЭП-4, включающий промежуточное реле РП1. Своим нормально открытым контактом оно замыкает цепь питания контактора К2, благодаря чему двигатель подключается к сети на торможение противовключением. Длительность противовключения определяется временем замыкания контакта КЭП-4 и должна быть отрегулирована при наладке. По окончании торможения размыкается контакт КЭП-1 и двигатель КЭП-М отключается. Цикл работы закончен.

Для аварийной остановки машины используется кнопка Кн2. При ее нажатии обесточивается цепь подготовки пуска. Нормально открытый контакт реле напряжения РН отключает схему переключения пусковых сопротивлений, вследствие чего все сопротивления включаются в цепь ротора. Одновременно замыкается цепь питания реле РП1, которое включает контактор К2. Двигатель переключается на торможение противовключением. Торможение длится столько времени, сколько оператор воздействует на кнопку Кн2.

Отключение цепей управления осуществляется с помощью кнопки Кн1. Для наблюдения за нагрузкой двигателя во время работы используется амперметр А.

Назначение:

Комплекс программ позволяет производить расчеты электрических величин при повреждениях в трехфазной симметричной сети любого напряжения и рассчитывать уставки релейной защиты. Разработка предназначена для служб, занимающихся расчетами уставок релейной защиты в энергосистемах

и ОДУ, для организаций, занимающихся проектированием и выбором устройств релейной защиты и автоматики для электросетевых объектов.

Технические характеристики:

1) Моделирование сети объемом до 3000 узлов и 7500 связей;

2) Количество ветвей объединенных взаимоиндукцией до 2000;

3) Максимальное количество ветвей водной группе ветвей с взаимной индукцией - 20;

Время расчета предаварийного напряжения в сети, содержащей 612 узлов и 1152 связи,на ПЭВМ IBM PC/AT с арифметическим сопроцессором и тактовой частотой 12 МГц составило 4 сек.;

В полном объеме программа требует 3 Мб памяти на жестком диске и не менее 540 Кб оперативной памяти.

Возможности:

С помощью комплекса программ можно рассчитывать все виды электрических величин в симметричных, фазных, междуфазных составляющих, а также все возможные отношения U/I при однократных и многократных продольных и поперечных видах несимметрий с учетом активной составляющей сопротивлений и отличия величины сопротивлений прямой и обратной последовательностей.

При этом реализованы:

1) коммутации с ветвями (отключение и заземление, изменение топологии и параметров, подключение новых ветвей);

2) коммутации с группами ветвей образующих в сети единое целое, как-то: линии и n-обмоточные трансформаторы.

Расчеты можно производить в полной сети для фиксированных мест замеров (до 100, в том числе в одном или двух поясах присоединений относительно заданных узлов), перемещая место несимметрии и меняя вид несимметрии (вариантные расчеты), а также по месту повреждения, то есть при перемещении места несимметрии меняется список мест замеров, являющимися одним или двумя поясами присоединений относительно места несимметрии.

В составе комплекса программ разработан специализированный редактор ввода заданий, позволяющий формировать задание на расчет как в диалоговом режиме с помощью меню ключевых слов и подсказок, описывающих формат вводимой информации, так и в режиме свободного формирования без использования меню и подсказок.

В состав комплекса включены также средства для определения места повреждения, а именно:

1) построение таблиц электрических величин (3I0,3U0 или I2,U2) и их отношений;

2) непосредственное определение места повреждения по показаниям фиксирующим приборов, в том числе для ВЛ с отпайками.

Программа эквивалентирование, входящая в состав комплекса программ, позволяет производить эквивалентирование сети к любому числу узлов

и строить новую сеть на базе эквивалента. При этом эквивалентные связи представляются:

1) простыми ветвями, соединяющими узлы с одинаковой ступенью напряжения;

2) трансформаторными ветвями, соединяющими узлы с разными ступенями напряжения;

3) генераторными ветвями, если к узлу примыкает источник тока.

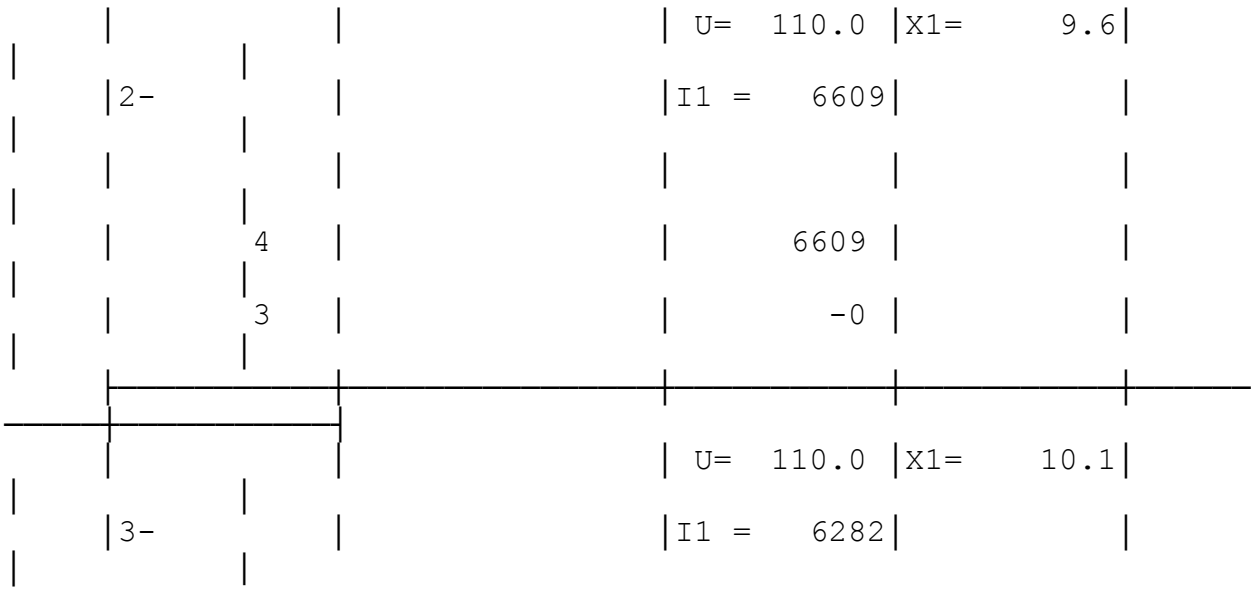
Для расчётов токов короткого замыкания данные по узлам приведены в главе 2 таблица 2.1.

Таблица 3.1 - Исходные данные

Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R1	X1	E;K;B(c);
			Фаза	N эл.		
4	0	0	5	0.000	12.000	220.000
			0.000	0		
3	0	5	6	0.000	15.000	1.000
			0.000	0		
3	0	6	4	0.000	0.200	2.000
			0.000	0		
0	0	4	2	0.000	2.810	0.000
			0.000	0		
0	0	2	3	0.000	0.500	0.000
			0.000	0		
0	0	3	1	0.000	1.100	0.000
			0.000	0		

Таблица 3.2 - Результаты расчетов токов к.з.

узел	наименование	I(1)3	I(1)1	I(2)1	3I(0)1
		U= 110.0	X1= 11.2		
1-		I1 = 5665			
3		5665			



3.2 Выбор основного оборудования на подстанции «Западная»

Проводники и аппараты электроустановок, в том числе распределительные устройства подстанций должны удовлетворять всем режимам функционирования соответствующих электроустановок или их отдельных частей – нормальному ремонтному, аварийному и послеаварийному.

В нормальном режиме все элементы электроустановок или ее рассматриваемые части, находятся в работе и функционируют в соответствии с запланированными для них нагрузками и качественными показателями.

Для выбора аппаратов принимается наибольший ток нормального режима.

В ремонтном и послеаварийном режимах возможно повышение нагрузки отдельных элементов, резервирующих ремонтирующее или отказавшее оборудование.

Из двух последних режимов выбираем наиболее тяжелый, когда в рассматриваемом элементе электроустановки проходит наибольший ток, ток при к.з.

Таблица 3.3 - Параметры трансформатора

№ пункта	Тип трансформатора	$\Delta U_{к\%}$	$\Delta P_к$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$\Delta Q_{хх}$, квар	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом
ПС Западная	ТРДН-25000/110	-	120	27	175	2.54	55.9

Выбор разъединителей и отделителей.

Производится по [8].

1) по напряжению установки:

$$U_{расч} \leq U_{ном};$$

2) по току:

$$I_{аварийн} \leq I_{ном};$$

$$I_{max} \leq I_{ном}.$$

3) по электродинамической стойкости:

$$i_y \leq i_{пр.с.};$$

$$I_{по} \leq I_{пр.с.}$$

где $i_{пр.с.}$, $I_{пр.с.}$ – предельный сквозной ток (амплитуда и действующее значение);

4) по термической стойкости:

$$B_K \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер},$$

где $B_к$ – тепловой импульс по расчету кА^2·с;
$I_{тер}$ – предельный сквозной ток термической стойкости;
$t_{терм}$ – длительность протекания предельного тока термической стойкости.

По [9] на напряжение 110 кВ выбираем:
Разъединитель – РНДЗ.2–110/1000 11;
Результаты проверки сводим в таблицу 3.3.

Таблица 3.4 Параметры разъединителя 110 кВ

Расчетные данные	Разъединители РНДЗ.2-110/1000У1
1) $U_{уст}$=110 кВ	$U_н$=110 кВ
2) I_{max}=113,5 А	$I_{ном}$=1000 А
3) i_y=19,753 кА	$I_{пр.с.}$=80 кА
4) $B_к$=14,26 кА^2·с	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 31{,}5^2 \cdot 4 = 3969$ кА^2·с

По [9] на напряжение 10 кВ выбираем разъединитель РВР-Ш10/2000 УЗ.
Результаты проверки сводим в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 Параметры разъединителя 10 кВ

Расчетные данные	РВР-Ш-10/2000 УЗ
1) $U_{уст}$=10 кВ	$U_{ном}$=10 кВ
2) I_{max}=709,5 А	$I_{ном}$=2000 А

3) i_y=22,083 кА	$I_{пр,с.}$=85 кА
4) $B_к$=15,72КА2.с	$I^2_{терм} \cdot t_{терм} = 31{,}5^2 \cdot 4 = 3969$ кА^2·с

Выбор выключателей на стороне низкого напряжения подстанции. По [9] выбираем выключатель ВМПЭ-10-1000-2043. Результаты проверки сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 Параметры выключателя 10

Расчетные данные	3АН-10 кВ (simens)
1) $U_{уст}$=10 кВ	$U_{ном}$=10 кВ
2) I_{max}=709,5 А	$I_{ном}$=1000 А
3) i_y=22,083 кА	$I_{отк.ном.}$=20 кА
4) $i_{a\tau}$=1464,1 А	$I_{а,ном} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_н \cdot I_{0отк}}{100 \cdot h \cdot \sqrt{2} \cdot 0{,}1 \cdot 20000} = 2820$ А
5) $I_{КЗ}$=8,653 кА	$I_{дин}$=20 кА
6) i_y=22,083 кА	$I_{дин}$=52 кА
7) $B_К$=15,72 кА^2·с	$I^2_{терм} \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 8 = 3200$ кА^2·с

3.3 Выбор измерительного оборудования

Выбор трансформаторов тока и трансформатора напряжения для присоединения измерительных приборов.

Контроль за режимом работы основного и вспомогательного оборудования на подстанциях осуществляется с помощью контрольно-измерительных приборов.

Выбор трансформатора напряжения на сборных шинах 10 кВ.

1) По напряжению $U_{уст} \leq U_{ном}$;

2) По конструкции и схеме соединения обмоток;

3) По классу точности;

4) По вторичной нагрузке $S_{c\Sigma} \leq S_{ном}$,

где $S_{ном}$ - номинальная мощность в выбранном классе точности,

$S_{c\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле.

Перечень необходимых измерительных приборов принимаем по [8] и сводим в таблицу 3.7. Данные об измерительных приборах берем из [8].

Из справочника [8] выбираем трансформатор напряжения на номинальное напряжение 10 кВ, НТМИ-10-66УЗ ТЗ, $S_{2ном}$=120 ВА в классе точности 0,5. Таким образом, данный трансформатор напряжения будет работать в классе точности 0,5.

Таблица 3.7 - Перечень измерительных приборов.

Прибор	Тип	S одной обмотки, ВА	Число обмоток	Число приборов	Общая потребляемая мощность

Вольтметр (сборные шины)		Э377	2	1	1	2
Ваттметр	Ввод 10 кВ от трансформатора	Д-335	1,5	2	1	3
Счетчик активный		И670	1,5	2	1	3
Счетчик реактивный		И689	3	2	1	6
Счетчик активный	Линии 10 кВ	И670	1,5	2	10	30
Счетчик реактивный		И689	3	2	10	60
Итого: $S_{2\Sigma}$, ВА						104

Для соединения трансформатора напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКРВГ с сечением жил 2,5 мм^2 по условию механической прочности.

Выбор трансформатора тока.

Трансформаторы тока выбирают:

1) По напряжению установки $U_{уст} \leq U_{ном}$;

2) По току $I_{норм} \leq I_{ном}$; $I_{мах} \leq I_{1\ ном}$;

3) По электродинамической стойкости: $i_у \leq i_{дин}$;

4) По термической стойкости: $B_к \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$;

5) По вторичной нагрузке: $Z_2 \leq Z_{2\ ном}$,

где Z_2 - вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z_{2\ ном}$ - номинальная допустимая нагрузка ТТ в выбранном классе точности.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому $Z_2 \approx r_2$. Вторичная нагрузка состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов.

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_к , \qquad (3.1)$$

Выбираем трансформатор тока в цепи ввода 10 кВ трансформатора.

По справочнику [9] принимаем ТПЛК10-УЗ коэффициент трансформации $К_{тт}$=80015.

Таблица 3.8. Параметры ТТ 10 кВ

Расчетные данные:	Паспортные данные:
1) $U_{уст}$=10 кВ	$U_{ном}$=10 кВ
2) I_{max}=709,5 А	$I_{ном}$= 800 А

3) $i_у$=22,083 кА	$i_{дан}$=74,5 кА
4) $B_к$=15,72 кА^2·с	$I^2_{трс} \cdot t_{тер} = 27^2 \cdot 4 = 2916$ кА^2·с.
5) $r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_к$	$r_{2\ ном}$=0,40 Ом

Таблица 3.9 Вторичная нагрузка трансформаторов тока.

Прибор	Тип	Нагрузка фаз А, В, С		
		А	В	С
Амперметр	7-335	-	0,5	-
Прибор	Тип	Нагрузка фаз А, В, С		
		А	В	С
Счетчик активный	И-670	2,5	-	2,5
Счетчик реактивный	И-689	2,5	-	2,5
Итого:		5,5	0,5	5,5

Из таблицы 3.9 видно, что более загружены трансформаторы тока фаз А и С.

Общее сопротивление приборов.

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2}, \qquad (3.2)$$

$$r_{приб} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом}.$$

Допустимое сопротивление проводов.

$r_{пр}$-$r_{ном}$-$r_{приб}$-$r_к$=0,4-0,22-0,1 =0,08 Ом.

Для соединения трансформатора тока с приборами применяем кабель с алюминиевыми жилами, ориентировочная длина L=6 м [5], тогда сечение:

$$q = \frac{p \cdot l}{r_{пр}}, \qquad (3.3)$$

$$q = \frac{0,0283 \cdot 6}{0,08} = 2,1 \text{ мм}^2.$$

Принимаем контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 2,5 мм^2.

Выбираем ТТ на стороне высокого напряжения силового трансформатора $S_{номт}$=10000 кВ. Номинальный ток трансформатора.

$$I_{max} = 1{,}4 \cdot I_{номт} = 1{,}4 \cdot 52{,}5 = 73{,}6 \text{ А}.$$

По справочнику [6] принимаем ТФЗМ 110-У1, с коэффициентом трансформации $К_т$=75/5.

Таблица 3.10 Параметры ТН

Расчетные данные:	Паспортные данные:
1) $U_{уст}$=110 кВ	$U_{ном}$=110 кВ
2) I_{max}=73,6 А	$I_{ном}$= 75 А
3) $i_у$=19,753 кА	$i_{дан}$=126 кА
4) $B_к$=14,26 $кА^2 \cdot с$	$I^2_{трс} \cdot t_{тер} = 26^2 \cdot 3 = 20286$ $кА^2 \cdot с$.
5) $r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_к$	$r_{2\ ном}$=1,20 Ом

Согласно [8] вторичной нагрузкой трансформатора тока на стороне ВН силового трансформатора является амперметр Э-335.

Потребляемая мощность: $S_{приб}$=0,5 ВА.

Сопротивление прибора:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2}, \qquad (3.4)$$

$$r_{приб} = \frac{0{,}5}{5^2} = 0{,}02 \text{ Ом}.$$

Допустимое сопротивление прибора.

$r_{пр}$-$r_{ном}$-$r_{приб}$-$r_к$=1,2-0,02-0,1 =1,08 Ом.

Для соединения трансформатора тока с приборами применяем кабель с алюминиевыми жилами, ориентировочная длина L=75м [8]. Тогда сечение:

$$q = \frac{p \cdot l}{r_{пр}}, \qquad (3.5)$$

$$q = \frac{0{,}0283 \cdot 75}{1{,}08} = 1{,}97 \text{ мм}^2.$$

Принимаем контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 2,5 $мм^2$.

3.4 Выбор гибких шин

В РУ 110 кВ и выше применяются гибкие шины, выполненные проводом марки АС. Так как сборные шины по экономической плотности тока не выбирают, принимаем сечение по допустимому току при максимальной нагрузке на шинах, равной току как более мощного присоединения.

$$I_{норм} = \frac{S_{ном.т.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.6)$$

где $S_{ном.\,т.}$ – мощность трансформатора.

$$I_{норм} = \frac{25000}{1{,}73 \cdot 110} = 131{,}4 \text{ А},$$

$$I_{норм} = \frac{1{,}35 \cdot 25000}{1{,}73 \cdot 110} = 1774 \text{ А}.$$

Принимаем провод АС 95/16.

$D_{пр}$=13,5 мг, $I_{доп}$=330 А

$I_{доп} > I_{max}$

Проверку шин на схлестывании не проводят, так как $I_{КЗ}$=18,33 кА<20 кА.

Проверку на термическое действие токов короткого замыкания не делаем, т.к. шины выполнены голыми проводами на открытом воздухе.

Проверка по условиям короны.

Определяем начальную критическую напряженность.

$$E_0 = 30{,}3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0{,}299}{\sqrt{r_0}}\right), \quad (3.7)$$

где m - коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода (для многопроволочных проводов m=0,82);

r_o - радиус провода.

$$E_0 = 30{,}3 \cdot 0{,}82 \cdot \left(1 + \frac{0{,}299}{\sqrt{0{,}68}}\right) = 33{,}9 \ \frac{кВ}{см},$$

Определяем напряженность вокруг провода:

$$E = \frac{0{,}354 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{ср}}{r_0}}, \quad (3.8)$$

где $U = 1{,}1\ U_{ном} = 121$ кВ - напряжение, поддерживаемое на шинах подстанции;

$D_{ср} = 13{,}26$ - при горизонтальном расположении фаз;

$D = 95$ см - расстояние между фазами.

$$E = \frac{0{,}354 \cdot 121}{0{,}68 \cdot \lg \frac{1{,}26 \cdot 95}{0{,}68}} = 28{,}1 \ \frac{кв}{см}.$$

Условие проверки

$$1{,}07 \cdot E \le 0{,}9 \cdot E_0,$$

$$1{,}07 \cdot 28{,}1 < 0{,}9 \cdot 33{,}9,$$

$$30{,}1 < 31.$$

Таким образом, провод АС 95/16 по условиям короны проходит.

3.5 Выбор жестких шин

В закрытых РУ 6-10 кВ ошиновки выполняются жесткими алюминиевыми шинами.

Согласно ПУЭ сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых РУ всех напряжений по экономической плотности тока не проверяются.

Определяем расчетные токи продолжительных режимов:

$$I_{норм} = I_{ном.т.} = \frac{S_{ном.т.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \qquad (3.9)$$

$$I_{max} = 1{,}35 I_{ном.т.}, \qquad (3.10)$$

где $S_{номт}$ – номинальная мощность трансформатора.

$$I_{норм} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 131{,}4 \ А;$$

$$I_{max} = 1{,}35 \cdot 131{,}4 = 177{,}4 \ А.$$

Выбираем сечение алюминиевых шин по допустимому току, так как шинный мост, соединяющий трансформатор с ЗРУ, небольшой длины и нахо-

дится в пределах подстанции. Принимаем однополосные шины (20·3) мм^2; $I_{доп}$=215 А.

Проверяем шины по условию нагрева в продолжительном режиме.

$I_{мах}$=177,4 А<$I_{доп}$=215 А.

Проверяем шины на термическую устойчивость:

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_К}}{C}, \qquad (3.11)$$

где $B_к$ - импульс квадратичного тока;

$$C = 91 \cdot \frac{A \cdot c^{\frac{1}{2}}}{мм^2}.$$

$$C = 91 \ \frac{A \cdot c^{\frac{1}{2}}}{мм^2},$$

$$q = \frac{\sqrt{14{,}11 \cdot 10^6}}{91} = 41{,}28 \ мм^2$$

Проверяем шины на механическую прочность. Определим пролет при условии, что частота собственных колебаний будет больше 200 Гц:

$$200 \geq \frac{173{,}2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}, \qquad (3.12)$$

где l - длина пролета между изоляторами;

j - момент инерции поперечного сечения шины относительно оси, перпендикулярной направлению изгибающей силы, см^4;

q - поперечное сечение шин.

Отсюда

$$l^2 = \frac{173{,}2}{200} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}.$$

Если шины расположены на ребро, а полосы в пакете жестко связаны между собой, то момент инерции определяется:

$$j = 0{,}72 \cdot b^3 \cdot h = 0{,}72 \cdot 0{,}3^3 \cdot 2 = 0{,}04 \ см^4. \qquad (3.13)$$

Тогда:

$$l^2 \le \frac{173,2}{200} \cdot \sqrt{\frac{0,04}{2}} = 0,12 \text{ м}^2;$$

$$l \le \sqrt{0,12} = 0,35 \text{ м}.$$

Если шины на пролетах расположены плашмя, то:

$$j = \frac{b \cdot h^3}{6} = \frac{0,3 \cdot 2^3}{6} = 0,4 \text{ см}^4 \qquad (3.14)$$

$$l^2 \le \frac{173,2}{200} \cdot \sqrt{\frac{0,4}{2}} = 0,39 \text{ м}^2;$$

$$l \le \sqrt{0,39} = 0,62 \text{ м}.$$

Этот вариант расположения шин позволяет увеличить длину пролета до 1 м, т.е. дает значительную экономию пролетов. Принимаем расположение шин плашмя; пролет 1м; расстояние между фазами а=0,8 м.

Определяем расстояние между прокладками.

$$I_п \le 0,216 \cdot \sqrt{\frac{a_п}{i_у}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot j_п}{K_ф}} \qquad (3.15)$$

где $a_п$ - расстояние между осями полос, см; $a_п = 2 \cdot 0.3 = 0.6$ *см*;

$K_ф$ - коэффициент формы принимаем 0,5;

E - модуль упругости материала шин принимаем равным $7 \cdot 10^{10}$ Па;

$i_у$ - ударный ток, А.

$$l_п \le 0,216 \cdot \sqrt{\frac{0,8}{50300}} \sqrt[4]{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 0,005}{0,5}} = 0,01 \text{ м};$$

$$j_п \le \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{2 \cdot 0,3^3}{12} = 0,005 \text{ см}^4.$$

Механическая система две полосы-изолятор должна иметь частоту собственных колебаний больше 200 Гц, чтобы не произошло резкого увеличения усилия в результате механического резонанса.

Исходя из этого величина $l_П$ выбирается по следующему условию

$$l_{П} \le 0{,}133 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J_{п}}{m_{п}}} \cdot 10^{-2} \qquad (3.16)$$

где $m_п = 0.162\ кг/м$ - масса полосы на единицу длины.

$$l_{п} \le 0{,}133 \cdot \sqrt[4]{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}005}{0{,}162}} \cdot 10^{-2} = 0{,}02 \text{ м.}$$

Принимаем меньшее значение $l_{п} = 0{,}02$ м.
Число прокладок в пролете:

$$n = \frac{l}{L_{п}} - l = \frac{1{,}2}{0{,}02} - 1 = 1{,}25.$$

Принимаем n=2.
При двух прокладках в пролете расчетный пролет:

$$l_{п} = \frac{l}{n+1}, \qquad (3.17)$$

$$l_{п} = \frac{1{,}2}{3} = 0{,}4 \text{ м.}$$

Определим силу взаимодействия между полосами:

$$f_{п} = \frac{K_{ф} \cdot i_{у}^{2} \cdot 10^{-7}}{4 \cdot b}, \qquad (3.18)$$

где $b = 3$ мм $= 0{,}003$ м.

$$f_{п} = \frac{0{,}5 \cdot 50300}{4 \cdot 0{,}003} \cdot 10^{-7} = 2095 \cdot \frac{Н}{м}.$$

Определим напряжение в материале полос:

$$\sigma_{п} = \frac{f_{п} \cdot l_{п}^{2}}{12 \cdot W_{п}}, \qquad (3.19)$$

где $W_{п} = \frac{0{,}3^{2} \cdot 2}{6} = 0{,}03$ см^3

$$\sigma_{п} = \frac{2095 \cdot 0{,}3^2}{12 \cdot 0{,}03} = 37{,}6 \text{ МПа}$$

Определим напряжение в материале шин от взаимодействия фаз:

$$\sigma_{ф} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 \cdot i_y^2}{aW_{ф}}, \quad (3.20)$$

где момент сопротивления рассчитывается по формуле:

$$W_{ф} = \frac{b \cdot h^2}{3}, \quad (3.21)$$

$$W_{ф} = \frac{0{,}3 \cdot 2^2}{3} = 0{,}4 \text{ см}^3,$$

$$\sigma_{ф} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1{,}2^2 \cdot 50300^2}{0{,}8 \cdot 1{,}2} = 6{,}6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{расч} = \sigma_{ф} + \sigma_{доп},$$

$$\sigma_{расч} = 37{,}6 + 6{,}6 = 44{,}2.$$

$$\sigma_{расч} = 37,6 + 6,6 = 44,2$$

Таким образом, шины механически прочны.

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Краткое описание проектируемого объекта

В данном проекте разрабатывается трансформаторная подстанция 110/10кВ. На подстанции установлены элегазовые выключатели на стороне 110кВ наружной установки. Оборудование 10кВ находится в шкафах КРУН.

4.2 Вредные и опасные факторы

4.2.1 Электромагнитные поля

В ОРУ и вблизи линий электропередачи, особенно 110 кВ и выше, токоведущими частями создается переменное электромагнитное поле. Оно характеризуется в основном напряженностью электрической составляющей поля Е, В/м, которая в РУ напряжением 10 кВ на высоте роста человека может достигнуть достаточно больших значений. Напряженность магнитной составляющей поля незначительна - 10-20 А/м, поэтому ее влиянием пренебрегают.

Электрическое поле неблагоприятно влияет на центральную нервную систему человека, вызывает учащенное сердцебиение, повышенное кровяное давление и температуру тела. Работоспособность человека падает. Он быстро утомляется. Воздействие на человека электрического поля зависит от его напряженности и длительности пребывания в зоне влияния.

Нормы для электрической напряженности (без применения защитных средств), согласно ГОСТ 12.1.00б-84[б] приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Допустимое время пребывания в электромагнитном поле

Напряженность поля Е, кВ/м	5	10	15	20	25

Допустимое время пребывания в электрическом поле	8 ч	3 ч	1,5ч	10мин	5мин

В электроустановках 220 кВ и выше применяют сетчатые экраны, навешивают экранирующие козырьки и тросы, которые надежно заземляют. Козырьки устанавливают под шкафами аппаратуры управления, щитками и сборками. Навесы устанавливают над проходами и участками ОРУ, с которых осматривается оборудование. Также используют временные передвижные экраны.

Для защиты от воздействия электрического поля применяют защитные костюмы из металлизированной ткани, снабженные гибким проводом для заземления. Этот костюм полностью экранирует тело человека и исключает протекание по нему емкостного тока.

4.2.2 Шум и вибрация

В результате гигиенических исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем.

Вибрации также неблагоприятно воздействуют на организм человека, они могут быть причиной функциональных расстройств нервной и сердечно сосудистой систем, а также опорпо-двигательного аппарата. Эти заболевания сопровождаются головными болями, головокружением, повышенной утомляемостью. Длительное воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, успешное лечение которой возможно только на ранней стадии ее развития.

Эффект воздействия вибраций на человека зависит от их характеристик (амплитуда, частота, период). Общие воздействия связаны с резонансными колебаниями отдельных частей тела и внутренних органов. Например, резонансная частота отдельных частей тела и внутренних органов (желудок, органы брюшной полости) равна 7-8 Гц, резонансная частота глазного яблока - 80 Гц. Колебания с указанными частотами на рабочих местах весьма опасны, так как могут вызвать разрывы и повреждения органов человека.

При вибрациях малой частоты и переменного периода, которые ощущаются как тряска или толчки, могут возникать опасные перемещения тела, ушибы. Выполнение рабочих движений затруднено. Плавные низкочастотные колебания ощущаются как качка. Укачивание ("морская болезнь") возникает, как правило, при повышенной чувствительности рецепторов вестибулярного аппарата и внутренних органов.

Нормативным документом для нормирования шума является ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ указанные в табл. 4.2.

Таблица 4.2 Допустимые уровни звукового давления и уровни звука

Уровень звукового давления [дБ] Октавы со среднегеометрическими частотами [Гц]							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
99	92	86	83	80	78	76	74
Уровень звука, дБА							
не более 85							

Согласно ГОСТ 12.4.012-75 установлены предельно допустимые параметры вибрации, указанные в табл. 4.3.

Таблица 4.3 Допустимые парметры вибрации

Частота колебаний, Гц	Амплитуда наибольших перемещений при колебаниях, мм	Скорость колебательных движений, мм/с
2	1,28	11,5
4	0,28	5
8	0,056	2
16	0,028	2
31,5	0,014	2
63	0,0072	2

Строительные нормы и правила СНиП 11-12-77 предусматривают защиту от шума строительно-аккустическими методами:

а) звукоизоляция ограждающих конструкций,

б) установка впомещениях звукопоглощающих конструкций,

в) применение глушителей аэродинамического шума,

г) правильная планировка и застройка территорий городов.

А также одним из основных методов уменьшения шума на производственных объектах является снижение шума в самих его источниках.

Методами снижения вибрации являются:

а) снижение вибрации в источнике ее возникновения,

б) конструктивные методы (виброгашение, виброденфирование - подбор определенных видов материалов, виброизоляция),

в) организационные меры,

г) организация режима труда и отдыха,

д) использование средств индивидуальной защиты (защита опорных поверхностей).

4.2.3 Освещение

Из общего объема информации человек получает через зрительный канал около 80%. Качество поступающей информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительно количественно или качественно оно не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерациональное освещение может явиться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация может привести к взрыву, пожару и несчастным случаям. При неудовлетворительном освещении, кроме того, снижается производительность и увеличивается брак продукции. Используется три вида освещения — естественное, искусственное и совмещенное.

Для оценки условий освещения пользуются понятием освещённости Е, измеряемой в люксах (лк.).

ОРУ подстанции освещается естественным светом, КРУН – боковым односторонним.

Оценка количественной характеристики естественного освещения выражается через КЕО в процентах. КЕО – отношение естественной освещённости, создаваемой светом, к значению одновременно наружной горизонтальной освещённости, создаваемой светом полного открытого небосвода, %:

$$КЕО = \frac{E_{ВН}}{E_{Н}} \qquad (4.1)$$

Факторы, учитываемые при нормировании искусственного освещения:

1. Характеристика зрительной работы;
2. Минимальный размер объекта различения с фоном;
3. Разряд зрительной работы;
4. Контраст объекта с фоном;
5. Светлость фона (характеристика фона);
6. Система освещения;
7. Тип источника света.

Кроме освещенности следует учитывать такие параметры света как:

1. направление светового потока;
2. отсутствие резкой границы в яркости рабочих поверхностей и окружающего поля зрения;
3. отсутствие слепящего действия источника света;
4. равномерность и постоянство освещения в зоне обзора и в поле зрения;
5. благоприятный спектр света, близкий к дневному;

Если по технико-экономическим причинам нельзя обеспечить оптимум, то освещение должно быть не менее предельно-допустимого.

Для работы в тёмное время суток на ОРУ и в КРУН применяется искусственное освещение. Искусственное освещение подразделяется на рабочее и аварийное освещение.

Рабочее освещение – освещение, необходимое для осуществления трудового процесса.

Аварийное освещение – освещение для продолжения работы при отключении рабочего освещения.

Рабочее освещение ОРУ 110кВ выполняется прожекторами, установленными на осветительных мачтах. Освещение КРУН предусмотрено светильниками с газоразрядными лампами.

Нормы освещённостей для искусственного освещения рассматриваются в СНиП-II-4-79.

Питание источников аварийного освещения осуществляется от независимых источников питания. Для аварийного освещения применяются светильники с лампами накаливания.

Проектирование электропривода неотделимо от разработки конструкции литейной машины. Уже на ранних стадиях создания новой машины технолог, конструктор и электрик должны решать, какими средствами лучше осуществить намеченный технологический процесс, т. е. выбрать кинематическую схему машины, тип и структуру ее привода, которые в процессе разработки корректируются и уточняются. Исходными данными для проектирования электропривода являются параметры движения рабочих органов машины, выбранные на основе технологического процесса. Вопросы выбора структуры электропривода, типа и мощности двигателя, а также некоторые элементы проектирования систем управления рассмотрим на двух простейших примерах.

Пример 1. Центробежный ваграночный вентилятор. Пусть в вагранку производительностью 2 т/ч жидкого чугуна необходимо подавать 1800 м3 /ч (0,5 м3/с) воздуха под избыточным давлением 7,5 ·103 Н/м2 (750 мм вод. ст.). Выбранный центробежный вентилятор обеспечивает заданную подачу воздуха при скорости вращения $n_в$ = 2900 об/мин. Необходимо выбрать двигатель и схему привода вентилятора.

К приводу ваграночного вентилятора особых требований в отношении стабильности скорости вращения, пуска и торможения не предъявляется. Поэтому целесообразно использовать асинхронный двигатель нормального исполнения. Обычно ротор ваграночного вентилятора непосредственно соединяют с валом двигателя, так как заданная скорость вращения вентилятора (пв = = 2900 об/мин) близка к номинальной скорости вращения асинхронных двигателей нормального исполнения, как в данном случае. Если бы скорость вращения вентилятора отличалась от скорости вращения асинхронных двигателей, то пришлось бы вводить передаточный механизм (см. пример 2), например, в виде ременной передачи.

Двигатели ваграночных вентиляторов работают в длительном режиме с постоянной нагрузкой. Поэтому номинальную мощность двигателя следует выбрать равной или большей мощности $N_в$ потребляемой вентилятором:

$$N_в = 10^{-3}\frac{Vh}{\eta_в \eta_м},$$

где V– производительность вентилятора в м3/с;

h – напор, создаваемый вентилятором, в Н/м2;

$\eta_в$ – к. п. д. вентилятора;

$\eta_м$ – к. п. д. механической передачи.

В данном случае V = 0,5 м3/с, h = 7,5·103 Н/м2 . Принимая $\eta_в = 0,4$ и $\eta_м = 0,98,$ получим:

$$N_в = 10^{-3}\frac{0,5\cdot 7,5\cdot 10^3}{0,4\cdot 0,98} = 9,6$$ кВт.

С учетом повышенной запыленности в плавильных отделениях литейных цехов по каталогу выбираем закрытый обдуваемый асинхронный двигатель АО2-51-2, для которого Nн = 10 кВт, пн = 2900 об/мин, $\frac{M_п}{M_н} = 1,5$, $\frac{M_к}{M_н} = 2,2.$

Момент, необходимый для пуска вентилятора, не превышает половины номинального, т. е. для выбранного двигателя условие пуска (см. условие 3 выбора двигателя, гл. Ill, § 4) выполняется.

Для включения и отключения вентилятора используем нереверсивный магнитный пускатель. Защиту двигателя и цепей управления от токов короткого замыкания осуществим с помощью плавких предохранителей. Электрическая схема привода приведена на рис. 41.

Пример 2. Смешивающие бегуны с вертикальными катками. Пусть необходимо спроектировать бегуны с вертикальными катками для работы в автоматическом режиме приготовления единой формовочной смеси. Объем замеса 0,25 м3. При приготовлении формовочной смеси используются освежающие добавки двух типов; сухой кварцевый песок и водная глинисто-угольная эмульсия. Исходная отработанная формовочная смесь имеет прочность на сжатие а = 0,35×105 Н/м2 (0,35 кгс/см2) при влажности 3%. В процессе приготовления прочность формовочной смеси возрастает до 0,65·105 Н/м2 (0,65 кгс/см2), а влажность – до 5%.

В процессе проектирования смесителя выбраны параметры его рабочих органов (чаши 1, катков и плужков) и скорость вращения вертикального вала $n_в = 30$ об/мин (рис. 62). Для дозирования отработанной формовочной смеси принят объемный дозатор 5 с челюстным затвором, установленный под цеховым бункером 6, а для сухого песка – объемный дозатор 7 с эластичным (резиновым) рукавом. Дозирование глинисто-угольной эмульсии из бака 10 над бегунами предполагается вести с помощью электромагнитного клапана 9 по времени истечения эмульсии. Дозирование небольшого количества воды для

доведения влажности формовочной смеси до заданной обеспечивает электромагнитный клапан 8. Из опыта работы заводов принят следующий режим приготовления формовочной смеси: загрузка отработанной формовочной смеси, загрузка сухих добавок, «сухое» перемешивание в течение t3 – 60 с (от начала загрузки), добавка эмульсии и воды в течение 20…–30 с, перемешивание в течение t4 = 150 с (от начала подачи эмульсии), выгрузка в течение t2 = 60 с.

Требуется выбрать тип привода, мощность двигателя и составить схему управления смесителем, в которой необходимо предусмотреть возможность автоматическою и ручного управления.

Главный привод бегунов. Движение рабочих органов смесителя – непрерывное круговое с постоянной скоростью. Особых требований в отношении стабильности скорости вращения не ставится. Поэтому наиболее целесообразным является электрический привод с асинхронным двигателем. Вертикальный вал с рабочими органами смесителя имеет относительно невысокую скорость вращения (nв = 30 об/мин). Асинхронные двигатели на такие скорости вращения промышленность не выпускает. Поэтому принимаем следующую структуру силовой части привода смесителя: двигатель 3 – промежуточный механизм (редуктор 4) – вертикальный вал 2 с рабочими органами (рис. 62).

Для выбора мощности двигателя главного привода смесителя составим нагрузочный график (рис. 63). Обычно бегуны загружают после пуска и полного разгона двигателя. Поэтому первый участок нагрузочного графика должен соответствовать пуску смесителя. Время этого периода до выбора двигателя определить нельзя. Однако при выборе мощности двигателя его можно не учитывать, так как двигатель бегунов работает в длительном режиме. Момент сил сопротивления при холостом пуске смесителя обусловлен только силами трения в его механизмах. Рассчитать момент сил сопротивления (мощность холостого хода Nxx) можно методами деталей машин на стадии технического и рабочего проектирования, когда будет полностью определена вся конструкция смесителя. Однако мощность холостого хода Nxx смесителя также сильно зависит от тщательности изготовления, регулировки и смазки его механизмов, вследствие чего расчетное значение мощности N xx может значительно отличаться от фактического. Поэтому мощность холостого хода смесителя Nxx выбирают по опыту эксплуатации существующих смесителей. По данным работы [6] можно принять Nxx = 2,5 кВт.

Время загрузки отмеренных порций отработанной формовочной смеси и сухою песка не превышает 5 с. Приближенно можно считать, что мощность, потребляемая смесителем, за это время возрастает линейно. Можно также принять, что за время «сухого» перемешивания (после загрузки материалов) мощность N1, потребляемая смесителем, остается постоянной, так как количество смеси в смесителе и ее прочность и влажность остаются неизменными. С началом подачи эмульсии и воды в смеситель начинается увеличение прочности формовочной смеси. Мощность, потребляемая смесителем, за время перемешивания t4, нарастает по закону, близкому к экспоненциальному до N2.

За время выпуска готовой формовочной смеси t2 мощность, потребляемая смесителем, уменьшается от N2 до Nxx.

Повторная загрузка смесителя проводится сразу же по окончании выгрузки без его остановки, т. е. время на разгон двигателя не требуется. Далее цикл работы смесителя повторяется.

Для расчета эквивалентной мощности полученный нагрузочный график электродвигателя (линия 1. рис. 63) упростим. Так как точные математические зависимости мощности от времени на участках t4 и t2 неизвестны, а время загрузки сухих материалов мало по сравнению с временем цикла tц, то условно будем считать, что за время перемешивания t1, включая время загрузки, мощность, потребляемая смесителем, линейно возрастает от N1 до N2, а за время разгрузки t2 уменьшается от N2 до Nxx (прямые 2, рис 63) т. е. при $0 \le t \le t_1$

$$N = N_1 + \frac{N_2 - N_1}{t_1} t$$

и при $t_1 \le t \le t_ц$

$$N = N_2 - \frac{N_2 - N_{xx}}{t_2}(t - t_1).$$

Мощности N1 и N2 нагрузочного графика найдем из известного соотношения [6]

$$N = N_{xx} + [\nu_{ск} f + (\mu_{пл} k + \mu_{кач} \lambda) m] \frac{1}{1 - \beta_{пот}},$$

где

$$\nu_{ск} = \frac{1}{2} P_к B \omega;$$

$$\mu_{пл} = \gamma \omega^2 g;$$

$$\eta_{кач} + \frac{P_к (l_1 + l_2)}{r_к F_ч \delta} \omega;$$

f – коэффициент трения скольжения катка по смеси;

k и λ – эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств формовочной смеси;

m – масса замеса в кг;

Рк – усилие прижима катка к смеси в Н;

В – ширина катка в м;

ω – угловая скорость вертикального вала в 1/с;

γ – геометрический коэффициент, характеризующий форму и расположение плужков, в м4;

g – ускорение силы тяжести в м/с2;

l1, l2 – расстояния от оси вращения вертикального вала до центра катков в м;

rк– радиус катка в м;

Fч – эффективная площадь чаши бегунов в м2;

δ – плотность смеси в бегунах в кг/м3;

$\beta_{пот}$ – эмпирический коэффициент, учитывающий дополнительные потери мощности в приводе смесителя при работе под нагрузкой.

Пусть при проектировании выбраны параметры смесителя (Взяты параметры бегунов модели 1А11 из работы [6]): $P_к$ = 1960 н (200 кгс); В = 0,2 м; l_1 = 0.5 м; l_2 = 0.4 м; rк = 0,35 м; $F_ч$ = 1.96 м2 и при δ = 1.2-103 кг/м3 определены $\nu_{ск} = 615$ Вт, $\mu_{пл} = 1,64$ м5/с4 , $\eta_{кач} = 6.75$ Вт/кг. По данным работы [6] для отработанной формовочной смеси с влажностью 30% выбираем f1 = 0.22, а для готовой формовочной смеси с влажностью 5% f_2 = 0.35. Коэффициент $\beta_{пот}$ принимаем равным 0,05. Коэффициенты k и λ определяем из эмпирических формул

$$k = 0.7 + 3 \cdot 10^{-5} \sigma,$$

$$\lambda = 0.8 + 3.2 \cdot 10^{-5} \sigma,$$

Для отработанной формовочной смеси $(\sigma = 0.35 \cdot 10^5 н/м^2)$

$$k_1 = 0.7 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0.35 \cdot 10^5 = 1.75 \text{ с/м3};$$

$$\lambda_1 = 0.8 + 3.2 \cdot 10^{-5} \cdot 0.35 \cdot 10^5 = 1.92.$$

Для готовой формовочной смеси $(\sigma = 0.65 \cdot 10^5 н/м^5)$

$$k_2 = 0.7 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0.65 \cdot 10^5 = 2.65 \text{ с/м3};$$

$$\lambda_2 = 0.8 + 3.2 \cdot 10^{-5} \cdot 0.65 \cdot 10^5 = 2.88.$$

Массу замеса вычисляем через объем замеса и плотность смеси

$$m = 0.25 \cdot 1.2 \cdot 10^3 = 300 \text{ кг}.$$

Таким образом, мощность N1, потребляемая смесителем при «сухом» перемешивании, составит

$$N_1 = 2500 + [615 \cdot 0.22 + (1.64 \cdot 1.75 + 6.75 \cdot 1.92) \cdot 300] \frac{1}{1 - 0.05} = 7650 \text{ Вт} = 7,65 \text{ кВт},$$

а при перемешивании готовой формовочной смеси

$$N_2 = 2500 + [615 \cdot 0.35 + (1.64 \cdot 2.65 + 6.75 \cdot 2.88) \cdot 300] \frac{1}{1 - 0.05} = 10250 \text{ Вт} = 10,25 \text{ кВт}.$$

Для выбора мощности двигателя по условию нагрева определим эквивалентную мощность $N_{экв}$. Так как мощность на участках нагрузочного графика не постоянна, то будем исходить из формулы (54), которая при принятом линейном законе изменения мощности на участках t1 и t2 примет вид

$$N_{экв} = \sqrt{\frac{\int_0^{t_1} (N_1 + \frac{N_2 - N_1}{t_1} t)^2 dt + \int_{t_1}^{t_ц} [N_2 - \frac{N_2 - N_{xx}}{t_2} (t - t_1)]^2 dt}{t_ц}}$$

и после интегрирования и преобразований

$$N_{экв} = \sqrt{\frac{(N_1^2 + N_1 N_2 + N_2^2) t_1 + (N_2^2 + N_2 N_{xx} + N_{xx}^2) t_2}{3 t_ц}}.$$

При $t_1 = 210$ с, $t_2 = 60$ с, $t_ц = t_1 + t_2 = 270$ с и Nxx = 2,5 кВт, N1 = 7,65 кВт, N_1 = 10,25 кВт, $N_2 = 10,25$ кВт получим

$$N_{экв} = \sqrt{\frac{(7,65^2 + 7,65 \cdot 10,25 + 10,25^2) \cdot 210 + (10,25^2 + 10,25 \cdot 2,25 + 2,5^2) \cdot 60}{3 \cdot 270}} =$$

$$= 8,65 \quad кВт.$$

По каталогу подбираем ближайший больший по мощности закрытый обдуваемый асинхронный двигатель нормального исполнения АО2-52-4, для которого $N_н = 10$ кВт, $n_н = 1450$ об/мин, $\frac{M_п}{M_н} = 1,4$ и $\frac{M_к}{M_н} = 2$.

Проверяем двигатель по условию перегрузки и пусковому моменту. Так как механическая характеристика двигателя в пределах рабочей части достаточно жесткая, то максимальный момент сил сопротивления по нагрузочному графику $M^н_{max}$ приближенно можно считать равным

$$M^н_{max} = 10^4 \frac{N_2}{n_н},$$

$$\frac{M^н_{\max}}{M_н} = \frac{N_2}{N_н} = \frac{10,25}{10} = 1,025.$$

Следовательно, перегрузка двигателя меньше допустимой ($\frac{M_к}{M_н} > 1,025$).

Как уже упоминалось, пуск бегунов с вертикальными катками обычно производят до их загрузки. Начальный момент сил сопротивления $M^н_п$ при пуске в 1,5…2 раза превышает момент сил сопротивления при холостом ходе, т. е.

$$\frac{M^н_п}{M_н} = \frac{(1,5 \div 2,0) N_{xx}}{N_н} = \frac{(1,5 \div 2,0) \cdot 2,5}{10} = 0,375 \div 0,5.$$

Таким образом, при пуске незагруженного смесителя двигатель А02-52-4 подходит и по пусковому моменту ($\frac{M^н_п}{M_н} < 1,4$).

Однако при работе бегунов возможна их аварийная остановка, например, при срабатывании защиты двигателя. Повторный пуск бегунов в этом случае приходится производить при полной загрузке, так как ручная выгрузка смеси из бегунов в автоматизированных смесеприготовительных отделениях недопустима. Начальный момент сил сопротивления $M^н_п$ может превышать момент сил сопротивления работающего смесителя в 1,5…2 раза. Если смеситель был отключен незадолго до выпуска готовой смеси, то при повторном пуске имеем

$$\frac{M^н_п}{M_н} = \frac{(1,5...2,0) N_2}{N_н} = \frac{(1,5...2,0) \cdot 10,25}{10} = 1,53...2,05.$$

Следовательно, при использовании двигателя АО2-52-4 пуск загруженных бегунов становится невозможным

$(\frac{M_n^н}{M_н} > 1,4)$.

Условие пуска загруженного смесителя $(\frac{M_п}{M_н} > \frac{M_n^н}{M_н})$ может оказаться невыполненным и при выборе двигателя большей мощности. Например, для двигателя АО2-61-4 ($N_н = 13$ кВт, $n_н = 1450$ об/мин, $\frac{M_п}{M_н} = 1,3$)

$$\frac{M_n^н}{M_н} = \frac{(1,5 \div 2,0) \cdot 10,25}{10} = 1,2...1,58.$$

т. е. условие пуска будет выполнено не всегда. Дальнейшее увеличение мощности двигателя вряд ли целесообразно, так как даже двигатель А02-61-4 при работе смесителя в заданном режиме оказывается недогруженным. Поэтому выбираем закрытый обдуваемый асинхронный двигатель с повышенным пусковым моментом АОП2-61-4, для которого $N_н = 13$ кВт, $n_н = 1440$ об/мин, $\frac{M_п}{M_н} = 1,8$ и $\frac{M_к}{M_н} = 2,2$, $\frac{M_{\min}}{M_н} = 1,5$, $I_н = 26,7$ А при $U_л = 380$ В, $\frac{I_п}{I_н} = 7,5$, маховой момент ротора $GD^2 = 0,4$ кг • м2.

Условие пуска загруженного смесителя в данном случае выполняется $(\frac{M_n^н}{M_н} < 1,8)$.

После выбора двигателя можно приступать к расчету редуктора.

В современных бегунах (рис. 62) двигатель 3 и редуктор 4 обычно располагают снизу днища бегунов. При компоновке смесителя размеры двигателя или редуктора могут оказаться неприемлемыми. При выбранной мощности размеры двигателя зависят от скорости вращения, а редуктора – от передаточного отношения. Поэтому вопрос о выборе скорости вращения двигателя окончательно решается при конструктивном оформлении смесителя.

Несмотря на то, что выбранный двигатель в исключительных случаях позволяет производить пуск загруженного смесителя, при нормальной работе загрузку смесителя необходимо производить после полного разгона двигателя. Время пуска незагруженного смесителя tn, по истечении которого можно осуществлять загрузку, определим по формуле (20), Приведенный момент инерции подвижных масс найдем из соотношения (27), которое запишем в виде

$$J = \alpha[J_0 + J_1 + m_к(l_1^2 + l_2^2)(\frac{n_в}{n_н})^2],$$

где J_0 – момент инерции ротора двигателя в кг м2;

J_1 – момент инерции соединительной муфты и вала редуктора в кг м2;

$m_к$ – масса катка в кг;

l_1, l_2 – расстояние от оси вращения до центра катков в м;

α – поправочный коэффициент на неучтенные моменты инерции движущихся масс смесителя.

Принимая $J_1 = 0,2$ кг· м2, α = 1,2, mк = 200 кг и учитывая, что $J_0 = 0,1$ $кг \cdot м^2$, $l_1 = 0,5$ м, $l_2 = 0,4$ м, получим

$$J = 1,2[0,1 + 0,2 + 200(0,5^2 \div 0,4^2)(\frac{30}{1440})^2] = 0,402 \quad кг \cdot м^2$$

Момент сил сопротивления Мс, приведенный к валу электродвигателя, считаем постоянным:

$$M_c = 10^4 \frac{N_{xx}}{n_н} = 10^4 \frac{2,5}{1440} = 17,3 \quad н \cdot м.$$

Средний момент двигателя Мср за время пуска также условно принимаем постоянным:

$$M_{ср} = \frac{M_{\min} + M_к}{2} = \frac{(1,5 + 2,2) \cdot 10^4 \cdot \frac{13}{1440}}{2} = 167 \quad н \cdot м;$$

тогда

$$t_п = \frac{Jn_н}{10(M_{ср} - M_c)} = \frac{0,402 \cdot 1440}{10(167 - 17,3)} = 0,39 \quad сек.$$

Кроме главного привода, в установке имеются еще приводы люка для выгрузки готовой формовочной смеси (на рис. 62 не показан), челюстных затворов дозатора 5 и бункера 6, шиберов дозатора 7. Для всех этих механизмов обычно используют пневмопривод (пневмоцилиндры) как наиболее простой и надежный.

Электрическая схема установки. Напряжение питания к цепям рабочего тока (рис. 64) подводим через вводной выключатель (рубильник) В1. Для подключения двигателя используем нереверсивный магнитный пускатель. Нагревательные элементы тепловых реле РТ1 пускателя выбираем из условия

$I = (1,1 \div 1,3) I_н$,

где $I_н$ – номинальный ток двигателя.

Для двигателя АОП2-61-4 $I_н$ = 26,7 А. Поэтому выбираем нагревательные элементы на ток I = 30 А. Защиту двигателя от значительных перегрузок и токов короткого замыкания целесообразно осуществить с помощью автоматического воздушного выключателя А максимального тока. Так как для принятого двигателя $I_п = 7,5 I_н = 200$ А. то можно использовать, например, автомат типа А311 на номинальный ток 25 а и ток срабатывания электромагнитных расцепителей 250 а.

Цепи управления установкой подключаем к цепям рабочего тока через трансформатор управления Тр и плавкие предохранители Пр1 и Пр2.

Для включения пневмоцилиндров дозаторов 5 и 7, бункера 6 (рис. 62) и люка выгрузки используем распределители с односторонним электромагнит-

ным управлением. При этом необходимо учесть особенность работы используемых дозаторов. Если, например, челюстной затвор дозатора 5 открыт, то затвор бункера должен быть закрыт. Эту блокировку обычно осуществляют, управляя двумя пневмоцилиндрами (дозатора – или бункера 6 и дозатора 5) с помощью одного распределителя. При этом сжатый воздух через распределитель подводят в штоковую полость пневмоцилиндра дозатора 5 и нештоковую полость пневмоцилиндра бункера 6, а другие полости пневмоцилиндров через тот же распределитель соединяют с атмосферой и наоборот. Пусть электромагнит Эм1 управляет распределителем пневмоцилиндров дозатора 5 и бункера 6 для отработанной формовочной смеси, Эм2 – распределителем пневмоцилиндров дозатора 7 сухого песка, ЭмЗ – клапаном 9 подачи эмульсии, Эм4– клапаном 8 подачи воды, Эм5–распределителем пневмоцилиндра люка для выгрузки готовой формовочной смеси.

В соответствии с заданным технологическим процессом система управления установки должна осуществлять включение и выключение электромагнитов Эм1– Эм5 в установленное время, что наиболее просто выполнить с помощью программного устройства. Обычно для этого используют командоэлектроаппарат.

Схема управления должна обеспечивать два режима работы: автоматический и ручной. В обоих режимах двигатель смесителя работает непрерывно. Поэтому цепь управления магнитного пускателя (кнопки КнС и КнП, обмотка контактора К1 и контакт тепловых реле РТ1) подключаем непосредственно к трансформатору Тр.

В автоматическом режиме работы напряжение питания к двигателю КЭП-М и цепям управления электромагнитами Эм1…Эм5 необходимо подводить одновременно с включением двигателя М смесителя. Поэтому эти цепи подключаем к трансформатору Тр через блокировочный контакт К1 контактора и контакт переключателя режимов работы В2, замкнутый в положении 1.

При ручном управлении напряжение к цепям управления электромагнитами Эм1…Эм5 можно подвести непосредственно от трансформатора Тр через контакт переключателя В2, замкнутый в положении II.

Обмотки электромагнитов Эм1…Эм5 включать непосредственно контактами КЭП нельзя (см. гл. IV, § 5). Поэтому вводим промежуточные реле РП2…РП6, цепи обмоток которых в автоматическом режиме будут замыкаться контактами командоаппарата КЭП-2…КЭП-6.

В отличие от схемы, приведенной на рис. 54, кнопки ручного управления (Кн2…Кн6) подключить к цепям обмоток электромагнитов Эм1…Эм5 нельзя, так как отпускание кнопки вызвало бы возвращение механизма в исходное положение (например, закрывание люка для выгрузки готовой формовочной смеси). Поэтому кнопки Кн2…Кн6 подсоединяем к цепям обмоток РП2…РП6, шунтировав их контактами самопитания реле, а для отключения реле РП2…РП6 (и электромагнитов Эм1…Эм5) вводим кнопку Кн7 с нормально закрытыми контактами.

Однако, чтобы в схеме не появились ложные цепи, при ручном управлении оказывается необходимым отсоединить обмотки РП2…РП6 от контактов КЭП-2…КЭП-6. для чего в цепи обмоток РП2… РП6 вводим контакты переключателя режимов работы В2. Контакты переключателя В2, разомкнутые в автоматическом режиме, необходимо ввести и в цепи кнопок Кн2…Кн6, так как иначе при срабатывании одного из реле РП2…РП6 через его блокировочный контакт напряжение оказалось бы подведенным к общей цепи кнопок Кн2…Кн6 и случайное нажатие одной из кнопок привело бы к включению соответствующего механизма. Например, при дозировании воды в автоматическом режиме нажатие на кнопку Кн2 привело бы к подаче в загруженный смеситель новой порции отработанной формовочной смеси, что недопустимо.

Цепи обмоток электромагнитов Эм1…Эм5 подключаем непосредственно к трансформатору Тр.

Для окончания цикла при выключении установки, работающей в автоматическом режиме, введем дополнительную цепь, состоящую из промежуточного реле РП1 и кнопки Кн1, шунтированной контактом самопитания этого реле, а в цепь управления контактора – соединенные параллельно контакт КЭП-1 и нормально закрытый контакт РП1. При нажатии кнопки Кн1 включится промежуточное реле РП1, которое разомкнет свой контакт в цепи обмотки К1. По окончании цикла разомкнется и контакт КЭП-1. Контактор К1 выключится, отсоединяя двигатель М от сети и снимая напряжение с цепей управления. Кнопка КнС теперь необходима для аварийной остановки машины и выключения двигателя М бегунов при ручном управлении.

Чтобы исключить возможность пуска установки при отсутствии или значительном снижении давления в пневмосети, в цепь обмотки К1 вводим контакт реле давления РД.

Для настройки КЭП составляем диаграмму работы его контактов (рис. 64). Замыкание контакта КЭП-2 должно происходить после разгона двигателя (через tn = 0,39 с, практически через 2…3 с после начала цикла), КЭП-4 через 60 с, а КЭП-6 через 270 с от начала цикла. Контакт КЭП-6 должен размыкаться за несколько секунд до окончания цикла. Необходимая длительность замыкания контактов КЭП-2…КЭП-5 определяется экспериментально при наладке.

Проведенные расчеты и выбор элементов электропривода в рассмотренных примерах позволяют перейти к дальнейшим этапам проектирования привода

4.2.4 Электробезопасность

Основная опасность при обслуживании РУ подстанции является опасность поражения электрическим током. Источником опасности является открытые токоведущие части и токоведущие части с изоляцией, которая может оказаться по каким либо причинам нарушенной. Воздействие тока на организм человека можно разделить на биологическое, термическое, электриче-

ское. Оно вызывает различные нарушения в организме , вызывая как местное поражение тканей и органов, так и общее поражение организма.

Существует два вида поражения электрическим током: электрический удар и местные электрические травмы. К травмам относятся ожоги, электрические знаки, электрометаллизация кожи и электрофтальмия. При электрическом ударе воздействию тока подвергается нервная система, что может привести к остановке сердечной и дыхательных мышц. Интенсивность воздействия тока на организм определяется множеством факторов, например длительностью прохождения тока, путём прохождения тока через тело, родом тока, индивидуальными особенностями человека.

Пороговые значения тока ;

1) пороговый ощущаемый ток 5-7 мА/50Гц

2) пороговый не отпускающий ток 10-15 мА/50Гц

3) пороговый фибриляционный ток 70-100 мА/50Гц

Основное условие обеспечения безопасности обслуживающего персонала - это исключение возможного прикосновения к токоведущим частям. Для этого необходимо ограждать все токоведущие элементы установок и использовать защитные средства, которые делятся на основные и дополнительные.

Основные защитные средства - средства, которые выдерживают рабочее напряжение и позволяют производить работы непосредственно на токоведущих частях.

Дополнительные защитные средства - средства, которые не позволяют производить работы на токоведущих частях.

В пределах территории подстанции возможно замыкание на землю в любой точке. В месте перехода тока в землю, если не предусмотрены особые устройства для проведения тока в землю, возникают значительные потенциалы, опасные для людей, находящихся вблизи. Для устранения этой опасности на подстанции предусматривают заземляющие устройства, назначение которых заключается в снижении потенциалов до приемлемых значений.

На площадке РУ вдоль рядов оборудования, подлежащего заземлению, укладываются проводники в землю на глубине 0,7 м. Предусматриваем также проводники в поперечном направлении. Таким образом, образуется сетка с квадратными или прямоугольными ячейками. Сетку дополняют некоторым числом вертикальных проводников.

4.3 Меры безопасности при обслуживании

Оперативное обслуживание электроустановок предусматривает периодические и внеочередные осмотры электрооборудования, контроль и учёт электроэнергии, оперативные переключения. Обслуживание электроустановок осуществляется инженерно-техническим, дежурным и оперативно-ремонтным

персоналом. Обязанности, закреплённые за персоналом данной электроустановки, определяются местными инструкциями, в которых изложены конкретные меры по электробезопасности и пожаробезопасности применительно к эксплуатационному персоналу.

При обслуживании электроустановок напряжением выше 1000В старший в смене или дежурный должны иметь квалификационную группу по ТБ не ниже IV, а в ЭУ до 1000В – не ниже III.

Осмотр электрооборудования, находящегося под напряжением, сопряжён с опасностью поражения элекрическим током, которая возникает при случайном прикосновении к токоведущим частям или приближении к ним на расстояние, когда возможно перекрытие воздушного промежутка и поражение через электрическую дугу. Во избежании поражения электрическим током во время осмотра действующих ЭУ, необходимо соблюдать следующие меры безопасности. При осмотре ЭУ напряжением выше 1000В одним лицом не разрешается проникать за ограждения и входить в камеры РУ. Осматривать электрооборудование следует только с порога камеры или стоя перед барьером.

При обнаружении во время осмотра случайного замыкания токоведущих частей на землю, запрещается до отключения повреждённого участка приближаться к месту замыкания менее 8м на ОРУ и 4м в ЗРУ во избежании поражения шаговым напряжением. Если необходимо приближение к месту КЗ, то следует применять средства защиты (диэлектрические боты, калоши). В ЭУ до 1000В во время осмотра электрооборудования запрещается выполнять какие либо работы на этом оборудовании, за исключением работы, связанные с предупреждением аварии или несчастного случая. Также запрещается снимать ограждения токоведущих частей и приближаться к ним на опасные расстояния.

Смена сгоревших плавких вставок предохранителя должна выполняться при снятом напряжении. Смену плавких вставок закрытых предохранителей допускается производить под напряжением, но при отключенной нагрузке. Эта работа выполняется с применением индивидуальных средств защиты от электропоражения.

Оперативные переключения в РУ подстанции производится дежурным или оперативным ремонтным персоналом по распоряжению или с ведома вышестоящего дежурного электротехнического персонала, в соответствии с установленным на предприятии режима работы.

В РУ выше 1000В сложные оперативные переключения, производимые более чем на одно присоединение, должны выполняться двумя лицами, Одному лицу из числа дежурного или оперативного персонала разрешается выполнять переключения только в ЭУ, оборудованных блокировками разъединителей, не допускающие их отключение под нагрузкой.

Техническими мероприятиями по обеспечению безопасности работ в ЭУ являются:

1. Отключение ремонтируемого электрооборудования и принятия мер против его ошибочного включения.

2. Установка временных ограждений не отключенных токоведущих частей и вывешивание запрещающих плакатов.

3. Присоединение переносного заземления.

4. Ограждение рабочего места и вывешивание на них разрешающего плаката.

При работе вблизи токоведущих частей находящихся под напряжением, необходимо обеспечить соответствующее расположение работающих по отношению к токоведущим частям, соблюдая минимальные расстояния до них. Недопустима работа в согнутом положении, если при выпрямлении, расстояние от любой точки тела до токоведущих частей будет менее допустимого. В помещениях, особо опасных в отношении поражения электрическим током людей, запрещены все виды работ.

Оценка опасных и вредных факторов, воздействующих на персонал обслуживающий подстанцию 10 кВ, и меры по предотвращению этих факторов.

При эксплуатации объекта возможны следующие опасные факторы:

1. поражение электрическим током при прикосновении к токоведущим частям;

2. поражение электрическим током при прикосновении к токоведущим частям нормально не находящихся под напряжением;

3. влияние электромагнитного поля на организм;

4. поражение электрическим током при работе с неисправным инструментом и средств индивидуальной и коллективной защиты;

5. поражение обслуживающею персонала, находящегося в зоне растекания электрического потенциала при замыкании на землю;

6. возможность падения персонала с высоты;

7. возможность поражения персонала при проведении коммутационных операций;

8. др. факторы.

Для предотвращения влияния опасных факторов на персонал, необходимо предусматривать следующие мероприятия:

1. персонал должен действовать согласно ПТБ при работе в электроустановках;

2. должна проводится ежегодная проверка знаний, инструктаж по технике безопасности;

3. при невозможности ограничения времени пребывания персонала под воздействием электрического поля необходимо применить экранирование рабочих мест: экраны над переходами, экранирующие козырьки и навесы над шкафами управления, съёмные экраны при ремонтных работах.

4. установка заземляющего контура, заземление и зануление оборудования;

5. соблюдение расстояний до токоведущих частей;

6. выполнение организационно технических мероприятий для безопасного проведения работ.

4.3.1 Пожаробезопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб.

Опасными факторами пожара для человека являются открытый огонь и искры, повышенная температура воздуха и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода в воздухе, обрушения и повреждений зданий, сооружений, установок, а также взрывы.

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов.

Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитных устройств. Наибольшую опасность представляют маслонаполненные аппараты - трансформаторы, баковые выключатели, кабели с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифолевым составом.

При работе на подстанции возможны возникновения следующих аварийных ситуаций:

- короткие замыкания;
- перегрузки;
- повышение переходных сопротивлений в электрических контактах;
- перенапряжение;
- возникновение токов утечки;
- неаккуратное обращение с огнём;
- неправильное проведение сварочных работ.

При возникновении аварийных ситуации происходит резкое выделение тепловой энергии, которая может явиться причиной возникновения пожара. На долю пожаров, возникающих в электроустановках приходится 20%.

Таблица 4.4 Статистические данные о пожарах

Основные причины	%
Короткое замыкание	43
Перегрузки проводов/кабелей	13
Образование переходных сопротивлений	5

Режим короткого замыкания - появление электрического искрения, частиц расплавленного металла, электродуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции в результате резкого возрастания силы тока.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках - чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений - возможность воспламенения изоляции или др. горючих близлежащих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.),

Пожарная опасность перенапряжения - нагревание токоведущих частей за счет увеличения токов, проходящих через них, за счет увеличения перенапряжения между отдельными элементами электроустановок. Возникает при выходе из строя или изменении параметров отдельных элементов.

Пожарная опасность токов утечки - локальный нагрев изоляции между отдельными токоведущими элементами и заземленными конструкциями.

В целях предотвращения пожара предусматривают следующие меры:

а) предотвращение образования горючей среды;

б) предотвращение образования в горючей среде или внесения в неё источников зажигания;

в) поддержание температуры и давления горючей среды ниже максимально допустимых по горючести;

г) уменьшение определяющего размера горючей среды ниже максимально допустимого по горючести.

Пожарная безопасность на предприятиях обеспечивается системой предотвращения пожара путём организационных и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения материального ущерба от него.

Классификация взрыво и пожароопасных зон помещений в соответствии с ПУЭ

Для обеспечения конструктивного соответствия электротехнических изделий правила устройства электроустановок выделяют пожаро- и взрывоопасные зоны.

Пожароопасные зоны - пространства в помещении или вне его, в котором находятся горючие вещества, как при нормальном осуществлении технологического процесса, так и в результате его нарушения.

П-I - помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров свыше 61 °С.

П-II- помещения, в которых выделяются горючие пыли с нижним концентрационным пределом возгораемости > 65 г/м^3

П-IIа - помещения, в которых обращаются твердые горючие вещества.

П-III - пожароопасная зона вне помещения, в которой выделяются горючие жидкости с температурой вспышки более 61 °С или горючие пыли с нижним концентрационным пределом возгораемости более 65 г/м^3.

Взрывоопасные зоны — помещения или часть его или вне помещения, где образуются взрывоопасные смеси как при нормальном протекании технологического процесса, так и в аварийных ситуациях.

Здание распределительного пункта (РП) должно быть I или II степени огнестойкости. Степень огнестойкости зданий и сооружений определяется группой возгораемости и пределом огнестойкости их основных строительных конструкций (несущие стены, перекрытия и т.д.). Конкретные данные приведены в таблице 4.6.

Предел огнестойкости строительной конструкции определяется временем в часах от начала испытания конструкции на огнестойкость до возникновения одного из следующих признаков:

а) образование в конструкции сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;

б) повышение температуры на не обогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140 °С или в любой точке этой поверхности более чем на 180 °С в сравнении с температурой конструкции до испытания или более 220 °С независимо от температуры конструкции до испытания;

в) потеря конструкцией несущей способности (обрушение).

Таблица 4.5 Группа возгораемости и минимальные пределы огнестойкости основных строительных конструкций, ч

Основные строительные конструкции	Степень огнестойкости зданий или сооружений	
	I	II
Несущие стены, стены лестничных клеток, колонны	Несгораемые 2,5	Несгораемые 2,0
Наружные стены из навесных панелей и наружные фахверковые стены	Несгораемые 0,5	Несгораемые 0,25
Плиты, настилы и другие несущие конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий	Несгораемые1,0	Несгораемые0,75
Плиты, настилы и другие несущие конструкции покрытий	Несгораемые0,5	Несгораемые0,25
Внутренние несущие стены (перегородки)	Несгораемые0,5	Несгораемые0,25
Противопожарные стены (брандмауэры)	Несгораемые2,5	Несгораемые2,5

Автоматическое управление в функции пути, часто называемое путевой автоматикой, – наиболее распространенная форма электрической автоматизации литейных машин, так как в. большинстве случаев требуется управлять взаимными перемещениями механизмов машины или линии.

Основным элементом путевой автоматики является путевой переключатель, представляющий собой электрический аппарат, фиксирующий определенное положение движущегося элемента машины и вырабатывающий сиг-

нал. Путевые переключатели, фиксирующие конечное положение механизмов, называются конечными выключателями. Часто это название распространяют на все путевые переключатели.

В простейшем случае путевым переключателем может служить кнопочный элемент (см. рис. 32), у которого пусковая кнопка заменена нажимным штоком. При перемещении подвижного элемента машины закрепленный на нем кулачок или упор нажимает на шток переключателя, осуществляя замыкание или размыкание его контактов.

Контактный путевой переключатель выдает сигнал о положении механизма машины в виде замыкания или размыкания своих контактов.

Скорость размыкания контактов путевого переключателя рассматриваемого типа определяется скоростью перемещения механизма и обычно невелика. Поэтому при работе переключателя, особенно в условиях повышенной запыленности литейных цехов, возникает значительное искрение между контактами, приводящее к быстрому их подгоранию. Вследствие этого такие путевые переключатели (типа ВК-Ш, ВК-143, ВК-411) для автоматизации литейных машин применяются крайне редко.

Для управления литейными машинами используют путевые переключатели с механизмами мгновенного действия (типа ВК-211, ВК-31А), скорость размыкания контактов которых не зависит от скорости перемещения механизмов машины. В таком переключателе рычаг 2 соединен с поводком 4 через пружину 3 (рис. 45). При нажиме кулачка на ролик 1 и определенном угле поворота поводка 4 защелка 6 освобождается, и планка 7 под действием пружины 10 ролика 9 быстро перебрасывается, переключая контакты. После освобождения ролика 1 переключатель возвращается в исходное положение под действием пружины 5. Если убрать пружину 5, то переключатель будет зафиксирован в другом положении защелкой 8. Пружина 3 позволяет повернуться рычагу 2 на угол, значительно больший, чем требуется для переключения контактов.

Довольно часто применяются также малогабаритные путевые переключатели (микропереключатели) типа МП, имеющие механизм мгновенного действия. Переключатели МП-1 и МП-2 выпускаются в пластмассовом, а МП-3 в металлическом корпусе. Они отличаются малым перемещением нажимного штока и незначительным усилием, необходимым для их срабатывания, – всего 5…7 Н (0,5…0,7 кгс).

К путевым переключателям, используемым для автоматизации литейных машин и линий, предъявляются особенно высокие требования в отношении надежности и срока службы. Из-за износа механической части и контактных элементов в условиях повышенной запыленности литейных цехов при высокой частоте срабатывания все рассмотренные переключатели становятся недостаточно надежными. Поэтому для автоматизации литейных машин и линий все большее применение находят бесконтактные путевые переключатели: индуктивные, трансформаторные, генераторные и др.

Принцип действия индуктивного путевого переключателя основан на изменении величины магнитного сопротивления его магнитопровода при перемещении якоря относительно неподвижного сердечника. В дроссельном путевом переключателе (рис. 46,а), следовательно, ток в нагрузке Rн будет определяться положением якоря 1 относительно неподвижного сердечника 2. Перепад тока на выходе переключателя (в нагрузке Rн) при замыкании и размыкании магнитопровода можно использовать как выходной сигнал для переключения цепей управления. Для увеличения перепада тока в нагрузке $R_н$ (повышения релейности выходной характеристики) дроссельного путевого переключателя параллельно его обмотке подключают конденсатор С. Образующийся колебательный контур настраивают в резонанс при разомкнутом магнитопроводе переключателя.

В результате резонанса токов проводимость контура и ток в нагрузке становятся минимальными. При замыкании магнитопровода индуктивность дросселя резко возрастает, резонансная частота контура изменяется и ток в нагрузке переключателя резко возрастает.

Недостатком такого путевого переключателя является значительная зависимость выходного сигнала от напряжения питания.

Более стабильным является индуктивный мостовой переключатель (рис. 46,в), в котором два плеча моста образованы дросселями, а два – резисторами R1 и R2. В исходном положении мост сбалансирован и ток в нагрузке RH отсутствует. При изменении положения якоря 1 относительно неподвижных сердечников 2 изменится индуктивное сопротивление плеч моста, вследствие чего в нагрузке Rн потечет ток.

В отличие от индуктивных трансформаторный переключатель имеет две обмотки на одном сердечнике (рис. 46,б).

При разомкнутом магнитопроводе магнитный поток, проходящий через вторичную обмотку, мал, а поэтому напряжение на выходе и ток в нагрузке RH малы. При замыкании магнитопровода практически весь магнитный поток, создаваемый первичной обмоткой, проходит через вторичную обмотку. Напряжение на выходе и ток в нагрузке резко возрастают.

Дроссельные и трансформаторные переключатели могут быть выполнены с неподвижным сердечником, смонтированным на станине машины, и якорем, установленным на подвижном элементе машины. Дроссельные и мостовые переключатели выполняются с расположением якоря и сердечника в общем корпусе (от обычных контактных выключателей). В таких переключателях (ВИ-1, ВИ-2, ВИ-5, ВИ-6, БИКВ-1, БИКВ-2) якорь перемещается с помощью кулачков или упоров, укрепленных на подвижных элементах машин и воздействующих на шток или рычажную систему переключателя.

В генераторных путевых переключателях используется скачкообразное изменение постоянной составляющей тока генератора при срыве колебаний. Один из переключателей БВК-24 представляет собой релаксационный генератор с трансформаторной обратной связью на транзисторе Т1 типа П4Д (рис. 47, а).

Колебательный контур Lк – С3 включен в коллекторную цепь, а обмотки положительной Lпс и отрицательной Lос обратной связи – в цепь базы транзистора. Обмотки Lк, Lпс и Lос расположены в двух броневых ферритовых сердечниках типа СБН-28 (рис.47, б).

При такой магнитной системе рабочий поток, замыкающийся через обмотку отрицательной обратной связи Lос, и потоки рассеивания сосредоточены главным образом в зазоре между сердечниками, что исключает влияние внешних магнитных полей. В зазор между сердечниками может входить алюминиевый экран (флажок) толщиной 3 мм. Результирующая связь между обмотками Lк, Lпс и Lос при отсутствии экрана в зазоре меньше критической, а потому самовозбуждение генератора невозможно. При введении в зазор экрана связь между контурной обмоткой Lк и обмоткой отрицательной обратной связи Lос уменьшается, а результирующая связь коллекторной цепи с цепью базы становится выше критической и транзистор переходит в режим генерации. При этом ток базовой цепи открывает коллекторный переход, в результате чего постоянная составляющая коллекторного тока резко возрастает (примерно от 2 до 70 мА).

Момент самовозбуждения генератора при введении экрана в зазор между сердечниками определяется положением рабочей точки на характеристике триода при отсутствии генерации, т. е. режимом транзистора по постоянному току.

Для температурной стабилизации режима транзистора в цепь его эмиттера включен диод Д3, создающий нелинейную обратную связь по току. Такая связь позволяет значительно уменьшить начальное и повысить установившееся (при генерации) значение коллекторного тока триода, а также уменьшить влияние разброса его параметров. Диод Д3 шунтирован конденсатором С2, исключающим обратную связь по переменному току.

Благодаря применению нелинейного делителя напряжения, состоящего из резистора R1 и термистора R2, шунтованного диодом Д2 (типа Д7Г), достигается почти полная стабилизация режима транзистора при температурах от –10 до +45°С и напряжении питания 22…36 в. Диод Д2, рабочая точка которого лежит в области прямой проводимости, выполняет функции стабилизатора напряжения при низких температурах. Термистор R2 стабилизирует режим транзистора при повышенных температурах.

С помощью развязывающего конденсатора С4 фильтруется переменная составляющая тока нагрузки. Диод Д1 защищает транзистор Т1 от пробоя при неправильной полярности питающего напряжения.

Рассмотренный путевой переключатель может питаться от двухполупериодного выпрямителя без сглаживающего фильтра и имеет точность срабатывания 1,0 …1,3 мм. Переключатель выполняют в капроновом корпусе (рис. 47,в) и крепят на неподвижном элементе машины. Экран укрепляют на подвижном узле машины.

Бесконтактные путевые переключатели предназначены главным образом для работы в бесконтактных системах управления, где они включены через специальные согласующие устройства.

Однако их можно использовать и в релейю-контакторных системах управления. Нагрузкой всех рассмотренных бесконтактных переключателей в этом случае являются промежуточные реле, которые подключают непосредственно к выходу рассмотренных устройств (вместо показанных на схемах сопротивлений нагрузки RH).

Простейшие схемы включения электромагнита Эм (или любого другого электрического аппарата) в определенном положении механизма, выполненные на контактном ВК1 и бесконтактных БВК. путевых переключателях, приведены на рис. 48. При использовании бесконтактных путевых переключателей количество релейно-контакторной аппаратуры возрастает. Кроме того, при замене контактных переключателей бесконтактными изменяется напряжение питания схемы управления, что требует замены всей аппаратуры или введения специального источника питания бесконтактных путевых переключателей и их реле. Однако вследствие более высокой надежности бесконтактных путевых переключателей общая надежность системы управления повышается.

Кроме непосредственного включения электрических аппаратов путевые переключатели выполняют различные защитные функции (блокировки) по взаимному перемещению и расположению механизмов машины. Они выдают сигнал на разрешение или запрещение движения одного механизма машины в зависимости от положения других, т. е. осуществляют заданную последовательность движения механизмов.

Поясним сказанное выше на примере скипового подъемника полуавтоматического дробеметного барабана типа 323 (рис. 49, а). Двери 2 барабана 1 открываются двумя пневматическими цилиндрами 3 и 4. О готовности барабана к загрузке (двери подняты) подает сигнал конечный выключатель ВКЗ. Короб 6 скипового подъемника 5 приводится в движение электродвигателем 7 через редуктор, канатный барабан и трос. Нижнее положение короба фиксируется конечным выключателем ВК.2, а верхнее – конечным выключателем ВК1.

Электрическая схема управления подъемником (рис. 49,б), часть общей электросхемы барабана, обеспечивает наладочный и автоматический режим работы подъемника. В наладочном режиме работы (переключатель режимов В в положении Н) управление подъемником осуществляется с помощью кнопок КнП1 («Подъем»), КнП2 («Опускание») и КнС («Общий стоп»).

При открытых дверях барабана (нормально открытые контакты путевого переключателя ВКЗ замкнуты) нажатием кнопки КнП1 включается на самопитание обмотка контактора К1.

Одновременно с двигателем включается обмотка Эм электромеханического тормоза, и короб начинает движение вверх.

В крайнем верхнем положении он действует на конечный выключатель ВК1, разрывая цепь питания обмотки контактора К1. Двигатель автоматически отключается от сети, а короб удерживается в верхнем положении электромеханическим тормозом. Опускается короб после нажатия кнопки КнП2.

В крайнем нижнем положении короба двигатель автоматически отключается конечным выключателем ВК2. С помощью кнопки КнС короб может быть остановлен в любом промежуточном положении как при ходе вверх, так и при ходе вниз.

При полуавтоматическом режиме работы барабана (переключатель В в положении ПА) команда на начало загрузки подается каким-либо другим аппаратом управления, замыкающим свой нормально открытый контакт У-1.

После того как короб поднимется в верхнее положение, он должен задерживаться на некоторое время, с тем чтобы отливки успели высыпаться. Если бы это требование не ставилось, то второй управляющий контакт У-2 в схеме можно было бы заменить нормально открытым контактом конечного выключателя ВК1, шунтировав его нормально открытым контактом контактора К2.

В верхнем положении короба двигатель этим контактом был бы автоматически переключен на реверс. Цикл работы подъемника закончился бы в нижнем положении короба отключением двигателя конечным выключателем ВК2.

Задержку короба в верхнем положении можно осуществить, например, с помощью реле времени (см. гл. IV, § 4).

Управление рассмотренным дробеметным очистным барабаном типа 323 осуществляется с помощью командоэлектроаппарата (см. гл. IV, § 5), которому и принадлежат показанные на рис. 49, б контакты У-1 и У-2. В системе управления скиповым подъемником используются обычные контактные конечные выключатели, которые можно заменить бесконтактными (например, типа БВК-24). В схеме управления (рис. 49,б) в этом случае контакты конечных выключателей следует заменить соответствующими контактами промежуточных реле и ввести дополнительно цепь питания бесконтактных конечных выключателей (см. рис. 48).

Схемы путевой автоматики (и вообще рефлексные схемы управления) составляют в следующем порядке. По кинематической схеме и циклограмме работы машины намечают аппараты, выдающие сигналы на начало, окончание, запрещение или разрешение движений ее механизмов. Расположение путевых переключателей наносят на кинематическую схему, а аппараты, выдающие сигналы на начало и окончание движения механизмов (или начало и окончание операций технологического процесса), отмечают на циклограмме или тактограмме работы машины. Дополнительно составляют таблицу или диаграмму состояний выбранных аппаратов (таблицу блокировок). Такие циклограммы и таблицы необходимы также для изучения работы схем управления. Для рассмотренного примера циклограмма работы подъемника и диаграмма состояний конечных выключателей приведены на рис. 49,б.

Далее по кинематической схеме, циклограмме и диаграмме работы аппаратов составляют цепи управления каждым движением механизма или операцией, которые затем объединяют. Полученную схему тщательно проверяют на наличие ложных цепей. В нее вводят необходимые дополнительные элементы защиты (например, элементы тепловой защиты и взаимную блокировку контакторов в рассмотренной схеме) и сигнализации.

Автоматическое управление в функции пути двигателями литейных машин применяется относительно не часто. Оно используется для управления приводами скиповых подъемников барабанов и вагранок, тележками заливочных желобов центробежных машин, длинноходовыми тележками формовочных линий, приводными рольгангами, кантователями крупных форм (опок) и стержневых ящиков и некоторыми другими машинами. Однако электрическая путевая автоматика является наиболее распространенным видом автоматизации литейных машин и линий, имеющих пневматический и гидравлический привод. На современной автоматической формовочной линии устанавливается не менее 70…100 конечных выключателей. Как правило, почти в любой машине электрическая путевая автоматика сочетается с другими видами управления.

Непосредственный контроль окончания многих технологических процессов в литейном производстве связан с рядом затруднений. В предыдущем параграфе, например, переключение на опускание скипового подъемника необходимо было провести после опорожнения загрузочного короба. Но непосредственно проконтролировать окончание разгрузки короба (без участия оператора) затруднительно, поэтому приходится прибегать к косвенным методам контроля (например, по весу короба или по времени разгрузки). Практически не представляется возможным прямыми методами зафиксировать достаточную степень равномерности распределения составляющих формовочной смеси при ее приготовлении в смесителе, достижение заданной прочности оболочки, нанесенной на выпрямляемую модель, при сушке, окончание кристаллизации металла в изложнице центробежной машины, требуемое качество очистки отливок при дробеметной очистке и т. д. Поэтому такие технологические процессы и операции обычно контролируются по времени, а управление машинами, на которых они осуществляются, ведется в функции времени. Так как все операции протекают во времени, то в функции времени можно управлять любыми машинами и механизмами.

Основным аппаратом автоматического управления в функции времени является реле времени – аппарат, выдающий собственный сигнал через определенный, заранее установленный промежуток времени после поступления сигнала на его вход. Основным элементом реле является устройство для задержки прохождения сигнала. В зависимости от принципа задержки сигнала все реле времени можно разделить на следующие типы: электромагнитные постоянного тока, механические (маятниковые) с часовым механизмом, пневматические, электронные, моторные.

Принцип действия электромагнитного реле времени постоянного тока основан на замедлении нарастания магнитного потока при включении и увеличении времени спадания тока при выключении. Обычно это достигается за счет короткозамкнутых витков на сердечнике реле (рис. 50).

Сердечник 1 реле, выполненный из круглой стали, залит в алюминиевом основании 7, которое поэтому является дополнительным короткозамкнутым витком. На круглых кернах сердечника размещены обмотка 3 и дополнительные витки 4 и 5 в виде медных гильз. Конструктивно гильзы выполнены из нескольких частей – несъемных, расположенных у основания сердечника, и съемных, установленных на кернах сердечника. При необходимости получения малых выдержек съемные части гильз можно не устанавливать. На поворачивающемся на призме якоре 2 закреплена контактная пластина, осуществляющая переключение контактов 6. Плавная регулировка времени выдержки обеспечивается изменением натяжения пружины 9 винтом с регулировочной гайкой 8. С помощью электромагнитных реле получают выдержки 0,25…5 с. В специальных реле возможно получение выдержек до 10 с.

В реле времени с механическим замедлением (маятниковых) выдержка времени осуществляется с помощью часового механизма. Реле такого типа обеспечивают выдержку до 1 мин (иногда даже более 1 мин). Маятниковые реле разового действия (без самовозврата) обеспечивают выдержку до нескольких суток.

Ввиду значительного износа в условиях повышенной запыленности маятниковые реле для управления литейными машинами применяются редко.

Принцип действия пневматических реле основан на фиксировании времени заполнения емкости определенного объема через канал малого сечения. Время выдержки регулируется изменением проходного сечения канала и обычно не превышает 180 с.

Для задержки сигнала в электронных реле времени используется время зарядки или разрядки конденсатора. Электронные реле времени обеспечивают выдержки 15 с…10 мин, они могут быть контактными и бесконтактными. Реле не имеют механически изнашивающихся деталей, допускают большое число включений, а поэтому довольно широко применяются для автоматизации литейных машин.

Моторные реле основаны на фиксировании угла поворота вала синхронным двигателем через промежуточный механизм с большим замедлением. Они могут обеспечивать выдержку времени до 24 ч.

Ранее указывалось, что задержку короба скипового подъемника для выгрузки отливок (см. рис. 49) можно осуществить с помощью реле времени. Два варианта цепей управления скиповым подъемником в полуавтоматическом режиме работы барабана приведены на рис. 51. В первом варианте (рис. 51, а) используется реле времени, имеющее нормально открытые контакты с выдержкой при закрывании. Включение двигателя на подъем осуществляется, как и в рассмотренной выше схеме.

При достижении коробом крайнего верхнего положения конечный выключатель ВК1 разрывает цепь питания обмотки контактора К1, двигатель отключается от сети и тормозится электромеханическим тормозом. Одновременно конечный выключатель ВК1 своим нормально открытым контактом включает цепь питания обмотки РВ реле времени. По истечении заданного времени реле замыкает свой нормально открытый контакт РВ в цепи обмотки контактора К2. Двигатель переключается на реверс и в крайнем нижнем положении короба отключается конечным выключателем ВК.2.

При ходе вниз освобождается конечный выключатель ВК1, отключая реле времени и подготавливая его к новому циклу. Для предотвращения отключения цепи управления опусканием короба при отключении реле времени его контакт РВ шунтирован блокировочным контактом контактора К2.

В рассмотренной схеме могут быть использованы все приведенные выше реле времени, за исключением электромагнитных, которые обычно дают выдержку при отпускании якоря (отключении питания обмотки реле).

Схема тех же цепей управления с использованием электромагнитного реле времени постоянного тока приведена на рис. 51,б. При включении контактора К1 он своим нормально открытым контактом замыкает цепь питания обмотки РВ реле времени, подготовляя его к работе. Контакт РВ реле времени в цепи управления опусканием короба оказывается разомкнутым. В крайнем верхнем положении короба разрывается цепь питания обмотки РВ реле времени (контакт К1), и оно начинает отсчитывать выдержку. По истечении заданного времени контакт реле РВ замыкается, включая двигатель на опускание короба. В нижнем положении двигатель отключается конечным выключателем ВК2. В данной схеме шунтировать контакт реле РВ блокировочным контактом контактора К2 нет необходимости, так как он закрыт до начала следующего цикла. Так как электромагнитные реле питаются постоянным током, то в цепь его обмотки включен выпрямительный диод Д1.

Управление в функции времени несколькими механизмами рассмотрим на примере трех вибрационных питателей (см. рис. 18). Пусть требуется включать питатели последовательно один за другим на работу в течение определенного времени. Для простоты будем считать, что обмотки вибраторов и цепи управления подключены к общему источнику тока.

Пуск осуществляется нажатием кнопки КнП (рис. 52). При этом срабатывает промежуточное реле РП, подавая напряжение к цепям управления. Включается обмотка вибратора ОВI, а реле времени РВ1 начинает отсчитывать время. По истечении заданного времени реле РВ1 своим нормально закрытым контактом отключает обмотку вибратора ОВ1, а нормально открытым контактом включает обмотку второго вибратора ОВ2 и реле времени РВ2.

Срабатывая, реле времени РВ2 отключает обмотку вибратора ОВ2 и включает обмотку вибратора ОВ3 и реле времени РВ3. До конца цикла обмотки всех трех реле времени остаются под напряжением. По истечении заданного времени работы третьего питателя реле времени РВ3 разрывает цепь об-

мотки промежуточного реле РП, вся схема отключается и приходит в исходное положение.

В отличие от рефлексных систем управления (систем с гибкими связями) рассмотренное выше управление тремя вибрационными питателями было жестким, т. е. вибраторы включались и отключались в определенное, заранее заданное время или, другими словами, по заранее заданной программе.

Носителями информации о заданной последовательности и параметрах рабочего цикла машины (или программы) могут быть различные устройства (копиры и шаблоны, командоаппараты, штекерные панели, магнитные записи, перфокарты и т. д.). Наибольшее применение в литейном производстве нашли программные реле и командоаппараты.

Используемые в приведенном выше примере три реле можно объединить в одном аппарате. В многоцепном моторном реле времени имеется, например, несколько кулачков и контактных групп. Положение кулачков на барабане, вращаемом синхронным электродвигателем, можно регулировать. Характерной особенностью многоцепного реле времени является удержание им контактов в переключенном положении до конца цикла и автоматическое возвращение кулачкового вала в исходное положение.

Довольно просто программное реле можно получить последовательным включением электронных реле времени. Практически электронные программные реле (программаторы) состоят из нескольких ламповых каскадов с разрядными конденсаторами, включенных последовательно, так что после отсчета выдержки одним каскадом автоматически начинается отсчет выдержки другим каскадом.

Сходным по конструкции с многоцепным реле времени является кулачковый командоаппарат – устройство, вырабатывающее и выдающее через определенное время и в заданной последовательности сигналы на включение и отключение цепей управления (рис. 53). В кулачковом командоаппарате вал синхронного электродвигателя 1 через редуктор 2 с регулируемым передаточным отношением соединен с валом 3, на котором закреплены и могут переставляться кулачки 5 и 6, включающие и отключающие контакты командоэлектроаппарата КЭП-1, КЭП-2, КЭП-3 и т. д.

Контакты аппарата имеют механизмы мгновенного действия 7. Один контакт аппарата (КЭП-3) имеет дополнительный привод от электромагнита 4 и используется для управления работой КЭП. Этот контакт включается в начале цикла электромагнитом и отключается в конце цикла кулачком, установленным на валу 3.

Время цикла, которым управляет КЭП, равно времени одного оборота кулачкового вала и регулируется изменением передаточного отношения редуктора 2. Начало и окончание операций внутри цикла регулируется перестановкой включающих и отключающих кулачков 5 и 6.

При составлении схем управления с командоаппаратами на циклограмме работы машины отмечают, какими операциями или движениями управляют контакты аппарата. Длительность замыкания контактов КЭП выбирают

несколько большей длительности операций, чтобы иметь уверенность в завершении всех операций.

В качестве примера рассмотрим схему управления двумя электромагнитами по заданной циклограмме, приведенную на рис. 54.

В схеме предусмотрены три режима работы: наладочный (положение I переключателя режимов В1), полуавтоматический (положение II) и автоматический (положение III).

В автоматическом режиме при нажатии кнопки КнП1 в цепи подготовки пуска двигатель командоаппарата КЭП-М подключается к сети блокировочным контактом РП3 промежуточного реле (рис. 54, а). В соответствии с циклограммой (рис. 54,б) замыкаются и размыкаются контакты КЭП-1, КЭП-2, включая и отключая промежуточные реле РП1 и РП2. Последние включают и отключают электромагниты Эм1 и Эм2.

При работе в полуавтоматическом режиме после включения цепи подготовки пуска двигатель командоаппарата КЭП-М включиться не может, так как контакт КЭП-3 разомкнут. При нажатии на кнопку пуска КнП2 в полуавтоматическом режиме срабатывает электромагнит КЭП-Эм, подключая контактом КЭП-3 двигатель КЭП-М к сети (отключение электромагнита КЭП-Эм при отпускании кнопки КнП2 не вызывает размыкания контакта КЭП-3). По окончании цикла контакт КЭП-3 будет разомкнут и двигатель КЭП-М отключится от сети. Для начала следующего цикла необходимо снова нажать кнопку КнП2.

Такой режим часто необходим для остановки машины при завершении последней операции. Для этого при работе машины в автоматическом режиме достаточно переключатель режимов В1 поставить в положение, соответствующее полуавтоматическому режиму работы.

При наладочном режиме работы каждый электромагнит может быть включен нажатием кнопки Кн1 или Кн2.

В рассматриваемой схеме электромагниты Эм1 и Эм2 подключаются к сети контактами промежуточных реле, а не непосредственно контактами КЭП-1 и КЭП-2, хотя допустимый ток последних больше рабочего тока электромагнитов. Это необходимо для исключения одновременного аварийного срабатывания обоих электромагнитов при наладочном режиме работы в случае последовательности их срабатывания, заданной циклограммой на рис. 54, в.

Если электромагниты Эм1 и Эм2 управляют пневматическими или гидравлическими распределителями, то введенный в цепь нулевой защиты (подготовки пуска) контакт РД реле давления защищает машину от включения при отсутствии давления в сети сжатого воздуха или гидросистеме.

Программные системы управления с КЭП (или многоцепным реле времени) отличаются простотой схем и коммутации. Однако им присущ и ряд недостатков: отсутствие контроля за исполнением команд и положением механизмов, трудность создания блокировок от рассинхронизации механизмов, а

также сложность наладки и переналадки. Кроме того, длительность срабатывания механизмов

4.4 Оценка экологичности проекта

Влияние подстанции на окружающую среду крайне разнообразно. Вредное действие магнитного поля на живые организмы, и в первую очередь на человека, проявляется только при очень высоких напряжённостях порядка 150-200 А/м, возникающих на расстояниях до 1-1,5 м от проводов фаз ВЛ, и представляет опасность при работе под напряжением .

Непосредственное (биологическое) влияние электромагнитного поля на человека связано с воздействием на сердечно-сосудистую, центральную и периферийную нервные системы, мышечную ткань и другие органы. При этом возможны изменения давления и пульса, сердцебиение, аритмия, повышенная нервная возбудимость и утомляемость. Вредные последствия пребывания человека зависят от напряжённости поля Е и от продолжительности его воздействия.

Для эксплуатационного персонала подстанции установлена допустимая продолжительность периодического и длительного пребывания в электрическом поле при напряжённостях на уровне головы человека (1,8 м над уровнем земли): 5 кВ/м - время пребывания неограниченно; 10 кВ/м -180 мин; 15 кВ/м - 90 мин; 20 кВ/м - 10 мин; 25 кВ/м - 5 мин. Выполнение этих условий обеспечивает самовосстановление организма в течении суток без остаточных реакций и функциональных или патологических изменений.

4.5 Оценка чрезвычайных ситуаций

Произведём оценку чрезвычайных ситуаций - их последствие, меры предотвращения и меры по ликвидации.

Обрыв линии и короткое замыкание на линиях. Данная ситуация может привести к снижению напряжения у потребителей, соответственно к снижению качества выпускаемой продукции. Для предотвращения данной ситуации необходимо особо ответственные потребители запитывать по двум одноцепным линиям и от двух независимых источников питания. Для восстановления нормального режима работы линии, необходимо использовать системную автоматику: АВР и АПВ. При успешном АПВ линия может вернуться в нормальный режим работы, в противном случае применяется АВР и вызывается служба линии для восстановления линии.

Пожар трансформатора приводит к перерыву электроснабжения потребителей на время АВР. При сгорании масла в атмосферу выделяются вредные токсичные газы. Данная ситуация также приводит к дополнительным затратам на восстановление трансформатора. Для предотвращения пожара применяется автоматическая система пожаротушения, вызывается пожарная команда.

Пожар окружающего лесного массива может привести к пожару на территории подстанции, при переносе огня.

Для предотвращения возникновения пожара необходима противопожарная полоса вокруг подстанции шириной 50 м. Для ликвидации последствий может привлекаться персонал ПС и пожарная служба.

Пример дерева причин и опасностей рассмотрим для наиболее опасного случая - пожара на подстанции:

Начальные условия возникновения ЧС:

1. пригорели контакты отключающего реле. При этом контакты реле не перекинулись, и сигнал на катушку отключения не пошел;
2. не сработала катушка отключения выключателя;
3. не сработал привод выключателя;
4. старение изоляции в самом трансформаторе;
5. не соблюдение правил ТБ при работе на действующем электрооборудовании;
6. природный катаклизм (ураганный ветер, наводнение, землетрясение, удар молнии и т. д.);
7. нарушение норм и правил проведения сварочных работ;
8. провисание проводов и сильное загрязнение изоляторов;
9. брак сборки и наладки панелей защиты, слабое крепление проводов в клеммнике, а также невыполнение требований правил ПТЭ электроустановок;
10. сломалась автоматика управления отопительными приборами;
11. повышенный режим потребления электроэнергии потребителями;
12. наличие легковоспламеняющихся предметов.

5 Экономическая часть

5.1 Сведения о проектируемой подстанции Западная

В данном разделе будет дана оценка экономической эффективности строительства подстанции. Рассматривается развитие электрических сетей АЖК на новой технической базе.

Целью строительства подстанции является обеспечение электроэнергией строящихся жилых комплексов.

Основные задачи данного раздела: выбор наиболее эффективных организационных, технических и экономических решений для ввода в действие новых производственных мощностей; оформление результатов технико-экономических исследований, обосновывающих целесообразность и возможности реализации инвестиционного проекта.

5.2 Организация предприятия и трудовые ресурсы

Для постройки любого сооружения или промышленного объекта требуется множества работ: изыскательских, проектных, общестроительных, монтажных, наладочных. Эти работы требуются и для постройки подстанций. Строительство подстанции начинается с подготовки территории и выполнения земляных работ. Затем производится закладка фундаментов, осуществляется подвод наружных сетей, монтируются опорные металлоконструкции, подводятся необходимые кабели, устанавливается оборудование, монтируется и готовится к работе противоаварийная автоматика и прочие системы. По завершении строительства производятся пусконаладочные работы и благоустройство территории. Только после этого объект может быть введен в эксплуатацию. Контроль качества строительных работ и координации деятельности субподрядчиков сегодня привлекаются инжиниринговые компании, берущие на себя весь комплекс работ по проектированию, согласованию и управлению строительством объекта. Такие компании обеспечивают качественное и своевременное выполнение работ. К проекту привлекаются специалисты высокой квалификации, способные предложить оптимальное инженерно-техническое решение, разработать проектную документацию и нанять ответственных субподрядчиков. Разработка проекта предполагает грамотное составление бюджета и правовое сопровождение всех этапов работы. Немаловажную роль играет комплектовочная организация, отвечающая за качество приобретаемого оборудования и материалов и их доставку.

5.3 Финансово-экономическая оценка проекта

Для этого производится расчет экономической эффективности вложенных средств и срока окупаемости, а также расчет дисконтированной суммы капитальных вложений.

Капитальные вложения в проектирование включают в себя:

- стоимость оборудования;
- стоимость монтажных работ;
- стоимость транспортных услуг.

Кроме того учитываются затраты на строительство здания, сооружения и т.д. Общая сумма капитальных вложений (ZK) рассчитывается по формуле:

$$ЕК=Ко+Кс+Км+Кпр, \quad (5.1)$$

где Ко - капитальные вложения на приобретение оборудования, 53% от ∑К;

Кс - капитальные вложения на строительные работы, 30 % от ∑К;

Км - капитальные вложения на монтажные и пуско-наладочные работы, 11% от ∑К;

Кпр - капитальные вложения на прочие расходы, 6% от ∑К.

Капиталовложения на приобретение оборудования для строительства подстанции предусматривают развитие электрических сетей 110 кВ АЖК г. Алматы. По укрупненным данным составят около 180 млн тенге[18].

Капиталовложения в подстанцию определяются по приведенным в справочнике укрупненным показателям стоимости суммированием следующих составляющих:

- РУ всех напряжений;
- трансформаторы (автотрансформаторы (АТ));
- компенсирующие устройства и реакторы;
- постоянная часть затрат.

Расчетная стоимость ячеек РУ должна учитывать стоимость выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения, ОПН, аппаратуры управления, сигнализации, РЗиА, контрольных кабелей, ошиновки, строительных конструкций и фундаментов, а также соответствующих строительно-монтажных работ. Также дополнительно учитываются затраты на оборудование высокочастотной связи для линейных ячеек.

Расчетная стоимость автотрансформаторов и трансформаторов должна включать затраты на ошиновку, шинопроводы, грозозащиту, заземление, контрольные кабели, РЗ, строительные конструкции и строительно-монтажные работы.

Показатели постоянной части затрат по подстанции учитывают полную расчетную стоимость подготовки и благоустройства территории, общеподстанционного пункта управления, устройств расхода на собственные нужды, аккумуляторной батареи, компрессорной, подъездных и внутриплощадочных

дорог, средств связи и телемеханики, маслохозяйства, водопровода, канализации, наружного освещения и прочих общеподстанционных элементов.

Суммарные капитала вложения на приобретения оборудования релейной защиты подстанции согласно формуле 5.1 составляет:

$$ЕК=2385+1350+495+270=4500 \text{ тыс.евро.}$$

Переводим данную сумму из евро в тенге по курсу Национального Банка РК на 25/05/2016 (1 евро = 400 тенге).

$$ЕК=4500000 \cdot 400=945000000 \text{ тенге.}$$

5.4 Расчет экономической эффективности вложенных средств и срока окупаемости

Подстанция Западная в год передает около 126 млн. кВтч электроэнергии. Объем передаваемой энергии определяется из расчета мощности устанавливаемых понижающих трансформаторов суммарной мощностью 50 МВА, коэффициента загрузки данной подстанции, который принимаем равным 0,7 и планируемого количества часов использования максимума загрузки для данной подстанции, которое составляет 2000 часов.

Для расчета срока окупаемости возводимой подстанции рассмотрим два способа получения прибыли:

а) оказание услуг по передаче электроэнергии (транзит через подстанцию);

б) получение лицензии на покупку электроэнергии с целью ее перепродажи через торговые системы энергорынка.

5.5 Оказание услуг по передаче электроэнергии

Что бы узнать какова будет прибыль с данного вида деятельности необходимо рассчитать тариф подстанции на транзит электроэнергии.

Основная составляющая издержек для ПС - амортизация, которую примем равной 40%. Найдя амортизацию, найдем и остальные издержки, равные 60%, к которым относятся:

- налоговые платежи;
- командировочные расходы (командировочные расходы для административного и производственного персонала);
- канцелярские расходы;
- типографские расходы (эта статья складывается из закупки бланков различной отчетности и повседневного пользования (журналов, карточек, ведомостей, актов, инструкций, правил, заявок));
- энергия на хозяйственные нужды (обогрев помещений, монтерских пунктов, освещение всех зданий, помещений предприятия, ремонтных баз);

- расходные материалы для вычислительной и оргтехники (сюда включается закупка картриджей, барабанов, тонеров, запчастей);

- энергия на компенсацию технических потерь;

- расходы на оплату труда (складываются из оплаты труда производственного и административного персонала);

- износ основных средств;

- ремонт (капитальные, текущие ремонты и техобслуживание оборудования, нуждающегося в данном виде ремонта согласно графику);

- услуги связи (абонентская плата за телефон, оплата междугородних и международных переговоров, оплата высокочастотной связи);

- услуги почтамта (за пересылку корреспонденции, писем, деловой переписки и др. почтамт согласно договору выставляет счет);

расходы на коммунальные услуги (стоимость холодной воды и канализации, вывоз мусора, тепловая энергия);

- расходы на экологию (эта статья содержит расходы, связанные с выбросами в атмосферу вредных веществ от использования ГСМ транспортом компании, с загрязнением среды твердобытовыми отходами и т.д.);

- материалы на эксплуатацию (в эту статью включаются затраты, связанные с техническим обслуживанием энергооборудования и транспорта, материалы, инструменты, приспособления основного и вспомогательного производств, материалы на обеспечение санитарно-гигиенических требований и техники безопасности, поддержание зданий в рабочем состоянии, ГСМ);

- переработка электроэнергии тяговыми подстанциями;

- поверка приборов (необходима поверка рабочих и исходных эталонов);

- охрана труда (любая компания нуждается в спецодежде, обуви)

- страхование от несчастных случаев (страхование в РК обязательно - выбирается только вид страхования);

- подготовка кадров (складывается из сумм договоров тех организаций, куда на повышение квалификации ездят работники компании).

Нормы амортизации примем равными 3%, тогда амортизация ПС составит:

$$\sum Zam = Ho \cdot \sum K = 945000 \cdot 0{,}03 = 28350 \text{ тыс. тенге;}$$

Тогда полные затраты составят:

$$\sum Z = 28350 \cdot 100/400 = 70871 \text{тыс. тенге.}$$

Себестоимость единицы оказания услуг по передаче электроэнергии составит:

$$S = \sum Z / Wгод = 70871/126000 = 0{,}56 \text{ тенге/кВт*ч}$$

Итоговый тариф за транзит электроэнергии через подстанцию с учетом доходности 10% вычисляется по формуле:

$$Ц_{пс}=(S_{пс}+0,lS_{пс})=1,1\cdot S_{пс}=0,56\cdot 1,1 = 0,616 \text{ тенге/кВт} \cdot \text{ч}.$$

Определим годовую прибыль за транзит через подстанцию за вычетом подоходного налога, который составляет 20%:

$$\sum П_{тр}=W_{год}\cdot 0,1S_{пс}\cdot 0,8=126000\cdot 0,056\cdot 0,8=5644,8 \text{ тыс. тенге};$$

С данной годовой прибылью срок окупаемости вложенных инвестиций составит более 100 лет, что является экономически нецелесообразно. Поэтому переходим к рассмотрению второго вида деятельности по получению прибыли.

5.6 Получение лицензии на покупку электроэнергии с целью ее перепродажи через торговые системы энергорынка

По данным на май 2015 года тариф на электроэнергию в ВКО составляет 22 тенге за кВт/ч. Рассмотрим механизм ценообразования на подстанции и его составляющие:

- покупка электроэнергии (6 тенге кВт/ч);
- тариф KEGOC (4 тенге кВт/ч);
- тариф РЭК (6 тенге кВт/ч);
- собственный тариф подстанции (1 тенге кВт/ч).

Тогда исходная себестоимость электроэнергии на подстанции составит 17 тенге кВт/ч. При продаже потребителям электроэнергии по цене 22 тенге кВт/ч, ТОО получает прибыль в размере 5 тенге кВт/ч.

За вычетом подоходного налога годовая прибыль от данного вида деятельности составит:

$$\sum Пкп= W_{год}\cdot 5\cdot 0,8=126000\cdot 5\cdot 0,8=378000 \text{ тыс. тенге};$$

Суммарная прибыль предприятия от обоих видов деятельности составит:

$$\sum П=\sum Пкп+\sum П_{тр}=378000+5644,8 =383644,8 \text{ тыс. тенге}.$$

Определим срок окупаемости инвестиций от перечисленных видов деятельности.

5.7 Показатели финансово-экономической эффективности инвестиций

Срок окупаемости инвестиций в текущих стоимостях (окупаемость в терминах текущих стоимостей, дисконтированный период окупаемости капиталовложений).

Общая формула для расчета окупаемости в терминах текущих стоимостях:

$$\text{ТокТС} = n, \text{ при котором } \sum(CFt/(1+r)^t) > I_0^{t=1} \qquad (5.2)$$

где, ТокТС - срок окупаемости инвестиций в текущих стоимостях; п n-число периодов;

CFt - приток денежных средств в период t;

r - барьерная ставка (коэффициент дисконтирования);

Io - величина исходных инвестиций в нулевой период.

Видоизменяя понятие окупаемости, мы можем получить два дополнительных инструмента анализа инвестиций. Так, показатель окупаемость в терминах текущих стоимостей (его будем кратко называть ТС-окупаемостью, также используемый при определении количества временных периодов, требуемых для возмещения инвестиционных расходов, принимает в расчет временную стоимость денег. В то время как при вычислении окупаемости просто суммируются ежегодные денежные поступления для определения того года, в котором они превзойдут первоначальные расходы денежных средств, при вычислении ТС-окупаемости суммируются дисконтированные денежные поступления.

ТС-окупаемость - это показатель, оценивающий характерное время инвестиции, а именно определяющих, как быстро инвестиционные расходы будут возмещены доходами. Дисконтированный период окупаемости позволяет дать грубую оценку ликвидности проекта и приблизительно оценить риск. И наконец, ТС-индекс является более надежным, чем внутренний коэффициент окупаемости (IRR), показателем в случаях, когда необходим сравнительный анализ целесообразности инвестиций.

Произведем расчет.

Размер инвестиций: 945000000 тыс. тенге.

Таблица 5.2 Доходы от инвестиций в первом году 383644,8 тыс. тенге

во втором году(+5%), тыс. тенге в третьем году(+7%), тыс. тенге	402827,04 410499,9
в четвертом году (+8%), тыс. тенге	414336,3
в пятом году(+9%), тыс. тенге	418172,8
в шестом году(+10%), тыс. тенге	422009,28
в седьмом году(+11%), тыс. тенге	425845,7
Размер барьерной ставки 12%	

Определим период по истечении, которого инвестиция окупается.

$$PV_J = 342540+359667 +366517 +369943+376874,2+376973+ 380219 =$$
$$= 2\ 572733,2\text{тыс. тенге.}$$

Если предположить что приток денежных средств поступает равномерно в течении всего периода (по умолчанию предполагается что денежные средства поступают в конце периода), то можно вычислить остаток от девятого года.

$$PP=K/CF= 2\ 572733.2/\ 380219=6.7$$

Период окупаемости в текущих стоимостях равен 6.7 лет

Заключение

В дипломном проекте рассмотрены вопросы присоединения подстанции к существующей сети 110кВ, выполнены выбор рационального варианта трансформаторов на подстанции, расчёты установившихся режимов электрической сети на базе программы «RASTR», расчёт токов короткого замыкания произведён с помощью программы TKZ3000, выполнен выбор оборудования и разработано конструктивное выполнение подстанции.

К исполнению принята подстанция 110/10кВ, выполненная по схеме «Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и неавтоматической перемычкой». Подстанция выполнена с перспективой расширения в габаритах схемы «Двойная система сборных шин с обходной». На подстанции установлено два трансформатора ТРДН-25000/110/10. Сторона низшего напряжения выполнена из ячеек КРУН К-47, К49.

Выбор наилучшего варианта выполнен на основе сравнения приведённых затрат.

Выполнены мероприятия по электробезопасности объекта (расчёт грозозащиты и заземления подстанции).

Список литературы

1. Проектирование схем электроустановок. Балаков Ю.Н. – М.: МЭИ, 2006 г.

2. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций - М.:Академия. 2006.

3. Электрическая часть станций и подстанций. Под ред. А.А. Васильева - М.: Энергоатомиздат. 1990.

4. Неклепаев Б.Н., Электрическая часть электростанций и подстанций. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.; ил.

5. Хожин Г.Х., Михалкова Е.Г., Соколова И.С. Электрические станции и подстанции. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика. - Алматы: АУЭС, 2015. – 54 с.

6. Соколов С.Е., Оржанова Ж.К., Дусимов А.А. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электрические станции и подстанции» для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика. - Алматы: АИЭС, 2008. – 27 с.

7. Кузембаева Р.М., Соколов С.Е., Хожин Г.Х. Электрические станции и подстанции. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения специальностей 050718 – Электроэнергетика. – Аламты: АИЭС, 2009. – 33 с.

8. С.Е. Соколов, Г.Х. Хожин, Е.Г. Михалкова. Методические указания к расчетно-графической работе № 1 для студентов специальностей 050718 – Электроэнергетика и 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства – Алматы: АУЭС, 2014. – 15 с.

9. С.Е. Соколов, Г.Х. Хожин, Е.Г. Михалкова. Методические указания к расчетно-графической работе № 2 для студентов специальностей 050718 - Электроэнергетика и 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства – Алматы: АУЭС, 2014. - 16 с.

10. С.Е. Соколов, Г.Х. Хожин, Е.Г. Михалкова. Методические указания к расчетно-графической работе № 3 для студентов специальностей 050718 – Электроэнергетика и 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства – Алматы: АУЭС, 2014. – 25 с.

11. Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования.- Энергия, 1989.

12. Сибкин Ю.Д.. Электрические подстанции. М.: РадиоСофт, 2012.

13. Электротехнический справочник. Том 3, книга 1, М.: Энергоатомиздат. 1988.

14. Справочник по электроустановкам высокого напряжения. Под ред. И.А.Баумштейна – М.: Энергоатомиздат. 1989.

15. Кузембаева Р.М., Соколов С.Е., Хожин Г.Х. Электрические станции и подстанции. Учебное пособие. Алматы: АИЭС, 2006. –92 с.

16. Леньков Ю.А., Хожин Г.Х. Выбор коммутационных аппаратов и токоведущих частей распределительных устройств электрических станций и подстанций. Павлодар: ПГУ, - 2003 – 211 с.