МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра _____

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ЭСиС
Умбетканов Е.К. к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
(подпись) «17» 06 **20**16 **г.**

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Проектирование подстанции 110/10 кВ "Кызылординская" для питания сельскохозяйственных потребителей

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика.

Выполнил (а) Умбеталиев Е.С. ЭУ-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:
Исакупов А.А. к.э.н., профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «17» 05 20 16 г.

по безопасности жизнедеятельности:
Байзакова С.М. старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «23» 05 20 16 г.

Нормоконтролер: Тергеусизова М.А. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «14» 06 20 16 г.

Рецензент: Аухадиева Н.С. вед. инженер упр. музейной АО "НИК"
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
(подпись) «_____» _____ 20__ г.

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 Умбетаев Еркин Сейсенбаевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Проектирование подстанции 110/10 кВ «Кызылординская» для питания сельскохозяйственных потребителей

утверждена приказом ректора № ___ от «___» _____ 20___ г.

Срок сдачи законченной работы «__» _____ 20___ г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Летние нагрузки - 29.98 МВт
Зимнее нагрузки - 34.97 МВт
Cos φ - 0,89

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

1 Электрические нагрузки существующие сеть 110 кВ в районе ПС 110/10 кВ Кызылординской области.
2. Техническое решение по строительству ПС 110 кВ Кызылординской
3. Расчет токов короткого замыкания.
4. Выбор высоковольтной 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 Кодиллординской области.
2. Схема релейной защиты и автоматики подстанций.
3. Схема размещения устройств РЗА подстанции.
4. Молниезащита подстанции.

Рекомендуемая основная литература

1. Рожкова А.Д. Козулина В.С. Электрооборудование 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.: Энергоатомиздат 2005 г - 349 ст.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети - М.: Энергоатом издат 2009 г - 592 с.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖД	Байзакова С.М.	23.06.2016г.	
Экономическая часть	Жакупов А.А.	17.05.2016г.	

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Сбор материалов по нагрузкам подстанция г. Кызылорда	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 – 5.04.16г.	
5.	Расчет режимов в Rastr	7.04 – 19.04.16г.	
6.	Безопасность жизнедеятельности	27.04 – 5.05.16.	
7.	Экономическая часть	28.04 – 16.05.16.	
8	Готовый проект.		

Дата выдачи задания «03» 03 2016 г.

Заведующий кафедрой _____ Умбетсуров Е.К.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

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

Задание принял к исполнению
студент _____ Умбетаев Е.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Берілген дипломдық жобада Алматы энерго түйінінің станциясын 110/10 Кзылодра. Мұның қажетілігі тұтықушылар жүктемесінің қарқынды өсүімен, энергожүйеден үлкен қуаттарды талап ететін жаңа өндірістердің пайда болуымен негізделеді. Дипломдық жобаның экономикалық бөлімінде қосалқы стансаның құрылысының экономикалық бағасы жасалынған. Сонымeнқатар, өміртіршілік қауіпсіздігі мәселелері деқарастырылған.

Аннотация

В данном дипломной работе рассматривается проектирование подстанции 110/10 кВ «Кзылординская». Актуальность её объясняется проблемой дефицита электроэнергии в связи с быстрым увеличением нагрузок потребителей, появлением новых жилых домов, требующих дополнительных мощностей от энергосистемы. В экономической части дипломного проекта произведена экономическая оценка инвестиций в проектировапние подстанции. Также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

Abstract

In this the station 110/10 kV Kzylorda. The urgency of the problem is due to its shortage of electricity due to the rapid increase in the load of consumers, the emergence of new residential buildings that require additional power from the grid. In the economic part of the thesis project made economic assessment of investment in the reconstruction of the substation. Also consider safety.

Содержание

Введение……. 7
1 Анализ перспективной схемы подстанции…….…. 8
1.1 Составление схемы замещения, подготовка данных и расчет режимов работы сети……..... 9
1.2 Определение расчетных нагрузок для режимов работы подстанции……... 15
1.3 Составление баланса активной и реактивной мощности……. 16
1.4 Выбор числа и мощности трансформаторов…… 19
2 Выбор схем электрических соединений РУ…… 21
2.1 Выбор вариантов схем РУ…….. 21
2.2 Выбор типа конструкции РУ-10……. 22
3 Расчет токов короткого замыкания……..… 23
4 Выбор оборудования на подстанцию «Кзылординская»……. 26
4.1 Выбор оборудования для ЗРУ-110 кВ…….…. 26
4.2 Выбор трансформатора напряжения…… 28
4.3 Выбор трансформаторов тока на стороне 10 кВ……. 29
4.4 Выбор изоляторов……. 31
4.5 Выбор конструкции ЗРУ-110 кВ…….. 32
4.6 Выбор оборудования на стороне 10 кВ……. 32
4.7 Выбор трансформатора собственных нужд…….. 33
4.8 Выбор трансформатора тока в цепи силового трансформатора. 34
4.9 Надежность трансформаторов…… 35
5 Безопасность жизнедеятельность…….. 42
5.1 Анализ усовий труда……. 42
5.2 Защита от прямых ударов молнии на подстанции 110/10 кВ…. 43
5.3 Расчет искусственного освещения в ЗРУ 10 кВ……. 45
6 Технико-экономическое обоснование строительства п/ст 110/10 «Кзылординская»..... 48
6.1 Общие исходные условия…….. 48
6.2 Вопросы организации проектирование элементов сетей и требования к трудовым ресурсам…… 48
6.3 Финансово-экономическая оценка проекта…… 49
6.4 Определение капитальных вложений в строительство подстанции…….. 50
6.5 Определение капитальных вложений в строительство прилегающих сетей……. 51
6.6 Расчет экономической эффективности вложенных средств и срока окупаемости…….. 51
6.7 Оказание услуг по передаче электроэнергии……. 52
6.8 Получение лицензии на покупку электроэнергии с целью ее перепродажи через торговые системы энергорынка…….. 54
6.9 Показатели финансово-экономической эффективности инвести-

ций…… 54
Заключение……. 57
Список литературы…… 58

Введение

Подстанция 110/10 кВ для питания сельскохозяйственных потребителей от подстанции «Кзыл-ординская» является одним из важнейших объектов Южноказахстанской области.

Проектирование ПС «Кзыл-ординская» вызвано необходимостью усиления мощности для питания сельскохозяйственных потребителей.

Для усиления надёжности схемы работы ПС предусматривается современное оборудование ПС:

1.Установка вакуумных выключателей на стороне 10 кВ;

2.Установка элегазовых выключателей на стороне 110 кВ;

3.Установка разрядников на более современные нелинейные ограничители перенапряжения;

4. Применение Комплектных распределительных элегазовых устройств;

5. Применение трансформаторов с охлаждением их путём вакуумммирования помещения, где они находятся;

6. Применение сухих трансформаторов собственных нужд;

7. Использование датчиков, показывающих температуру кабельных линий.

1 Анализ перспективной схемы подстанции

Исходными данными для разработки схемы реконструкции подстанции являются следующие материалы:

- Назначение подстанции в энергосистеме;
- Перетоки мощности через подстанцию;
- Наличие одного или двух РУ повышенных напряжений подстанции;
- Число трансформаторов;
- Задание на разработку проекта реконструкции подстанции;
- Материалы о развитии существующих и новых потребителей электроэнергии в городе (заявленные установленные мощности на перспективу);
- План схемы рассматриваемой подстанции.

Принципиальная схема подстанции определяет выполнение трансформаторных и автотрансформаторных связей между РУ, и выбор ее проектируется на технико-экономических расчетах. Для подстанции с двумя или тремя напряжениями принципиальная схема определяется практически однозначно. Проектирование их сводится к выбору числа, типа и номинальной Мощности необходимых трансформаторов.

Энергия, поступающая из сети высшего напряжения, может быть определена как на одном низшем напряжении 10 кВ, так и на двух напряжениях: среднем 35кВ и более низшем 10кВ. В зависимости от количества РУ устанавливают двух обмоточные или трехобмоточные трансформаторы или автотрансформаторы в зависимости от режима нейтрали сети среднего напряжения.

Установка одного трансформатора возможна только на подстанции, питающей неответственных потребителей (потребители третьей категории). Для электроснабжения потребителей первой и второй категорий по условию надежности, как правило, устанавливают два трансформатора. Установка большего количества трансформаторов допускается только при соответствующих технико-экономических обоснованиях.

Для нашей подстанции выбираем схему с двумя трансформаторами, выбираемыми по условию напряжения U=l10кВ. Принимаем к установке 2 трансформатора:

а) $T_м$=5000 часов;

б) коэффициент мощности потребителей cosφ = 0.85;

в) климатический район по гололеду-2.

Принципиальную схему подстанции представим на рисунке 1.

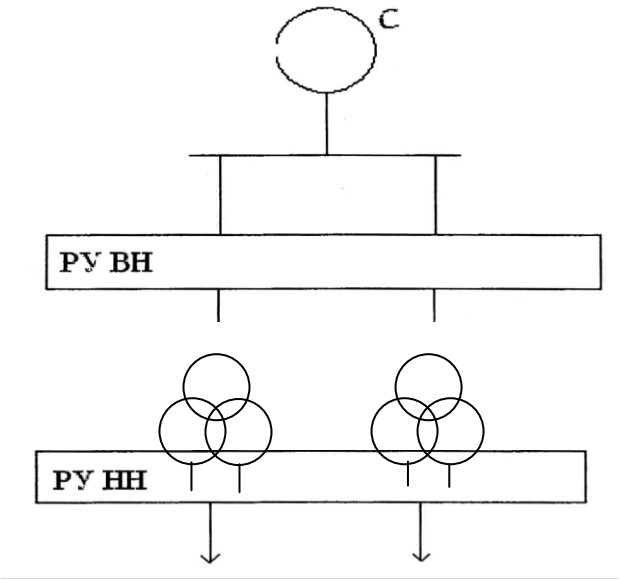


Рисунок 1.1 - Принципиальная схема подстанции

1.1 Составление схемы замещения, подготовка данных и расчет режимов работы сети

Для оценки нагрузочной способности существующих электрической сети были проведены расчеты по программе RASTR. Исходные данные представлены в таблицах 1.1 и 1.2. При этом за расчетную нагрузку в узлах электрических сетей были приняты допустимые нагрузки для силовых трансформаторов в нормальном режиме с учетом их оптимальной загрузки, равной 0.7 $S_{ном}$.

Таблица 1.1 – Параметры по узлам

Номер	Название	$U_{ном}$	$P_{наг}$	$Q_{наг}$	$P_{ген}$	$Q_{ген}$	Q_{min}	Q_{max}
1	Пс. Бирлестик	110	15	3,3				
2	Тасбугет	110	9,8	4,4				
3	Караозек	110	10,7	4,2				
4	Акжол	115	17	3,6				
5	Кокшокы	110	12,1	4,1				
6	Енбекши	115			92,4	50,8	-1000	1000
7	ТЭЦ	115			60	6,2	-1000	1000
8	Акжорма	110	31,9	12,2				
9	Кокшокы	110	11	3,7				
10	Айдарлы	110	0,4	0,1				
11	Тортогай	110	10,9	5,3				
12	Октябрь	110	16,3	6,4				
13	Акшавл	110	43,6	21,3				
14	Аккум	110	1,3	0,5				
15	ГТС	115			30	-8,8	-1000	1000

Таблица 1.2 - Параметры по ветвям

№нач	№кон	$R_{лин}$	$X_{лин}$	$B_{лин}$
1	2	0,49	2,85	-126
2	3	0,18	0,35	-180
3	4	0,12	0,22	-180
4	5	0,42	0,16	-60
1	2	3	4	5
5	6	0,2	0,08	-42
6	7	1,35	9,5	-42
7	8	2,54	22,3	-240
8	9	0,56	1,79	-42
9	10	5,84	10,3	-42
10	11	1,8	7,17	-42
11	4	1,34	5,76	-42
4	12	1,2	0,45	-240
12	13	1,5	0,58	-240
13	14	6,9	17,4	-240
15	14	6,9	17,4	-240

Таблица 1.3 - Результаты расчета нормального режима

Узел: 1 Район:										
Узел	Название	V	Фаза	Рнаг Рлин	Рнаг Рлин	Рген dP	Qген dQ	Vзад Ток	Qmin dPз	Qmax dQз
1 2	Берлистик- Тасбугер	114.1	0	15.0 15.0	3.3 3.3	0.0 0.01	0.0 0.05	110.0 0.078	0.0 0.00	0.0 -1.6
2 1 3	Тасбугер- Берлистик Караозек	114.2	0	9.8 -15.0 24.8	4.4 -1.7 6.1	0.0 0.01 0.01	0.0 0.05 0.02	110.0 0.076 0.129	0.0 0.00 0.00	0.0 -1.6 -2.3
3 2 4	Караозек- Тасбугет Ак- жол	114.2	0	10,7 -24.8 35.5	4.2 -3.8 8.0	0.0 0.01 0.01	0.0 0.02 0.02	110.0 0.127 0.184	0.0 0.00 0.00	0.0 -2.3 -2.4
4 3 5 11 12	Акжол Кок- шокы Тортог Октябрь Кокшокы	114.3	0	17.0 -35.5 109.7 -24.8 -32.4	3.3 -5.7 43.4 -8.0 -26.2	0.0 0.01 0.45 0.07 0.17	0.0 0.02 0.17 0.30 0.06	115.0 0.182 0.596 0.132 0.210	0.0 0.00 0.00 0.00 0.00	0.0 -2.4 -0.8 -0.5 -3.1
Узел	Название	V	Фаза	$P_{наг}$ $P_{лин}$	$P_{наг}$ $P_{лин}$	$P_{ген}$ dP	$Q_{ген}$ dQ	$V_{зад}$ Ток	Q_{min} dPз	Q_{max} dQз
5 4 6	Кокшокы- Тасбугер Ен- бекши	114.8	0	12.1 -110.2 122.3	4.1 -42.8 46.9	0.0 0.45 0.26	0.0 0.17 0.10	110.0 0.595 0.659	0.0 0.00 0.00	0.0 -0.8 -0.6
6 5 7	Енбекши- Кокшокы- ТЭЦ	115.0	0	0.0 -122.5 30.1	0.0 -46.5 -4.3	92.4 0.26 0.09	50.8 0.10 0.67	115.0 0.658 0.153	-1000.0 0.00	1000.0 -0.6 -0.6
7 6 8	ТЭЦ- Акжорма Акжорма	115.0	1	0.0 -30.2 -29.8	0.0 4.2 -10.4	60.0 0.09 0.20	6.2 0.67 1.74	115.0 0.153 0.158	-1000.0 0.00	1000.0 -0.6 -3.1
8 7 9	Кокшокы- Айдарлы- Айдарлы	112.2	-2	31.9 29.6 2.3	12.2 11.8 0.4	0.0 0.20 0.00	0.0 1.74 0.00	110.0 0.164 0.012	0.0 0.00 0.00	0.0 -3.1 -0.5

9 8 10	Айдарлы- Айдарлы Токтогай	112.2	-2	11.0 -2.3 13.3	3.7 0.1 3.6	0.0 0.00 0.09	0.0 0.00 0.15	110.0 0.012 0.071	0.0 0.00 0.00	0.0 -0.5 -0.5
10 9 11	Токтогай- Айдарлы Тортогай	113.2	-1	0.4 -13.4 13.8	0.1 -3.2 3.3	0.0 0.09 0.03	0.0 0.15 0.11	110.0 0.070 0.072	0.0 0.00 0.00	0.0 -0.5 -0.5
11 10 4	Тортогай Ай- дарлы Тас- бургер	113.6	-1	10.9 -13.8 24.7	5.3 -2.9 8.2	0.0 0.03 0.07	0.0 0.11 0.30	110.0 0.072 0.132	0.0 0.00 0.00	0.0 -0.5 -0.5
12 4 13	Арман Тасбу- гер Акшавл	113.8	0	16.3 32.2 -15.9	6.4 29.3 -22.9	0.0 0.17 0.10	0.0 0.06 0.04	110.0 0.221 0.141	0.0 0.00 0.00	0.0 -3.1 -3.1
13 12 14	Акшавл Ар- ман Аккум	113.5	0	43.6 15.8 27.8	21.3 25.9 -4.6	0.0 0.10 0.43	0.0 0.04 1.09	110.0 0.154 0.143	0.0 0.00 0.00	0.0 -3.1 -3.1
14 13 15	Аккум Ак- шавл ГТС	114.3	3	1.3 -28.2 29.5	0.5 6.6 -6.1	0.0 0.43 0.49	0.0 1.09 1.25	110.0 0.146 0.152	0.0 0.00 0.00	0.0 -3.1 -3.9
15 14	ГТС Аккум	115.0	5	0.0 -30.0	0.0 8.8	30.0 0.49	-8.8 1.25	115.0 0.157	-1000.0	1000.0 -3.9

Таблица 1.4 - Структурный анализ активных потерь в районе

$U_{ном}$	Тип	Потери в ЛЭП		Потери в трансформаторах		Потери в шунтах	
110		МВт	%	МВт	%	МВт	%
	Всего:	2,408	100,00	0,000	0,00	0,000	0,00
	Сумма:	2,408	100,00	0,000	0,00	0,000	0,00

Суммарные потери: 2,408(100,00)

Таблица 1.5 - Структурный анализ реактивных потерь в районе

$U_{ном}$	Тип	Потери в ЛЭП		Потери в трансформаторах		Потери в шунтах	
110		МВт	%	МВт	%	МВт	%
	Поперечные	5,777	-27,53	0,000	0,00	0,000	0,00
	Продольные	-26,763	127,53	0,000	0,00	0,000	0,00
	Всего:	-20,986	100,0	0,000	0,00	0,000	0,00
	Сумма:	-20,896	100,0	0,000	0,00	0,000	0,00

Суммарные потери: -20,986(100)

Таблица 1.6 - Структурный анализ/падения напряжения в нормальном режиме

Узел	Vном	Vрас	dV%	Узел	Vном	Vрас	dV%	Узел	Vном	Vрас	dV%
1	110.0	114.1	3.69	2	110.0	114.2	3.81	3	110.0	114.2	3.85
4	115.0	114.3	-0.62	5	110.0	114.8	4.32	6	115.0	115.0	0.00
7	115.0	115.0	0.00	8	110.0	112.2	1.96	9	110.0	112.2	1.97
10	110.0	113.2	2.89	11	110.0	113.6	3.26	12	110.0	113.8	3.49
13	110.0	113.5	3.19	14	110.0	114.3	3.95	15	115.0	115.0	0.00

Таблица 1.7 - Результаты расчета Аварийного режима

Узел	V	Фаза	Рнаг Рлин	Qнаг Qлин	Рген dP	Qген dQ	Vзад Ток	Qmin dPз	Qmax dQз
1	113.9	0	15.0	3.3 3.3	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
2			15.0		0.01	0.05	0.078	0.00	-1.6
2	114.0	0	9.8	4.4	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
1			-15.0	-1.7 6.1	0.01	0.05	0.076	0.00	-1.6
3			24.8		0.01	0.02	0.129	0.00	-2.3
3	114.1	0	10.7	4.2	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
2			-24.8	-3.8 8.0	0.01	0.02	0.127	0.00	-2.3
4			35.5		0.01	0.02	0.184	0.00	-2.3
4	114.1	0	17.0	3.6	0.0	0.0	115.0	0.0	0.0
3			-35.5	-5.7	0.01	0.02	0.182	0.00	-2.3
5			138.9	36.2	0.66	0.25	0.726	0.00	-0.8
11			-24.5	-7.7	0.07	0.29	0.130	0.00	-0.5
12			-61.9	-19.2	0.39	0.15	0.328	0.00	-3.1
5	114.7	0	12.1	4.1	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
4			-139.6	-35.7	0.66	0.25	0.725	0.00	-0.8
6			151.7	39.8	0.37	0.15	0.789	0.00	-0.6
Узел	V	Фаза	Рнаг Рлин	Qнаг Qлин	Рген dP	Qген dQ	Vзад Ток	Qmin dPз	Qmax dQз
15	«Отключен»								
14	«Отключена»								
6	115.0	0	0.0	0.0	122.2	43.6	115.0	-1000.0	1000.0
5			-152.1	-39.3 -	0.37	0.15	0.789	0.00	-0.6
7			29.9	4.3	0.09	0.66	0.152	0.00	-0.6
7	115.0	1	0.0	0.0 4.2	60.0	6.5	115.0	-1000.0	1000.0
6			-30.0	-10.7	0.09	0.66	0.152	0.00	-0.6
8			-30.0		0.20	1.78	0.160	0.00	-3.1
8	112.1	-2	31.9	12.2	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
7			29.8	12.0 0.2	0.20	1.78	0.166	0.00	-3.1
9			2.1		0.00	0.00	0.011	0.00	-0.5
9	112.1	-2	11.0	3.7 0.4	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
8			-2.1	3.3	0.00	0.00	0.011	0.00	-0.5
10			13.1		0.08	0.15	0.069	0.00	-0.5
10	113.1	-1	0.4 -	0.1 -3.0	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
9			13.1	3.1	0.08	0.15	0.069	0.00	-0.5
11			13.5		0.03	0.11	0.071	0.00	-0.5
11	113.5	-1	10.9	5.3	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
10			-13.6	-2.6 7.9	0.03	0.11	0.070	0.00	-0.5
4			24.5		0.07	0.29	0.131	0.00	-0,5
13	112.7	0	43.6	21.3	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
12			44.9	18.8	0.27	0.11	0.249	0.00	-3.1
14			-1.3	2.5	0.00	0.00	0.015	0.00	-3.1
14	112.8	0	1.3	0.5 0.5	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
13			1.3		0.00	0.00	0.007	0.00	-3.1
15									
	«Отключена»								

Таблица 1.8 - Структурный анализ активных потерь

Uном	Тип	Потери в ЛЭП		Потери в трансформаторах		Потери в шунтах	
110		МВт	%	МВт	%	МВт	%
	Всего:	2,208	100,00	0,000	0,00	0,000	-0,00
	Сумма:	2,208	100,00	0,000	0,00	0,000	0,00

Суммарные потери: 2208(100,00)

Таблица 1.9 - Структурный анализ реактивных потерь

Uном	Тип	Потери в ЛЭП		Потери в трансформаторах		Потери в шунтах	
110		МВт	%	МВт	%	МВт	%
	Поперечные	3,727	-19,66	0,000	0,00	0,000	0,00
	Продольные	-22,864	119,66	0,000	0,00	0,000	0,00
	Всего:	-18957	100,0	0,000	0,00	0,000	0,00
	Сумма:	-18957	100,0	0,000	0,00	0,000	0,00

Суммарные потери: -18,597

Таблица 1.10 - Структурный анализ падения напряжения в аварийном режиме

Узел	Vном	Vрас	dV%	Узел	Vном	Vрас	dV%	Узел	Vном	Vрас	dV%
1	110.0	113.9	3.56	2	110.0	114.0	3.67	3	110.0	114.1	3.72
4	115.0	114.1	-0.74	5	110.0	114.7	4.28	6	115.0	115.0	0.00
7	115.0	115.0	0.00	8	110.0	112.1	1.90	9	110.0	112.1	1.91
10	110.0	113.1	2.79	11	110.0	113.5	3.15	12	110.0	113.4	3.10
13	110.0	112.7	2.48	14	110.0	112.8	2.55	15	115.0	115.0	0.00

Таблица 1.11- Режим с добавочной нагрузкой

Узел: 1 Район:										
Узел	Название	V	Фаза	Рнаг Рлин	Qнаг Рлин	Рген dP	Qген dQ	Vзад Ток	Qmin dPз	Qmax dQз
1	Берлистик-	113.7	0	19.5	4.3	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
2	Тасбугер			19.5	4.3	0.01	0.09	0.101	0.00	-1.6
2	Тасбургер	113.9	0	12.7	5.7	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
1	Берлес			-19.5	-2.7	0.01	0.09	0.100	0.00	-1.6
3	Караозек			32.3	8.5	0.02	0.03	0.169	0.00	-2.3
3	Караозек	113.9	0	13.9	5.5	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
2	Тасбург			-32.3	-6.2	0.02	0.03	0.166	0.00	-2.3
4	Акжол			46.2	11.6	0.02	0.04	0.241	0.00	-2.3

4	Акжол	114.0	0	22.1	4.7	0.0	0.0	115.0	0.0	0.0
3	Караозек			-46.2	-9.3	0.02	0.04	0.239	0.00	-2.3
5	Тортог			154.5	57.0	0.88	0.33	0.834	0.00	-0.8
11	Тортогай			-35.2	-10.6	0.14	0.60	0.186	0.00	-0.5
12	Арман			-51.0	-32.4	0.35	0.13	0.306	0.00	-3.1
6	Енбекши	115.0	0	0.0	0.0	147.6	64.9	115.0	-1000.0	1000.0
5	тортог			-171.6	-61.5	0.50	0.20	0.915	0.00	-0.6
7	ТЭЦ-3			24.0	-3.3	0.06	0.42	0.122	0.00	-0.6
7	ТЭЦ-3	115.0	1	0.0	0.0	60.0	12.3	115.0	-1000.0	1000.0
6	Енбекши			-24.1	3.5	0.06	0.42	0.122	0.00	-0.6
8	Кокшокы			-35.9	-15.8	0.31	2.69	0.197	0.00	-3.1
Узел	Название	V	Фаза	Рнаг Рлин	Qнаг Рлин	Рген dP	Qген dQ	Vзад Ток	Qmin dPз	Qmax dQз
8	Кокшокы	111.0	-2	41.5	15.9	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
7	ТЭЦ			35,6	16.1	0.31	2.69	0.203	0.00	-3.1
9	Айдарлы			5.8	0.3	0.00	0.00	0.030	0.00	-0.5
9	Айдарлы	111.1	-2	14.3	4.8	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
8	Кокшокы			-5.8	0.8	0.00	0.00	0.031	0.00	-0.5
10	Токтогай			20.1	4.0	0.20	0.35	0.107	0.00	-0.5
10	Токтогай	112.5	-1	0.5	0.1	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
9	Айдарлы			-20.3	-3.8	0.20	0.35	0.106	0.00	-0.5
11	Тортогай			20.9	4.0	0.06	0.25	0.109	0.00	-0.5
11	Тортогайу	113.1	-1	14.2	6.9	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
10	Токтогай			-20.9	-3.7	0.06	0.25	0.108	0.00	-0.5
4	Акжол			35.1	10.6	0.14	0.60	0.187	0.00	-0.5
12	Арман	113.3	0	21.2	8.3	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
4	Акжол			50.7	35.3	0.35	0.13	0.315	0.00	-3.1
13	Акшавл			-29.5	-27.0	0.20	0.08	0.204	0.00	-3.1
13	Акша	112.8	0	56.7	27.7	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
12	Арман			29.3	30.0	0.20	0.08	0.215	0.00	-3.1
14	Аккум			27.4	-2.3	0.42	1.05	0.141	0.00	-3.1
14	Аккум	114.0	2	1.7	0.6	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0
13	Акшавл			-27.8	4.4	0.42	1.05	0.143	0.00	-3.1
15	ТЭЦ			29.5	-3.7	0.48	1.21	0.151	0.00	-3.9
15	ТЭЦ	115.0	5	0.0	0.0	30.0	-6.4	115.0	-1000.0	1000.0
14	Аккум			-30.0	6.4	0.48	1.21	0.154	0.00	-3.9

Таблица 1.12 - Структурный анализ активных потерь

$U_{ном}$	Тип	Потери в ЛЭП		Потери в трансформаторах		Потери в шунтах	
110		МВт	%	МВт	%	МВт	%
	Всего:	3,638	100,00	0,000	0,00	0,000	0,00
	Сумма:	3,638	100,00	0,000	0,00	0,000	0,00

Суммарные потери: 3,638(100,00)

Таблица 1.13 - Структурный анализ реактивных потерь

$U_{ном}$	Тип	Потери в ЛЭП		Потери в трансформаторах		Потери в шунтах	
110		МВт	%	МВт	%	МВт	%
	Поперечные	7,473	-39,13	0,000	0,00	0,000	0,00
	Продольные	-26,571	139,13	0,000	0,00	0,000	0,00
	Всего:	-19,098	100,0	0,000	0,00	0,000	0,00
	Сумма:	-19,098	100,0	0,000	0,00	0,000	0,00

Суммарные потери: -19,098(100,00)

Таблица 1.14 - Структурный анализ падения напряжения в режиме с добавочной нагрузкой

Узел	Vном	Vрас	dV%	Узел	Vном	Vрас	dV%	Узел	Vном	Vрас	dV%
1	110.0	113.7	3.36	2	110.0	113.9	3.52	3	110.0	113.9	3.58
4	115.0	114.0	-0.86	5	110.0	114.7	4.24	6	115.0	115.0	0.00
7	115.0	115.0	0.00	8	110.0	111.0	0.94	9	110.0	111.1	0.96
10	110.0	112.5	2.25	11	110.0	113.1	2.78	12	110.0	113.3	3.04
13	110.0	112.8	2.55	14	110.0	114.0	3.61	15	115.0	115.0	0.00

Из расчётов видно, что увеличение нагрузки на 20% влечет за собой увеличение мощности на 50% от нормального режима, что связано с ограничениями текущих конструктивных параметров подстанции, поэтому требуется реконструкция подстанции.

1.2 Определение расчетных нагрузок для режимов работы подстанции

В данном дипломном проекте рассматриваются нагрузки на подстанциях, представленных в таблице 1.15

Таблица 1.15 - Мощности нагрузок

№	Наименование подстанции	Активная мощность P, МВт	Реактивная мощность Q, МВт
1	Берлистик	28,7	33
2	ТЭЦ	135	78
3	Караозек	31,9	12,2
4	Акжол	11	3,7
5	Тортог	0,4	0,1
6	Енбекши	10,9	5,3
7	Айдарлы	17	3,6
8	Токтогай	25,2	15,1
9	Арман	10,7	4,2
10	Акшавл	9,8	4,4

1.3 Составление баланса активной и реактивной мощности

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 cosφ или tgφ 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.

По известному cosφ определяем реактивные мощности нагрузок:

$$Q=P\cdot tg\varphi. \qquad (1.1)$$

где P - активная мощность нагрузки, МВт.

$$\varphi=\arccos 0{,}85=31.79,$$

$$tg\varphi=0.62.$$

$$Q_1=28{,}7\cdot 0.62=17{,}8 \text{ Мвар};$$

$$Q_2=135\cdot 0{,}62=83{,}7 \text{ Мвар};$$

$$Q_3=31{,}9\cdot 0{,}62=19{,}7 \text{ Мвар};$$

$$Q_4= 11\cdot 0{,}62=6{,}82 \text{ Мвар};$$

$$Q_5 =0{,}4\cdot 0{,}62=0{,}25 \text{ Мвар};$$

$$Q_6= 10{,}9\cdot 0{,}62=6{,}76 \text{ Мвар};$$

$$Q_7= 17\cdot 0{,}62 = 10{,}54 \text{ Мвар};$$

$$Q_8=25{,}2\cdot 0{,}62 = 15{,}62 \text{Мвар};$$

$$Q_9 =10{,}7\cdot 0{,}62 = 6{,}63 \text{ Мвар};$$

$$Q_{10}= 9,8 \cdot 0,62 = 6,07 \text{ Мвар}.$$

Реактивные мощности нагрузок, потребляемые из энергосистемы примем равным $Q_3 = 0.3 \cdot P_m$, то есть коэффициент реактивной мощности на шинах высшего напряжения подстанции будет равен $tg\varphi = 0.3$.

Необходимая мощность компенсирующего устройства определяется по формуле:

$$Q_{КУ}=P_m \cdot (tg\varphi - tg\varphi_э), \quad (1.2)$$

где P_m - мощность нагрузки в максимальном режиме, МВт;

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

$$Q_{1ку}= 28,7 \cdot 0,32 = 9,1 \text{ Мвар};$$

$$Q_{2ку} = 135 \cdot 0,32 = 43,2 \text{ Мвар};$$

$$Q_{3ку}=31,9 \cdot 0,32 = 10,21 \text{Мвар};$$

$$Q_{4ку}= 11 \cdot 0,32 = 3,52 \text{ Мвар};$$

$$Q_{5ку}=0,4 \cdot 0,32 = 0,13 \text{Мвар};$$

$$Q_{6ку} = 10,9 \cdot 0,32 = 3,49 \text{ Мвар};$$

$$Q_{7ку}=17 \cdot 0,32 = 5,44 \text{ Мвар};$$

$$Q_{8ку} = 25,2 \cdot 0,32 = 83,064 \text{ Мвар};$$

$$Q_{9ку}= 10,7 \cdot 0,32 = 3,42 \text{ Мвар};$$

$$Q_{10ку}= 9,8 \cdot 0,32 = 3,14 \text{ Мвар}.$$

Реактивная мощность, потребляемая с шин низкого напряжения подстанции равна:

$$Q_i = Q_i - Q_{ку}, \quad (1.3)$$

где Q_i - реактивная мощность i-той нагрузки, Мвар;

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

$$Q_1 = 17,8 – 9,18 = 8,62 \text{ Мвар};$$

Q_2 = 83,7 -43,2 = 40,5 Мвар;

Q_3 = 19,8-10,21 = 9,59 Мвар;

Q_4 = 6,82- 3,52 = 3,3 Мвар;

Q_5 = 0,25-0,13 = 0,12Мвар;

Q_6 = 6,76 -3,49 = 3,27 Мвар;

Q_7 = 10,54 – 5,44 = 5,1 Мвар;

Q_8 = 15,624 – 8,064 = 7.56 Мвар;

Q_9 = 6,63- 2,12 = 4.51 Мвар;

Q_{10}= 6,07 -3,14 = 2.93 Мвар.

Полная мощность подстанции равна:

$$S = P + jQ \quad (1.4)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1.5)$$

S_1=28,7+j8.62; $S_1=\sqrt{823.69 + 74,3}$ = 29.97 МВ· А;

S_2 =135+j40.5; $S_2 = \sqrt{18225 + 1640.25}$ = 140.94 МВ·А;

S_3 =31.9+9.59; $S_3 = \sqrt{1017,61 + 91.97}$ = 33.31 МВ·А;

S_4 =11+j3.3; $S_4 = \sqrt{121 + 10,89}$ = 11.48 МВ·А;

S_5 =0,4+j0.1; $S_5 = \sqrt{0,16 + 0,014}$ = 0.41МВ·А;

S_6 =10,9+j3.2; $S_6 = \sqrt{118,81 + 10.69}$ = 11.38 МВ·А;

S_7=17+j5,1; $S_7 = \sqrt{289 + 26,01}$ = 17.75 МВ·А;

S_8 =25,2+J15,1; $S_8 = \sqrt{635,04 + 225,3}$ = 29.33 МВ·А;

S_9=10,7+j4,51; $S_9 = \sqrt{114,49 + 20,34}$ = 11.6 МВ·А;

S_{10} =9,8+j2.93; $S_{10}=\sqrt{96{,}04+8{,}58}$ =10.22 МВ·А.

Результаты расчетов проведенных по формулам (1.1)-(1.5) сведем в таблицу 1.16.

Таблица 1.16 - Параметры мощности потребителей в режиме максимальных нагрузок

Мощности	Номера подстанции									
P, Мвт	28,7	135	31,9	11	0,4	10,9	17	25,2	10,7	9,8
Q, МВар	17,8	83,7	19,8	6,82	0,25	6,76	10,54	15,62	6,63	6,07
Q_{ky}, МВар	9,18	43,2	10,21	3,52	0,13	3,49	5,44	8,064	2,12	3,14
Q', МВар	8,62	40,5	9,59	3,3	0,12	3,27	5,1	7,56	4,51	2,93
Sтн, МВар	29,9	140,9	33,31	11,48	0,41	11,38	17,75	29,33	11,6	10,22

1.4 Выбор числа и мощности трансформаторов

1.4.1 Выбор трансформаторов

Силовые трансформаторы, установленные на электростанциях и подстанциях, предназначены для преобразования электроэнергии с одного напряжения на другое. 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.

Номинальная мощность трансформатора определяется через коэффициент загрузки по формуле:

$$S_н=S_{max}/1.4, \quad (1.6)$$

где S_{max} - типовая мощность трансформатора.

$$S_н = 29.33/1.4 = 20.95МВА$$

Выбираем трансформатор ближайшей большей мощности, то есть трансформатор ТРДН-25000/110/10 $S_{ном}$ = 25МВА.

Проверка выбранного трансформатора на нагрузочную способность.

Коэффициент аварийной перегрузки при отключении одного трансформатора во время зимнего максимума определяется по формуле:

$$К_{п.ав}=S_{max}/S_{ном.m} \quad (1.7)$$

$$К_{п.ав}= 20,95/25 = 0,838;$$

По полученным данным определяем коэффициент допустимой перегрузки трансформатора. Так как коэффициент начальной нагрузки не превышает 0,8 и число часов перегрузки одного трансформатора равно 9 часов, то $К_{пер.доп} = 1,3$.

Для того чтобы считать, что выбранный трансформатор подходит по аварийным перегрузкам необходимо соблюдение следующего условия:

$$К_{п.ав} < К_{пер.доп} \quad (1.8)$$

В нашем случае

$$К_{п.ав} = 0,838 < К_{пер.доп} = 1.3$$

Следовательно, выбранный трансформатор проходит по аварийным перегрузкам.

1.4.2 Проверка трансформатора на систематические перегрузки

Трансформатор проверяют на систематические перегрузки при отключении одного трансформатора на ремонт во время летнего периода, когда вся Нагрузка проходит через один трансформатор. Проверка трансформатора проводится при летнем максимуме.

В нашем случае

$$S_{max} = 20,95 \text{ МВА}, S_{ном.т} = 25\text{МВА}.$$

Значит мощность одного трансформатора больше чем величина летнего максимума нагрузки. Из этого следует, что отключение одного трансформатора на ремонт во время максимального перетока мощности другой трансформатор будет загружен на 90%.

Выбранный трансформатор проходит по систематическим перегрузкам. Хотелось бы отметить, что если бы на данное напряжение мы выбрали бы трансформатор меньшей мощности (Sном.т =25МВА), то данный трансформатор не прошел бы по аварийным перегрузкам, так как наблюдалось бы 45-ти процентная перегрузка.

Пневмопривод литейной машины состоит из ряда пневмо-цилндров или других исполнительных устройств, которые должны включаться в заданной технологическим процессом последовательности. Управление приводом заключается в воздействии специальных устройств на распределители в таком порядке, чтобы включаемые ими пневмоцилиндры срабатывали в требуемой последовательности.

Управление может быть ручным или автоматическим. При автоматическом управлении очередная операция, выполняемая пневмоприводом, начинается после получения соответствующего сигнала о завершении перемещения механизма, совершающего предыдущую операцию (управление в функции

пути), или после получения сигнала о достижении заданного давления в контролируемых полостях (управление в функции давления).

В ряде случаев последующая операция начинается через заранее установленный промежуток времени после начала работы предыдущей (управление в функции времени).

Управление осуществляется системами, составленными из нормализованных элементов, или командоаппаратами.

Распределители соединяют рабочую полость пневматического исполнительного устройства с сетью, а полость опорожнения – с атмосферой. Распределитель состоит из трех основных частей: корпуса с системой каналов, по которым проходит воздух, рабочего органа, осуществляющего переключение каналов, и механизма управления рабочим органом, т. е. устройства, перемещающего рабочий орган, в результате чего переключаются каналы в распределителе.

В пневмоприводах литейных машин используют распределители, отличающиеся конструкцией рабочего органа. Этот элемент распределителя является основным. Он определяет конструкцию распределителя, область его применения, надежность работы.

В качестве рабочего органа используют плоские и цилиндрические золотники, мягкие и твердые клапаны, диафрагмы.

Наиболее широко распространены распределители с плоским золотником. Внутри корпуса 1 (рис. 109, а) находится плоский золотник 2, который плотно притерт и постоянно поджат пружиной 3 к плите 4.

Если отверстие П соединить с сетью, то сжатый воздух войдет внутрь корпуса распределителя и через канал К2 устремится к исполнительному устройству. Поскольку отверстие А постоянно соединено с атмосферой, то воздух от исполнительного устройства по каналу К1 может свободно выходить через внутреннюю полость В золотника в атмосферу. Для переключения распределителя достаточно штоком 5 передвинуть золотник 2 вправо. В этом случае канал К1 будет соединен с сетью, а канал К2 – с атмосферой. Полость В золотника постоянно соединена с атмосферой, поэтому золотник плотно прижимается к распределительной плите 4 сжатым воздухом.

В распределителе, приведенном на рис. 109,б, переключение каналов происходит при повороте валом 1 плоского золотника 2, притертого к плите 3.

Преимущества распределителей с плоским золотником – простота конструкции, большие пропускные сечения; золотник при снятии внешнего воздействия остается неподвижным, т. е. он «запоминает» положение до следующего воздействия на него. К недостаткам этих распределителей следует отнести большие усилия, необходимые для перемещения золотника.

В распределителях клапанного типа потоком воздуха управляет клапан с мягким уплотнением (рис. 109, в) или жестким (рис. 109, г). Пружиной 3 (рис. 109,в) и сжатым воздухом, по ступившим из сети через отверстие П, клапан 2 с мягкой прокладкой плотно прижимается к седлу корпуса 1 и не пропускает сжатый воздух к исполнительному устройству через канал К. В

свою очередь, сжатый воздух от исполнительного устройства может через канал А в штоке 4 свободно выходить в атмосферу, поскольку шток отодвинут от клапана 2 пружиной 5. При нажатии на шток 4 он перемещается вниз; сначала он доходит до мягкой прокладки клапана и перекрывает сообщение канала А с атмосферой, а затем, при дальнейшем движении, отодвигает клапан 2 от седла и сжатый воздух проходит через кольцевой зазор к каналу К.

При движении вниз штока 1 с двумя коническими клапанами (рис. 109,г) до упора в седло в корпусе 2 перекрывается сообщение канала К с атмосферой через отверстие А и открывается проход сжатому воздуху через канал П в канал К и далее к исполнительному устройству.

Несмотря на простоту конструкции распределителей клапанного типа, они обладают существенными недостатками. Во-первых, для открытия клапана требуется приложить большое усилие, чтобы преодолеть давление воздуха на клапан. Поэтому распределители с проходными сечениями более $1\frac{1}{2}''$ должны иметь сервопривод для открытия клапана. Во-вторых, распределитель имеет только один канал К, связывающий его с исполнительным механизмом. Поэтому для управления цилиндром двустороннего действия необходимо устанавливать два таких распределителя. Распределители подобного типа широко применяют для управления встряхивающими и прессовыми цилиндрами одностороннего действия формовочных машин большой мощности, пескодувными механизмами.

Распределитель диафрагменного типа (рис. 109, д) в основе содержит сервопривод. Воздух через отверстие У в корпусе 1 давит на эластичную диафрагму 2, прижимает ее к седлу клапана и препятствует прохождению сжатого воздуха из сети через отверстие П к каналу К. Так как снизу воздух давит только на кольцевую поверхность диафрагмы, то он не может открыть клапан, преодолев давление воздуха со стороны полости В на всю поверхность диафрагмы.

При соединении полости В через отверстие У с атмосферой давление в ней уменьшается, и диафрагма под действием воздуха из сети поднимается, перекрывая одновременно клапаном 4, соединенным с диафрагмой штоком 3, связь канала К с атмосферой и соединяя его через полость Г с сетью. Данный распределитель обладает высоким быстродействием и значительными пропускными сечениями. Однако стойкость диафрагмы мала. Распределитель требует пневматического сигнала управления и, следовательно, дополнительного распределителя, который должен управлять давлением в полости В.

Рабочим органом распределителя, показанного на рис. 109, е, является цилиндрический золотник 1. Полости цилиндрического золотника Б, В, Г, Д изолированы друг от друга поршеньками золотника 1 с резиновыми уплотнениями. В зависимости от положения золотника в корпусе 2 соединяются соответствующие отверстия. Например, в положении, показанном на рис. 109, е, сжатый воздух через канал П и полость Б проходит в канал К1. Канал К2 че-

рез полость В и отверстие А1 соединен с атмосферой. При перемещении золотника вправо канал К1 соединяется с каналом А2, а канал К2 – с каналом П.

Большим преимуществом этого распределителя является его коммутационная способность. Если в описанных выше распределителях с сетью сжатого воздуха и с атмосферой могут соединяться только определенные отверстия, то у распределителя с цилиндрическим золотником это требование можно не соблюдать. Это особенно важно при составлении сложных пневмосистем управления. Цилиндрические золотники обычно разгружены, т. е. сжатый воздух в любой из полостей не препятствует его перемещению, но мягкие уплотнения увеличивают силу трения при перемещении. Для уменьшения силы трения применяют так называемые «плавающие» кольца круглого сечения. Внешний диаметр колец несколько больше внутреннего диаметра цилиндра, а внутренний диаметр колец несколько больше, чем диаметр проточки в золотнике, т. е. всегда имеется натяг между поверхностью цилиндра и кольцом и зазор между кольцом и золотником. При разности давления в полостях, которые разделяет кольцо, последнее прижимается к вертикальной стенке канавки и к поверхности цилиндра, действуя подобно обратному клапану.

Существенный недостаток распределителей с цилиндрическим золотником – это повышенный износ уплотняющих элементов вследствие пересечения каналов в процессе движения. Для уменьшения износа каналы делают небольшими, около 1 мм по диаметру, и в большом числе, что ограничивает применение распределителей подобного типа для значительных расходов воздуха.

По числу каналов, с помощью которых распределитель сообщается с сетью сжатого воздуха, атмосферой и исполнительными органами, распределители подразделяют на двухканальные (рис. 109, в если отсутствует канал А); трехканальные (рис. 109,в, г, д), четырехканальные (рис. 109, а), пятиканальные (рис. 109,е). Распределители с вращающимся плоским золотником (рис. 109,б), как правило, являются многоканальными. Число каналов в них в ряде случаев доходит до 24.

По числу фиксированных положений распределительного органа различают двухпозиционные (рис. 109, а…е), трех- и многопозиционные (рис. 109, б) распределители. Наиболее распространены распределители в двухпозиционном исполнении.

По способу управления рабочим органом, т. е. по типу привода, перемещающего рабочий орган, различают распределители с ручным, механическим, пневматическим и электромагнитным управлением.

Распределители с ручным управлением. При ручном управлении распределитель (рис. 109, в) имеет рукоятку, соединенную, например, с валом 1. При повороте рукоятки поворачивается и плоский золотник 2.

Для управления формовочными машинами применяют многопозиционные распределители (краны), изменением положения рукоятки которых осуществляют операции подъема и опускания прессового стола, а также подъема и опускания вытяжного механизма. Распределители подобного типа предна-

значены для переключений в сетях с проходными сечениями до 1". Применять распределители с ручным управлением для сечений больше 1" не рекомендуется из-за больших усилий, необходимых для перемещения золотника.

Для переключений в пневматических системах управления используют трехканальные нормально закрытые распределители с кнопкой (рис. 110, а). В исходном положении отверстие К, соединенное с исполнительным органом, сообщается с атмосферой А через внутренний канал толкателя 2. Доступ сжатого воздуха из отверстия П перекрыт клапаном 3. При нажатии на кнопку 1 рычаг 4 действует на толкатель 2. Толкатель при движении вниз упирается в клапан 3, перекрывает канал А и, отодвигая клапан от его седла, пропускает сжатый воздух от отверстия П к отверстию К. При освобождении кнопки клапан возвращается в исходное положение пружиной. Распределители с кнопкой предназначены для подачи импульсов давления в схемах управления.

В распределителе, приведенном на рис. 110, б, толкатель 2 перемещается рукояткой 1. Рукоятка может занимать два фиксированных положения. В исходном положении клапан закрыт. При переводе рукоятки влево ползун 3 и толкатель перемещаются и клапан открывается. Он остается открытым, пока рукоятка не будет переведена в исходное, правое положение. Этот распределитель в схемах обычно используется как пусковой клапан, подключающий пневматическую схему управления к сети.

В распределителе с механическим управлением (рис. 110, в) клапан открывается при действии на ролик 2 копира 1, установленного на подвижных частях машины.

Распределители, приведенные на рис. 110, имеют небольшое пропускное сечение (1/8") и предназначены только для переключений в пневматических схемах управления.

Распределители с пневматическим управлением. В этих распределителях перемещение рабочего органа осуществляется под действием сжатого воздуха.

В распределителе (рис. 111, а) воздух из сети через отверстие П в основании 1 поступает во внутреннюю полость и через канал К1 проходит к исполнительному устройству. Канал К2, также связан с исполнительным устройством, соединен с атмосферой через внутреннюю полость плоского золотника 5. Плоский золотник прижат к основанию пружиной 4 и давлением воздуха. Для переключения золотника воздух подается через канал У1 в крышке 2 при соединении канала У2 с атмосферой. При этом золотник 3 перемещается влево вместе со связанным с ним золотником 5. В результате перемещения золотника 5 отверстие П соединяется с каналом К2, а канал К1 – через внутреннюю полость золотника с атмосферой. При соединении каналов У1 и У2 с атмосферой золотник 3 удерживается силами трения в ранее занятом положении. Поэтому для переключения золотника 3 достаточно кратковременной подачи воздуха к одному из двух управляющих каналов У1 или У2, что важно для упрощения систем автоматического управления.

В распределителе с односторонним управлением (рис. 111,б) диаметр правого поршня цилиндрического золотника 3 больше, чем диаметр левого поршня. Поскольку внутренняя полость между поршнями постоянно соединена с сетью, а полость Г через отверстие В в крышке 4 – с атмосферой, то вследствие давления воздуха на разные по диаметру поршни золотника, последний в исходном положении всегда прижат к крышке 2. Переключение золотника происходит при подаче воздуха через отверстие У в крышке 2. При этом равновесие сил нарушается, и золотник 3 перемещается влево. Золотник 3 возвращается в исходное положение при соединении отверстия У с атмосферой.

Использование пневмопривода для перемещения распределительного органа позволяет преодолевать значительные силы трения и, следовательно, применять подобную конструкцию для управления большими потоками сжатого воздуха. Распределитель переключается из одного положения в другое за 0,1…0,01 с.

Клапан – распределитель пескострельной машины (рис. 112) с пневматическим управлением состоит из основного клапана 7 и клапана 5 управления. В исходном положении полость ресивера 3 постоянно соединена с сетью через канал П, а канал У – с атмосферой. Поэтому клапан 7 прижат к седлу 8 рабочим давлением и пружиной 4.

При подключении канала У к сети воздух поступает под клапан 5 и перемещает его влево до упора в шток основного клапана 7. При этом полость резервуара пескострельной головки, ранее соединенная через внутренний канал 6 основного клапана 7 с атмосферой, отключается от канала А, а клапан 7 под давлением воздуха в полости Б перемещается вправо. Сжатый воздух из ресивера 3 через открывшийся канал большого сечения быстро проходит в пескострельный резервуар 1. Для осуществления выхлопа необходимо соединить канал У управления с атмосферой, что снизит давление в полости Б. Основной клапан 7 под действием пружины и сжатого воздуха переместится влево, в результате пескострельный резервуар 1 отключается от ресивера 3 и соединяется через внутренний канал 6 клапана 7 с атмосферой. В момент выстрела шибер 2 пескострельной головки должен быть закрыт.

Распределители с электромагнитным управлением. Рабочий орган распределителя может перемещаться под действием электромагнита. Например, если на выступающий шток 2 распределителя, приведенного на рис. 110, а, действовать якорем электромагнита, то он откроется. Для этого потребуется электромагнит с усилием 100 Н, а для распределителей с большими пропускными сечениями это усилие возрастает во много раз. Габаритные размеры электромагнита увеличиваются, что исключает использование их для непосредственного перемещения рабочего органа. Поэтому применяют метод электропневматического управления. В этом случае электромагнит перемещает рабочий орган небольшого вспомогательного пневмораспределителя, направляющего воздух в полость управления цилиндрического золотника, связанного с рабочим органом главного распределителя. Электропневматиче-

ское управление можно применять для распределителей с практически неограниченными по величине пропускными сечениями.

На рис. 113 приведен четырехканальный распределитель с односторонним электропневматическим управлением. Вспомогательный электропневматический распределитель вмонтирован в крышку 6 основного распределителя 1.

Полость Б в поршне золотника 2 в исходном положении соединена с атмосферой через каналы 13, 7 и 11. Цилиндрический золотник 2 занимает правое крайнее положение, отверстие П соединено с К1, а К2 – с А. При подаче напряжения на катушку электромагнита его якорь 10 перемещает толкатель 9 влево. Толкатель, упираясь в клапан 3, перекрывает канал 7, отключая полость Б от атмосферы, и открывает клапан 3. Сжатый воздух через каналы 4, 8, 5 и 13 проходит в полость Б. Поршень 2 вместе с рабочим органом 12 перемещается влево. Отверстие П соединяется с К2, а А – с К1. При отключении электромагнита распределитель приходит в исходное положение.

У распределителя с двусторонним управлением вспомогательные электропневматические распределители вмонтированы в обе крышки. Перемещение цилиндрического золотника при включении одного магнита возможно только при отключенном втором магните. Подобно распределителю с двусторонним пневматическим управлением распределитель с электропневматическим управлением обладает также свойством «запоминать» положение.

Распределители с односторонним управлением упрощают систему управления. Однако при падении напряжения в системе управления этот распределитель возвращается в исходное положение и происходит самопроизвольное переключение пневмоцилиндра, что может привести к аварии или несчастному случаю. Кроме того, может произойти и «разваливание» системы управления. Приведение в исходное положение сложной системы управления автоматической линии занимает много времени и требует высокой квалификации наладчика.

Схема включения распределителя определяется принципом управления им. Существует два основных принципа управления распределителями: непосредственное и дистанционное. При непосредственном управлении рабочий орган перемещается оператором или подвижными частями машины. Это требует расположения распределителя в месте, удобном для оператора или вблизи от частей машины, которые производят переключение при помощи различных упоров и кулачков.

На рис. 114, а приведена схема включения четырехканального распределителя Р с плоским вращающимся золотником для управления цилиндром Ц. При повороте вручную золотника на 90° его каналы изменят положение относительно отверстий К1 и К2, и направление движения воздуха в трубопроводах пневмоцилиндра изменится. Поршень начнет перемещаться влево.

При дистанционном управлении устройство, включающее распределитель, располагают на значительном расстоянии от него.

Связь между ними осуществляется с помощью трубопроводов. Например, распределитель Р (рис. 114, б) имеет одностороннее пневматическое управление. Сжатый воздух подается в полость управления по каналу У от вспомогательного распределителя ВР (см. рис. 110, б), имеющего непосредственное управление. Вспомогательный распределитель можно установить в любом, удобном для эксплуатации месте, например на пульте управления или в шкафу управления. В данном случае распределитель ВР является управляющим устройством.

Деление распределителей на главные и вспомогательные привело и к делению трубопроводов на основные, по которым проходит воздух, поступающий в рабочие полости исполнительных механизмов (на рис. 114,б они показаны толстыми линиями), и вспомогательные, по которым проходит воздух, поступающий в полости управления главных и вспомогательных распределителей и других аппаратов управления (тонкие линии).

Для переключения распределителей и других аппаратов не требуется больших расходов воздуха. Поэтому сечение вспомогательного трубопровода не более 1/8". Однако следует заметить, что с увеличением длины трубы такого сечения резко возрастает время между срабатыванием вспомогательного и главного распределителей. При длине трубы 20…30 м (например, на автоматических формовочных линиях) запаздывание может достигать 1 с. В подобных случаях применяют электрические системы управления, обладающие высоким быстродействием даже при значительных по длине каналах связи.

Схемы пневмопривода представляют собой графическое изображение исполнительных устройств, распределителей, аппаратуры контроля и управления, а также трубопроводов, соединяющих эти элементы.

До недавнего времени в схемах пневмоприводов использовали чаще всего полуконструктивное изображение исполнительных устройств, распределителей и аппаратов контроля и управления, С 1971 г. введены стандарты на условные графические обозначения для пневматических и гидравлических схем.

На рис. 114, а и б распределители были изображены полуконструктивно. Те же схемы, выполненные в соответствии со стандартами, приведены на рис. 114, б и г. Согласно стандартам распределители одного и того же функционального назначения вычерчивают в виде нескольких смежных квадратов (прямоугольников), число которых соответствует числу позиций рабочего органа. В данном случае распределитель имеет два фиксированных положения и, следовательно, два квадрата. В каждом квадрате стрелками указаны направления потоков воздуха. Распределители изображают на схеме в исходной позиции. На этой позиции к каналам распределителя П, А, К1 и К2 подводят линии связи.

Для того чтобы представить действие распределителя в другой позиции, необходимо мысленно передвинуть соответствующий квадрат на место исходной позиции, оставляя каналы связи в прежнем положении.

Условные обозначения наиболее распространенных аппаратов приведены в приложении 2. Условное изображение распределителей полностью заменяет их полуконструктивное изображение, но отличается простотой и наглядностью. В двухпозиционных распределителях, кроме аппаратов с фиксированными положениями, линию связи, по которой подается управляющий сигнал к распределителю, подводят к той позиции (торцу квадрата), на которую распределитель должен переключиться при подаче управляющего сигнала. При отсутствии управляющего сигнала распределитель с односторонним управлением находится в исходном положении. Механизм возврата распределителя в исходное положение условно изображают пружиной у торца соответствующего квадрата. Например, на рис. 114, г линия связи У, по которой подается сигнал, подведена к левому торцу условного обозначения распределителя. Если подать к управляющему каналу сжатый воздух переключением вспомогательного распределителя ВР, то это приведет к смене позиций, и направление движения воздуха к пневмоцилиндру изменится на обратное.

ГОСТы 2780 – 68 ÷ 2782 – 68 устанавливают условные обозначения элементов пневматических, а также гидравлических сетей.

Цикл работы большинства литейных машин с пневмоприводом состоит из нескольких операций, которые выполняются механизмами, приводимыми пневматическими исполнительными устройствами. Число таких операций во многих формовочных, стержневых, кокильных и других машинах достигает десяти и более. Поэтому выполнение этих операций, или точнее включение и выключение пневматических исполнительных устройств в заданной последовательности составляет одну из задач управления машинами со сложным циклом.

При ручном управлении оператор выполняет две основные функции. Во-первых, он, следя за выполнением очередной операции, определяет момент ее завершения и выключает соответствующий механизм. Во-вторых, после выполнения очередной операции он определяет, какая операция должна быть следующей, и включает соответствующий механизм.

На пульте многоэлементных систем управления имеется несколько специальных устройств, с помощью которых оператор включает или выключает отдельные механизмы. При этом оператор следит как за выполнением каждой операции, так и за их последовательностью.

В одноэлементных системах управления имеется только одно управляющее устройство, с помощью которого оператор включает следующую по циклограмме операцию. При этом оператор следит только за выполнением операций. Последовательность выполнения их устанавливается заранее специальным устройством.

Многоэлементная система управления сложным циклом. Работу такой системы управления рассмотрим на примере формовочной машины (рис. 115, а). Рольганг 1 для приема опок приводится в действие пневмоцилиндром Ц1, а прессовая плита 4 – цилиндром Ц4. Циклограмма работы механизмов за один цикл приведена на рис. 115,б. Все рабочие цилиндры машины управляются

соответствующими главными распределителями Р1, Р2, Р3 и Р4, которые, в свою очередь, управляются от соответствующих вспомогательных распределителей РВ1, РВ2, РВ3 и РВ4. Оператор определяет моменты включения механизмов, включает их с помощью вспомогательных распределителей, имеющих ручное управление.

Цикл работы начинается с опускания рольганга 1 с пустой опокой и установки ее на модельную плиту. Для этого оператор переводит рукоятку распределителя РВ1 в положение II, и воздух, поступая в полость управления распределителя Р1, переключает его. Последний направляет сжатый воздух в што-ковые полости цилиндров Ц1, и рольганг 1 с опокой опускается. После заполнения опоки смесью оператор переводит распределитель РВ2 в положение II, который подает воздух в управляющую полость главного распределителя Р2. Поток сжатого воздуха поправляется в цилиндр Ц2 встряхивающего стола 2. Для прекращения встряхивания необходимо перевести вспомогательный распределитель РВ2 в исходное положение I. При этом подача сжатого воздуха в управляющую полость распределителя Р2 прекращается, и он, возвращаясь в исходное положение, перекрывает подачу воздуха во встряхивающий механизм.

Для подпрессовки необходимо перевести распределитель РВ3 в положение II. Воздух поступит в управляющую полость главного распределителя Р3, который соединит нештоковую полость цилиндра Ц4 с сетью, а штоковую – с атмосферой. Прессовую плиту 4 устанавливают над столом 2. Прессование начинается после перевода распределителя РВ4 в положение II и переключения распределителя Р4. Воздух из сети будет попадать в полость прессового цилиндра Ц3, в поршень 3 которого встроен встряхивающий механизм. При возвращении распределителя РВ4 в исходное положение I распределитель Р4 также возвращается в исходное положение. Полость цилиндра Ц3 соединяется с атмосферой и стол 2 опускается.

Отвод траверсы с прессовой плитой 4 происходит после переключения распределителя РВ3 в положение I. Распределитель Р3 возвращается в исходное положение и соединяет штоковую полость цилиндра Ц4 с сетью, а нештоковую – с атмосферой. Для вытяжки моделей необходимо перевести распределитель РВ1 в положение I, вследствие чего распределитель Р1 вернется в исходное положение, соединяя штоковую полость цилиндра Ц1 с атмосферой, а нештоковую – с сетью. Рольганги поднимаются и снимают готовую полуформу с модельной плиты.

Во время работы оператор должен определять не только моменты включения распределителей РВ, но и их очередность. Это усложняет процесс управления; кроме того, возможен случай, когда оператор ошибется и переключит не тот распределитель. Нарушение в последовательности включения может вызвать аварию или несчастный случай.

Одноэлементная система управления сложным циклом. При одноэлементном управлении оператор в течение цикла несколько раз нажимает на единственную кнопку или рычаг управления, и каждый раз включается имен-

но та операция, которая должна следовать по технологии. Момент включения определяет оператор, а последовательность – система управления. Последовательность заранее определена и заложена в систему. Из цикла в цикл эта очередность повторяется и нарушить ее практически невозможно. Наличие одной кнопки управления при большом числе операций упрощает процесс управления и исключает возможность ложного срабатывания. Это преимущество одноэлементной системы управления способствует ее широкому применению в литейных машинах и особенно в формовочных.

Основу одноэлементной системы управления составляет командоаппарат шагового действия (рис. 116), состоящий из приводного цилиндра Ц5, храпового колеса Х и многопозиционного распределителя РШ с цилиндрическим или плоским золотником.

Центральный канал распределителя соединен с сетью, а семь выходных каналов – с рабочими цилиндрами машины и полостями управления вспомогательных распределителей.

Система управления, представленная на рис. 116, обеспечивает работу машины по циклограмме, показанной на рис. 115,б. Для опускания кромочного рольганга (начало цикла) необходимо нажать на кнопку вспомогательного распределителя ВР. В исходном положении обе полости цилиндра Ц5 сообщаются с сетью, и вследствие разности диаметров шток находится в крайнем левом положении. При включении распределителя ВР правая полость цилиндра Ц5 соединяется с атмосферой, и поршень перемещается вправо. Одновременно собачка поворачивает храповое колесо Х и распределитель РШ на один шаг. При подключении канала 1 распределителя РШ к сети сжатый воздух поступает в штоковую полость цилиндров Ц1, и кромочные рольганги опускаются. После освобождения кнопки распределителя ВР сжатый воздух снова начинает поступать в правую полость цилиндра Ц5, и его поршень возвращается в исходное положение. Для поворота храпового колеса на один шаг достаточно кратковременного нажатия на кнопку распределителя ВР.

Для включения встряхивающего цилиндра вновь необходимо нажать на кнопку распределителя ВР. Произойдет очередной поворот распределителя РШ на следующую позицию, и сжатый воздух из сети поступит через канал 2 во встряхивающий механизм.

Для подвода траверсы с прессовой колодкой необходимо вновь нажать кнопку распределителя ВР, и шаговый механизм переведет многопозиционный распределитель РШ в третье положение. В этом положении механизм встряхивания отключается, а воздух через канал 3 поступает в правую управляющую по-лость распределителя Р, который переключается и подает сжатии воздух в нештоковую полость цилиндра Ц4. Шток цилиндра Ц4 устанавливает прессовую плиту над формовочным столом. Затем оператор нажимает кнопку распределителя ВР. Распределитель РШ переходит в четвертое положение и подает сжатый воздух через канал 4 в прессовый цилиндр. Происходит операция прессования.

Для обеспечения давления в нештоковой полости цилиндра Ц4 в момент прессования необходима установка дополнительного распределителя Р с двусторонним управлением. Если эту полость подключить непосредственно к каналу 3 распределителя РШ, то при переходе шагового распределителя в четвертое положение канал 3 соединяется с атмосферой, и в нештоковой полости давление снизится. Это может привести к отходу траверсы от упора и, следовательно, к нарушению соосности прессовой плиты и опоки. При соединении правой полости распределители с атмосферой его рабочий орган остается в прежнем положении до тех пор, пока не будет подан воздух в левую управляющую полость, что произойдет только после очередного нажатия на кнопку управления. При этом через канал 4 распределителя воздух выходит из прессового цилиндра. Следующим нажатием кнопки распределителя РШ оператор соединяет левую полость распределителя Р через канал 6 с сетью сжатого воздуха. Распределитель Р сработает и подаст воздух в штоковую полость цилиндра Ц4. Шток при ходе назад отведет траверсу с колодкой из зоны над прессовым столом.

Дополнительные распределители с запоминанием положения применяют в случаях, когда необходимо подавать сжатый воздух к исполнительным устройствам при промежуточных тактах шагового распределителя. Этого можно избежать при установке специального распределительного органа со сложной системой каналов.

Заключительный этап работы машины – вытяжка моделей следует после седьмого нажатия на кнопку управления, в результате распределитель РШ перейдет в положение 7 и подаст сжатый воздух в нештоковые полости цилиндров Ц1 кромочных рольгангов.

При автоматическом управлении сложный цикл работы литейной машины выполняется без участия человека; контроль за выполнением операций и соблюдение необходимой последовательности работы механизмов осуществляются системой управления.

По характеру автоматического управления пневмоприводы разделяют на приводы с управлением в функциях пути, давления и времени.

Управление в функции пути. При автоматическом управлении в функции пути команды на срабатывание исполнительных устройств поступают от пневматических путевых переключателей (рис. 110,г), которые включаются в конце хода контролируемых механизмов.

Управление в функции пути рассмотрим на примере автоматизации машины литья под давлением с горячей камерой прессования (рис. 117, а). Циклограмма работы машины и управляющих элементов, которыми являются путевые переключатели, приведена на рис. 117, б.

Пневмопривод машины включает цилиндр Ц1 запирающего механизма и цилиндр Ц2 механизма прессования. Положение обоих механизмов контролируется путевыми переключателями ПВ1…ПВ4. Схема автоматического управления машиной показана на рис. 118.

Цикл начинается переводом вводного распределителя ВВ из положения I в положение II. Воздух через путевой переключатель ПВ1 поступает в левую управляющую полость вспомогательного распределителя ВР и правую управляющую полость распределителя Р1 цилиндра Ц1. При срабатывании распределитель ВР через путевой переключатель ПВ3 соединяет левую управляющую полость распределителя Р1 с атмосферой, после чего сжатый воздух, поступающий в правую управляющую полость распределителя Р1, переключает его. Поршень цилиндра Ц1 перемещается вперед. В конце этого хода подвижные части нажимают на ролик путевого переключателя ПВ2, в результате чего воздух поступает в левую управляющую полость распределителя Р2. Распределитель Р2 переключается, и поршень цилиндра Ц2 идет вперед. В конце хода поршня цилиндра Ц2 подвижные части нажимают на ролик путевого переключателя ПВ4, что вызывает переключение сначала распределителя ВР, а затем и распределителя Р2. При этом поршень цилиндра двигается назад, переключая в конце хода каналы путевого переключателя ПВ3. Воздух через распределитель ВР и ПВ3 поступает в левую управляющую полость распределителя Р1. Поршень цилиндра Ц1 возвращается в исходное положение.

По возвращении поршня цилиндра Ц1 в исходное положение будет нажат рычаг путевого переключателя ПВ1. Если к этому моменту распределитель ВВ останется в положении II, то цикл автоматически возобновится. Если в течение цикла перевести распределитель ВВ в положение I, то переключатель ПВ1 не будет подключен к сети сжатого воздуха, и вся система будет находиться в исходном положении. В этой схеме в качестве вспомогательного распределителя ВР используется малогабаритный распределитель с пневматическим управлением.

Пневматические системы управления машинами со сложным циклом в функции пути обладают высокой надежностью в работе.

Управление в функции давления. Характерной особенностью работы многих зажимных, прижимных и запирающих механизмов является небольшое давление в рабочей полости пневмоцилиндра при движении поршня и резкое нарастание давления до максимального после остановки поршня.

В этих случаях управление в функции пути может не обеспечить надежную работу машины. Например, если команду на надув стержня подавать по сигналу от путевого переключателя, контролирующего подвод ящика к надувной плите, то надув может начаться раньше, чем повысится давление в цилиндре прижима ящика и произойдет прорыв смеси. Иногда очень сложно отрегулировать момент срабатывания путевого переключателя (при переменной величине хода это практически невозможно), а также трудно установить путевые переключатели на механизме. В перечисленных случаях целесообразно применять системы управления с контролем по давлению воздуха в рабочей полости. Контрольными аппаратами при этом являются реле давления и различные клапаны последовательности.

Клапан последовательности (рис. 119) пропускает воздух только тогда, когда давление на входе клапана достигнет определенной, заранее установ-

ленной величины. При подводе сжатого воздуха к входному отверстию П усилие, действующее снизу на клапан 1, отжимает его от седла 2, преодолевая сопротивление пружины 4. Натяжение этой пружины регулируют гайкой 5 таким образом, что клапан отходит от седла только при достижении на входе заданного давления. В момент отхода клапана от седла активная площадь, на которую действует сжатый воздух, увеличивается, т. е. становится равной площади поршня 6 клапана. Клапан быстро поднимается и надежно удерживается в верхнем положении. Сжатый воздух проходит от отверстия П через открытый клапан к выходному отверстию О.

После соединения отверстия П с атмосферой клапан 1 сядет на седло 2, сжатый воздух из отверстия О свободно выйдет через обратный клапан 3 в атмосферу.

Клапан последовательности (рис. 120, а) с управлением в функции давления работает следующим образом. Рабочую полость пневмоцилиндра, давление в которой необходимо контролировать, подсоединяют к отверстию Б, а полость опорожнения – к отверстию В. Дифференциальный поршень 3 нагружен пружиной 4.

После переключения распределителя цилиндра, к которому подсоединен клапан, т. е. после соединения рабочей полости пневмоцилиндра с сетью, а полости опорожнения – с атмосферой поршень 3 клапана надежно удерживается в верхнем положении усилием пружины и противодавлением в полости опорожнения, действующим на большую площадь дифференциального поршня. Возрастающее в рабочей полости давление в момент трогания с места поршня пневмоцилиндра, действуя на меньшую площадь дифференциального поршня, не может переместить его вниз, чем и устраняется возможность ложного срабатывания в момент трогания поршня.

После перехода поршня 3 в крайнее положение и его остановки давление в рабочей полости увеличивается до сетевого, в полости опорожнения уменьшается до атмосферного. В некоторый момент поршень 3, преодолевая действие пружины 4, опускается и через толкатель 2 перемещает клапан 1, соединяющий канал П, к которому подводится воздух из сети, с каналом 10. Таким образом, происходит подача сигнала к управляемому элементу, последний может быть использован для реверса этого же пневмоцилиндра или для управления работой других элементов привода.

На рис. 120, б показана схема включения описанного клапана последовательности ПК для управления реверсом пневматического сталкивателя ЦТ залитых форм с конвейера на выбивную установку.

При нажатии подходящей к выбивной установке очередной формы на ролик путевого переключателя ПВ, последний срабатывает и подает воздух в правую полость распределителя Р. Распределитель переключается и соединяет нештоковую полость цилиндра ЦТ с сетью. После того как шток цилиндра ЦТ дойдет до правого крайнего положения, давление в нештоковой полости цилиндра будет приближаться к сетевому, а давление в штоковой полости – к атмосферному. Клапан ПК срабатывает и соединяет левую управляющую по-

лость с сетью. Происходит переключение распределителя Р, который подаст воздух в штоковую полость цилиндра ЦТ, и толкатель вернется в исходное положение.

После переключения пневмоцилиндра на реверс отверстие В клапана (рис. 120, а) соединяется с сетью, а отверстие Б – с атмосферой. При этом поршень 3 клапана под действием пружины и давления в штоковой полости управляемого цилиндра переместится вверх и соединит левую управляющую полость распределителя Р с атмосферой. Следующий ход толкателя возможен при действии очередной формы на путевой переключатель ПВ.

Выдача сигнала клапаном последовательности в зависимости от соотношения давлений в рабочей полости и полости опорожнения исключает ложное срабатывание клапана в начальный момент, когда поршень еще не начал движения, а давление в рабочей полости резко возрастает, что характерно для работы привода, перемещающего большие массы.

Управление в функции времени. При управлении в функции времени каждая последующая операция начинается через заранее установленное время после начала предыдущей. За это время предыдущая операция будет закончена.

Для обеспечения задержки в срабатывании одних пневматических механизмов по отношению к другим используется принцип постепенного нарастания давления в объемах, подключаемых к сети через регулируемые сопротивления – дроссели.

Чтобы прижим ящика к пескодувному резервуару произошел после закрепления его на столе, применяется дроссельная система задержки (рис. 121, а). При включении распределителя 1 к сети одновременно подключается цилиндр Ц1 закрепления ящика на столе и цилиндр прижима Ц2. Поскольку цилиндр Ц1 соединен напрямую с сетью, он срабатывает первым и прижимает ящик 4 к упору 3. Цилиндр Ц2 подключается к сети через дроссель 2. Давление в его полости нарастает медленнее, и он начнет движение вверх с некоторым запаздыванием. Величину запаздывания можно регулировать изменением пропускного сечения дросселя 2.

Недостаток описанной системы – увеличение времени срабатывания пневмоцилиндра Ц2 при уменьшении пропускного сечения дросселя 2. Особенно это сказывается на третьем, заключительном этапе работы пневмоцилиндра, так как давление в рабочей полости до давления в сети будет повышаться медленно, что может снизить производительность машины и даже нарушить процесс.

Для устранения указанного выше недостатка создают более сложные, но устойчивые пневматические системы задержки с разделением потоков управления и рабочих потоков сжатого воздуха. Система задержки (рис. 121, б) состоит из регулируемого дросселя 2, емкости регулируемого объема 3, реле давления 4 и управляемого распределителя 5. При включении распределителя 1 воздух через дроссель 2 поступает в емкость 3. Когда давление в емкости 3 достигнет величины настройки реле давления 4, последнее срабатывает и пе-

реключает распределитель 5, через который и проходит поток сжатого воздуха к исполнительному устройству. Обратный клапан 6 необходим для ускорения возвращения системы в исходное положение. Воздух через обратный клапан 6 и распределитель 1 выходит из емкости 3 в атмосферу.

График p=Ψ(t) изменения давления в емкости 3 приведен на рис. 121, в, где рм и рд – соответственно давление в сети и давление, на которое настраивается реле давления. Обычно давление рд устанавливают таким, чтобы надежно срабатывал распределитель на выход реле.

Основная регулировка выдержки времени осуществляется изменением проходного сечения f дросселя 2. С уменьшением проходного сечения f время достижения давления рд и, следовательно, время срабатывания реле 4 увеличивается.

Для получения значительных выдержек необходимо уменьшить сечение f1 что неизбежно приводит к его засорению и потере стабильности. Большие выдержки можно получить увеличением объема V0, оставив сечение f таким, при котором возможность засорения будет минимальной. Объем V0 увеличивают изменением положения поршня. В некоторых системах время регулируют изменением f и сменой дополнительных емкостей V0.

В реле времени (рис. 122) выдержка времени начинается с подачи сжатого воздуха в отверстие У. Сжатый воздух по ряду каналов 10 в корпусе 6 поступает в полость над диафрагмой 8 и прижимает ее к седлу корпуса б, закрывая выход воздуха в атмосферу. Через металлокерамический фильтр 3 и через дроссель 7 воздух начинает поступать также в пространство над поршнем 5. В начальный момент давление под поршнем больше давления над поршнем вследствие малого проходного сечения в дросселе. В результате клапан 4 прижимается резиновым вкладышем к седлу 11. По достижении определенного давления над поршнем последний перемещается вниз за счет разности сил, обусловленных разностью активных площадей поршня снизу и сверху. При отрыве клапана 4 толкателем 2 от седла 11 подпоршневое пространство соединяется с атмосферой, давление в нем резко снижается, и поршень с толкателем 2 быстро переместится вниз, открывая клапан 1. Через открывшийся клапан 1 сжатый воздух от отверстия П проходит к отверстию О и далее к пневматическому элементу, который должен сработать.

Выдержка времени заканчивается в момент открытия клапана 1. При снятии входного сигнала диафрагма 8 отходит от седла корпуса 6 и соединяет надпоршневое пространство с атмосферой. Пружиной 9 поршень 5 возвращается в исходное положение. Продолжительность выдержки определяется настройкой дросселя. Чем меньше будет пропускное сечение дросселя, тем больше выдержка. Для увеличения выдержки объем надпоршневого пространства увеличивают подключением к отверстию Д дополнительной емкости.

Комбинированная система управления (рис. 123) с контролем в функции пути и времени в отличие от системы управления, приведенной на рис. 118, выдает команду на возвращение штока прессового цилиндра Ц2 в исходное

положение не сразу, а через некоторый промежуток t. За это время происходит затвердевание отливки под давлением. Различные отливки требуют разной выдержки под давлением, на которую и настраивают используемое в системе реле времени В.

В момент окончания запрессовки цилиндром Ц2 включается распределитель ПВ4. Но от него воздух подается не в правую управляющую полость распределителя Р2, а к каналу управления У реле времени В. Реле времени В через заданное время t срабатывает и подает из сети воздух по каналу О в правую полость управления распределителя Р2. Распределитель Р2 срабатывает, и поршень прессового цилиндра возвращается в исходное положение.

Управление с применением командоаппаратов. В пневматических командоаппаратах последовательность выполнения операций сложного цикла устанавливается на механическом устройстве, которым в большинстве случаев является вращающийся распределительный вал. Командоаппараты можно разделить на две большие группы: с контролем по времени (программные устройства) и с контролем по пути или другому контролируемому параметру (шаговые распределители). Отличительная особенность систем управления на командоаппаратах – это возможность быстрой перестройки на новый требуемый цикл (в пределах максимального числа команд), а также относительная простота всей системы управления, что крайне важно для автоматических машин, работающих в условиях частой переналадки на новый объект обработки.

Программные командоаппараты роторного типа. Основным органом управления программного командоаппарата (рис. 124) является равномерно вращающийся распределительный вал 3 с кулачками 4 и 5. Вал приводится в движение синхронным электродвигателем 1 через редуктор 2.

При вращении вала кулачки через определенные моменты и в определенной последовательности действуют на ролики путевых переключателей К1 и К2, которые, срабатывая, подают воздух в полости управления главных распределителей Р1 и Р2. Продолжительность цикла работы зависит от времени одного оборота распределительного вала. Скорость вращения распределительного вала можно регулировать в широком диапазоне изменением передаточного отношения редуктора. Моменты включения переключателей К1 и К2 устанавливают сменой или перестановкой кулачков. Предусмотренная в схеме блокировка исключает движение поршня цилиндра Ц2 вперед до тех пор, пока шток цилиндра Ц1 полностью не выдвинется. Эта блокировка требует установки одного путевого переключателя ПВ, который срабатывает при действии на него выдвинутого штока цилиндра Ц1, и только в этом случае он пропускает воздух от переключателя К2 к управляющей полости главного распределителя Р2. Даже при введении дополнительных блокировок системы управления с программным командоаппаратом гораздо проще других систем. Существенным их недостатком является значительная потеря производительности, вызываемая тем, что для большей уверенности в выполнении заданной програм-

мы время, отводимое на каждую операцию цикла, берут завышенным по сравнению с фактическим временем срабатывания механизмов.

В пневматических программных командоаппаратах распределительный вал приводится во вращение пневмоцилиндром через реверсивную муфту. Для стабилизации и регулирования скорости применяют пневмогидравлические системы.

Система управления с командоаппаратом имеет два режима работы: автоматический и наладочный. Работа схемы в автоматическом режиме была описана выше.

Наладочный режим осуществляется при помощи разделительных клапанов КР и вспомогательных распределителей РВ с ручным управлением. Разделительный клапан позволяет подвести к одной полости управления распределителя несколько трубопроводов. Если необходимо опробовать действие цилиндра Ц1, надо переключить вспомогательный распределитель РВ1. Сжатый воздух поступит в разделительный клапан КР1. Шарик под давлением опустится, открывая проход воздуха в полость управления распределителя Р1 и закрывая проход воздуха по трубопроводу к распределителю К1.

Разделительные клапаны позволяют в любой автоматической системе создать наладочный режим работы.

Шаговые командоаппараты. Командоаппарат РШ шагового типа (рис. 125) состоит из шестипозиционного распределителя РМ, селектора С и привода периодического поворота ПП. Распределитель РМ и селектор С имеют общий вал с храповым колесом привода ПП. Выходные каналы 1…4 распределителя РМ соединены с управляющими полостями распределиелей Р1 и Р2, а 5 и 6 – заглушены. Порядок соединения выходных каналов с управляющими полостями определяется заданным циклом. Контроль работы цилиндров обеспечивается путевыми переключателями ПВ, выходные каналы которых соединяются с соответствующими входными каналами селектора С. Распределитель ВВ подключает привод командоаппарата к сети сжатого воздуха, а распределитель КВ выполняет функции «пуск» и «предварительный стоп».

Работа пневмоцилиндров осуществляется по циклограмме, приведенной на рис. 117. По этой циклограмме в исходном положении путевой переключатель ПВ1 нажат. При переводе распределителя КВ в положение II сжатый воздух от переключателя ПВ1 поступает к каналу 6 селектора и, далее, через его подвижный золотник к распределителю УР. Последний срабатывает, и полость нижнего цилиндра привода ПП сообщается с атмосферой. Так как полость верхнего цилиндра соединена с сетью, поршень перемещается вниз и через храповой механизм поворачивает золотники распределителя РМ и селектора С на следующую позицию по часовой стрелке.

На первой позиции воздух от сети через распределитель РМ подается в правую управляющую полость распределителя Р1, который, срабатывая, подает воздух в нештоковую полость цилиндра Ц1. Так как в начале рассматриваемого такта путевой переключатель ПВ2 не нажат (шток с кулачком не успел еще дойти до него), то его выходной канал и, следовательно, канал К

через селектор С соединен с атмосферой. Поэтому распределитель УР придет в исходное положение, при котором воздух поступает в полость нижнего цилиндра ПП. Вследствие разности площадей поршней шток цилиндров ПП возвращается в верхнее положение, совершая холостой ход. Когда шток цилиндра Ц1 переместится в крайнее правое положение и переключит распределитель ПВ2, в распределитель УП через ПВ2 и селектор вновь будет подан воздух, что вызовет новое срабатывание ПП и т. д.

Циклограмма включает четыре такта, а распределитель выполнен на шесть позиций (тактов). Чтобы реализовать циклы с числом тактов, меньшим, чем число позиций распределителя, система обеспечивает автоматическое быстрое прохождение (проскок) холостых позиций. Когда золотники распределителя РМ и селектора С будут находиться в четвертом положении, то в левую управляющую полость распределителя Р1 поступит воздух. При подаче сжатого воздуха в штоковую полость поршень цилиндра Ц1 начнет возвращаться в исходное положение.

Поскольку каналы 4 и 5 селектора С соединены с распределителем РП, то в конце хода вниз поршней цилиндров ПП при переводе системы в четвертое положение этот распределитель соединяет управляющую полость распределителя УР с атмосферой, и привод ПП возвращается в исходное положение. В конце холостого хода привод ПП переключает распределитель РП и сообщает управляющую полость УР с сетью через канал 4 селектора. Командоаппарат переключается на следующую пятую позицию. Подобным же образом привод ПП переводит командоаппарат на шестую (исходную) позицию.

Если распределитель КВ находится в положении II, то очередной цикл начинается автоматически. Если в течение очередного цикла распределитель КВ будет переведен в положение I, то перевода системы в первое положение не последует, т. е. будет выполнена команда «предварительный стоп».

При необходимости автоматизировать цикл с числом тактов, превышающим число позиций шагового распределителя, схема строится так, что на некоторых позициях срабатывает в определенной последовательности группа цилиндров. Последовательность работы внутри группы обеспечивается автоматикой.

2 Выбор схем электрических соединений РУ

2.1 Выбор вариантов схем РУ

При выборе схемы подстанции необходимо учитывать число присоединении линии и трансформаторов, требование надежности и простоту эксплуатации.

Тупиковые одно-двухтрансформаторные подстанции выполняются с выключателями со стороны высшего напряжения. Перемычки со стороны шины двухтрансформаторной подстанции могут быть выполнены автоматически

на отделителях с приводом двухстороннего действия или неавтоматическими, выполненных из двух разъединителей.

В современных условиях нет необходимости подходить к разработке конструкции каждого распределительных устройств (РУ). Проектными организациями разработаны типовые конструкции РУ. Окончательное решение по конструкции РУ применяют на основании технико-экономического сопоставления ряда эскизно проработанных вариантов компоновок РУ, должны удовлетворять ряду требований, зафиксированных в ПУЭ. Основные из них: надежность, экономичность, удобство и безопасность обслуживания, безопасность для людей находящихся вне РУ, пожаробезопасность, возможность реконструкции. Выбор типа конструкции РУ - 115кВ.

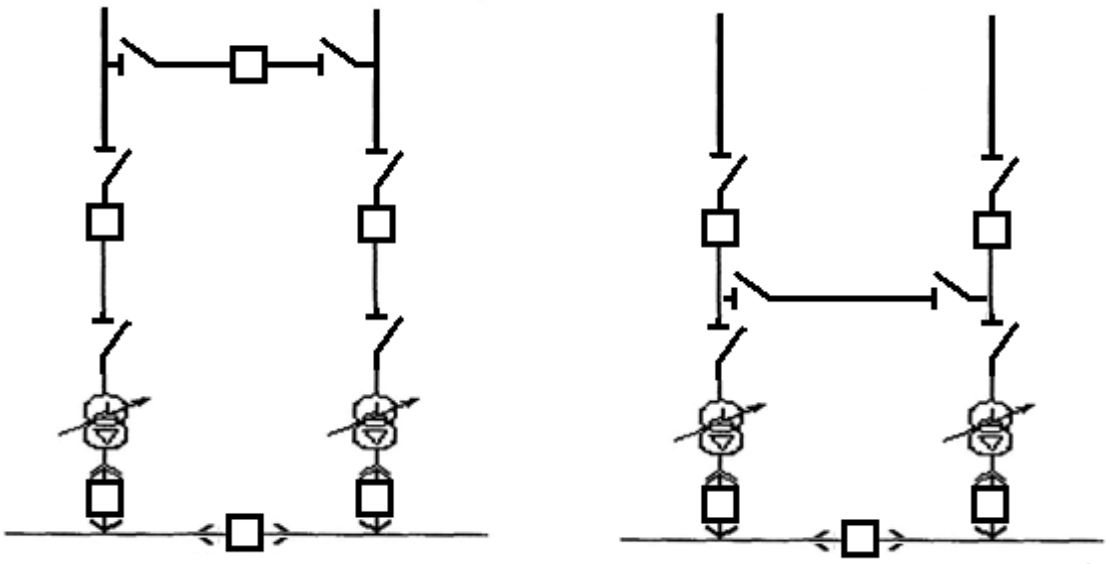
В дипломном проекте необходимо сравнить два варианта электрических схем РУ.

При составлении вариантов электрических схем РУ использовалась литература [5], в котором представлены основные типы электрических схем.

Намечаем варианты схем на основании количества присоединений на каждую цепь РУ 115кВ.

Вариант 1. Мостик с выключателями в перемычке и отделителями в цепях трансформатора;

Вариант 2. Мостик с перемычкой из разъединителей на линиях и отделителями в цепях трансформатора.



а) б)

Рисунок 2.1 - Схемы соединения подстанции: а-вариант 1; б-вариант 2

2.2 Выбор типа конструкции РУ-10

Так как от нашей подстанции запитаны потребителями II и III категории, то принимаем для данного участка схему с двумя секционированными системами сборных шин.

3 Расчет токов короткого замыкания

В дипломном проекте расчет токов короткого замыкания проводится в объеме, необходимом для выбора аппаратов и проводников.

Расчет токов к. з. для выбора аппаратов не требует большой точности, поэтому при его выполнении принимают ряд допущений и не учитывают:

а) активное сопротивление элементов системы;

б) сдвиг по фазе э. д. с. источников питания;

в) насыщение магнитных систем электрических машин, ток намагничивания трансформаторов;

г) емкостные токи воздушных линий напряжением ниже 330 кВ и кабельных линий до 110 кВ.

Для расчета токов к. з. необходимо составить схему замещения и рассчитать ее параметры. Схемы замещения для расчета токов к. з. предоставим на рисунке 3.1.

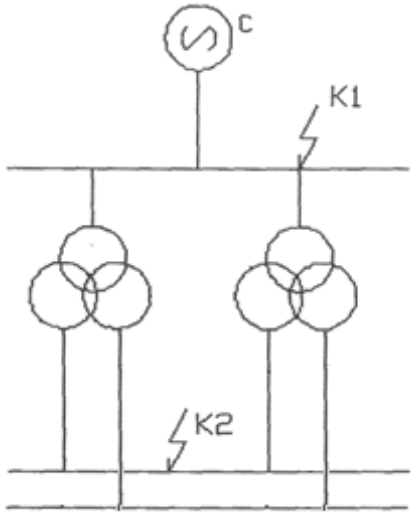


Рисунок 3.1 - Расчетная схема токов короткого замыкания

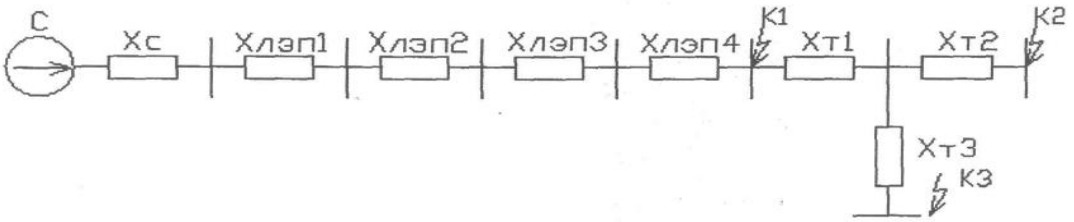


Рисунок 3.2 - Схема замещения для расчета токов короткого замыкания

Короткие замыкания (к. з.) являются одной из основных причин нарушения нормального режима работы и даже электросистем в целом. К. з. - это соединения между фазами (фазными проводниками электроустановок), между фазами и землей (или 0 проводом), а также между различными витками одной фазы обмоток, генератора, трансформатора или двигателя. На практике соединения могут быть через дугу или глухие, так называемые "металлические".

Токи к. з. обычно существуют незначительное время ($0{,}05<t<5$с), но их приходиться тщательно рассчитывать и учитывать в виду того, что из их термического и динамического воздействия возможны серьезные повреждения электрооборудования и проводников.

При малых мощностях генераторов проблема токов к. з. не возникает; в настоящее время при установке в системах мощных генераторов, трансформаторов и двигателей эта проблема становиться весьма актуальной. Возникает вопрос о координации уровней токов к. з. на электрических станциях и сетях, вопрос о стратегии построения сетей электросистем на перспективу и согласований параметров электрооборудования и токов к. з. в сетях различного напряжения.

Расчет ведется при базисных условиях:

Т-1-ТРДН-25000/110/10; $U_к$ =10,5

S_σ=2500МВА; U_σ=110кВ

Приведенное сопротивление трансформатора Т-1

$$X = \frac{U_к \cdot S_\sigma}{100 \cdot S_{ном}}, \text{ Ом} \qquad (3.1)$$

где $U_к$ - напряжение к. з. в %;
S_σ - базовая мощность;
$S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора

$$X = \frac{10{,}5 \cdot 2 \cdot 25}{100 \cdot 25} = 0{,}21 \text{ (Ом)}$$

Базисный ток

$$I_{\sigma 1} = \frac{S_\sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 1}}, \text{ кА} \qquad (3.2)$$

где S_σ, $U_{\sigma 1}$- базисные величины мощности и. напряжения соответственно, кА.

$$I_{\sigma 1} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 115} = 12{,}56 \text{ кА.}$$

$$I_{\sigma 2} = \frac{S_\sigma}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma 2}} \text{ кА} \qquad (3.3)$$

$$I_{\sigma 2} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 137{,}6 \text{ кА}$$

находим периодическую составляющую токов к .з. до точки К-1

$$I_{к-1} = I^{\infty}_{к-1} = \frac{I_{\sigma 1} \cdot E^{11}_{н}}{\Sigma X_{к-1}} \text{ кА} \qquad (3.4)$$

где $E^{11}_{н}$ - э. д. с. источника в относительных единицах;

$\Sigma X_{к-1}$- результирующее относительное сопротивление цепи к. з., приведенное к базовым условиям для точки к-1.

$$I_{к-1} = \frac{12{,}56 \cdot 1}{8{,}87} = 1{,}41 \text{ кА}$$

$$I_{к-2} = I^{\infty}_{к-2} = \frac{I_{\sigma 1} \cdot E^{11}_{н}}{\Sigma X_{к-2}}, \text{ кА} \quad (3.5)$$

где $\Sigma X_{к-2}$- результирующее относительное сопротивление цепи к. з., приведенное к базовым условиям для точки к-2.

$$I_{к-2} = \frac{1 \cdot 137,6}{9,08} = 15.15 \text{ (кА)}$$

Удаленные токи к. з. для к-1:

$$I_{у} = \sqrt{2} \cdot I_{к-1} \cdot К_{уд}, \text{ кА} \quad (3.6)$$

где $К_{уд}$- ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени цепи к. з. $T_{а}$:

$$К_{уд} = \left(1 + e^{\frac{0,01}{T_{а}}}\right) \quad (3.7)$$

$I_{у}$ = 1.41·1.717·1.41=3.4(кА)
для к-2:

$$I_{у} = \sqrt{2} \cdot I_{к-2} \cdot К_{уд}, \text{ кА} \quad (3.8)$$

$$I_{у}=1,41 \cdot 15,15 \cdot 1,8=38,45(кА)$$

На основании данных расчетов далее выбирается оборудование.

4 Выбор оборудования на подстанцию «Кзыл-ординская»

Выбор аппаратов и проводников начинают с выявления внешних условий, в которых данный аппарат (проводник) будет работать, этим его Конструкция должна удовлетворять закрытой или открытой установки.

Для проводников (шин, кабелей) необходимо задаваться материалом алюминий или медь), конструктивным выполнением и условиями прокладки для кабеля) в воздухе или на земле. В большинстве случаев в качестве материалов проводников следует использовать алюминий и только в особых случаях медь.

При выборе выключателей намечают их типы, для трансформаторов тока и напряжения должна быть задана схема соединении их обмоток.

Режимы работы аппаратов и проводников подразделяются на нормальный (режим нагрузки при нормальных условиях), утяжеленный (при особых

условиях или состояниях схемы, чаще связанных с аварийным выходом отдельных ее элементов) и режим к. з.

4.1 Выбор оборудования для ЗРУ-110 кВ

Наибольший ток нормального режима принимается при загрузке трансформатора до номинальной мощности и рассчитывается:

$$I_р = 0.7 \cdot \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_н}, \text{ А} \qquad (4.1)$$

где S_m - полная мощность, МВА;
$U_{ном}$ - номинальное напряжение, кВ;

$$I_р = 0.7 \cdot \frac{18.2 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 115} = 64 \text{ (А)}$$

Наибольший ток ремонтного или послеаварийного принимается:

$$I_{max}=2 \cdot I_р, \text{ А} \qquad (4.2)$$

$$I_{max}=2 \cdot 64=128 \text{ (А)}$$

$$T_a=0.02с; \; K_у=1.8.$$

Момент расхождения контактов:

$$\tau = t_{св}+0,01, \text{ с} \qquad (4.3)$$

где $t_{св}$ - время срабатывания выключателя равный 0,04с. Тепловой импульс короткого замыкания:

$$B_к=(I_{nm})^2 \cdot (t_{отк}+T_a), \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \qquad (4.4)$$

где $I_{уд}$=3,4кА;
$t_{отк}$ - время отключения равное 0,08с;
I_{nm} - амплитудное значение периодической составляющей тока равный 1,41А.

$$B_к=1,41^2 \cdot (0,08+0,02)=0.198 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Изменение апериодической составляющей тока описывается выражением:

$$I_{от} = \sqrt{2} \cdot I_{nm} \cdot \ell^{\frac{-\tau}{T_a}} = 0{,}36, кА \qquad (4.5)$$

$$I_{от} = 0.36(кА)$$

Выбираю выключатели типа ВГТ-110-40/2500У1 и разъединители типа РНД 3.1-110/630 Т1.

Выключатели и разъединители выбираю по максимально нагруженной линии 5-6:

$$S_{нагр} = 28{,}2\ МВ \cdot А$$

$$I_{раб} = \frac{18{,}2 \cdot 10^2}{\sqrt{3} \cdot 115} = 91{,}5А$$

$$I_{max} = 91 \cdot 5 \cdot 2 = 183А$$

Принимаем выключатели и разъединители аналогичные установленным в цепи трансформатора для защиты оборудования от атмосферных и коммуникационных перенапряжений устанавливаются разрядники РВС-110.

Согласно ПУЭ сборные шины по экономической плотности тока не выбираются.

Принимаем сечение по допустимому току шинах:

$$I_{max} = 183А$$

Принимаем АС-70, $I_{доп} = 265$ А >183 А

Проверка на термическое действие $I_{к.з}$ не производиться, т.к. шины выполнены голым проводом на открытом воздухе.

Проверку на корону не производим, т.к. по ПУЭ минимальное сечение для ЛЭП-110 кВ АС-70.

Таблица 4.1 - Расчетные и каталожные данные

Расчетные данные	Каталожные данные		Условия выбора
	3AT1FG	РНДЗ.1-110/630-П	
$U_{уст}$=110кВ	$U_н$=110кВ	$U_н$ =110кВ	$U_{уст} \leq U_н$
I_{max}=128А	$I_н$=2500А	$I_н$ =630А	$I_{max} \leq I_н$
$I_{п\tau}$= 1.99 кА	$I_{отк}$=40кА	-	$I_{п\tau} \leq I_{отк}$
$I_{уд}$=5,07кА	$I_{пр.с.}$=40кА	$I_{пр.с}$=80кА	$I_{уд} \leq I_{пр.с.}$
$B_к$=0,39кА$^2 \cdot$ с	$I^2_{тнтмн}$=1200кА$^2 \cdot$ с	$I^2_{тнтмн}$ =998кА$^2 \cdot$ с	$B_к \leq I^2_{тнтмн}$

4.2 Выбор трансформатора напряжения

Трансформатор напряжения предназначен для понижения высокого напряжения до стандартной величины 100 или $100/\sqrt{3}$ В и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения. Трансформатор напряжения работает в режиме, близкому к холостому ходу, так как сопротивление параллельных катушек приборов и реле большое, а ток, потребляемый ими, не велик.

Трансформаторы напряжения выбираются:

По напряжению установки

$$U_{уст} \leq U_{ном} \quad (4.6)$$

по конструкции и схеме соединения обмоток;

по классу точности;

по вторичной нагрузке

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном}, \quad (4.7)$$

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

S_2 - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, В • А.

Таблица 4.2 - Расчет необходимой мощности трансформатора напряжения

Прибор	Тип	$S_{ост}$ 1-й обмотки	Число обмоток	cosφ	sinφ	Число проводов	Общая мощность	
							P,Вт	Q,вар
Вольтметр	Э-335	2	1	1	0	3	6	0
Ваттметр	Э-335	1,5	2	1	0	5	15	0
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	5	12	0
Сч. Активный	И-674	3	2	0,38	0,922	5	30	73
Сч. Реактивный	И-673	3	2	0,38	0,922	5	30	73
Вольтметр	Н-344	10	1	1	0	3	30	0
Частотометр	Н-397	7	1	1	0	3	21	0
Итого							147	146

Вторичная нагрузка:

$$S_{2\Sigma}=\sqrt{147^2 +146^2} =207{,}2\text{В} \cdot \text{А}$$

Принимаю НКФ-110-58 У1. Номинальная мощность в классе 0,5

$$S_{2н}=400 \text{ ВА}$$

$$S_{2н}>S_{2\Sigma}\ 3\cdot400>207{,}2 \text{ ВА}$$

Трансформатор будет работать в выбранном классе точности.

4.3 Выбор трансформаторов тока на стороне 10 кВ

Трансформатор тока предназначен для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Трансформаторы тока выбираются:

По напряжению установки

$$U_{уст}<U_{ном}, \text{ кВ} \qquad (4.8)$$

по току

$$I\leq I_{1ном}, I_{max}\leq I_{1ном}, \text{ А} \qquad (4.9)$$

Номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей;

По конструкции и классу точности;

По электродинамической стойкости:

$$i_у\leq k_{эд}\sqrt{2}\ I_{1ном}, \text{ кА} \qquad (4.10)$$

где $i_у$ - ударный ток к. з. по расчету;

$k_{эд}$ - кратность электродинамической стойкости по каталогу;

$I_{1ном}$ - номинальный первичный ток трансформатора тока.

По термической стойкости

$$B_к\leq (k_т\cdot I_{1ном})^2\cdot t_т, \text{ кА}^2\cdot\text{с} \qquad (4.11)$$

где $B_к$ - тепловой импульс по расчету $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$k_т$ - кратность термической стойкости по каталогу;

$t_т$- время термической стойкости по каталогу, с;

по вторичной нагрузке

$$Z_2 \leq Z_{2ном}, \text{ Ом} \qquad (4.12)$$

где Z_2- вторичная нагрузка трансформатора тока, Ом;

$Z_{2ном}$ - номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности, Ом;

Таблица 4.3 - Вторичные нагрузки обмотки трансформатора

Прибор	Тип	Нагрузка фазы, В · А		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	-	0,5	-
Ваттметр	Д-335	0,5	0,5	-
Сч. активный	И-674	-	2,5	2,5
Сч. реактивный	И-673	2,5	-	2,5
Ваттметр	Д-335	0,5	0,5	-
Итого		3,5	4	5

Общее сопротивление приборов рассчитывается по наиболее нагруженной фазе:

$$R_{приб} = \frac{S_{приб}}{12 \cdot I_2}, \text{ Ом} \qquad (4.13)$$

где $S_{приб}$ - мощность, потребляемая приборами, МВ · А;

I_2^2 - вторичный номинальный ток прибора, кА;

$$R_{приб} = \frac{5}{12.25} = 0.016 \text{ Ом.}$$

Номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности 0,5 составляет 1,2 Ом, сопротивление контактов ОД Ом, тогда сопротивления проводов:

$$R_{пр} = R_{тр} - R_{приб} - R_{конт}, \text{ Ом} \qquad (4.14)$$

где $R_{пр}$, $R_{приб}$, $R_{конт}$ - сопротивления соединительных проводов, приборов и переходного сопротивления контактов соответственно, Ом.

$$R_{приб} = 1,2 - 0,016 - 0,1 = 1,084 \text{ Ом}$$

Принимаем длину соединительного кабеля с алюминиевыми жилами равной 150 см, тогда сечение жил q должно быть не менее:

$$q = \rho \cdot \frac{1_{расч}}{R_{пр}}, мм^2 \quad (4.15)$$

где ρ - удельное сопротивление материала провода, Ом;

$l_{расч}$ - расчетная длина, зависящая от схемы соединения трансформаторов тока, м.

$$q = 0{,}0283 \cdot \frac{150}{1.084} = 3{,}9\,м^2$$

Принимаю кабель АКВРГ с жилами сечением 4мм2. Выбирая трансформаторы тока ТФЗМ-110-У1.

Таблица 4.4 - Расчетные и каталожные данные трансформатора тока

Расчетные данные	Каталожные данные	Условия выбора
$U_у$ =110кВ	$U_{ном}$ = 110кВ	$U_у \le U_{ном}$
I_{max} =183А	$I_{ном}$ = 630А	$I_{max} \le I_{ном}$
$B_к$ = 0,396 $кА^2 \cdot с$	I = 60кА	$B_к \le I$

Принимаем трансформатор тока ТФЗМ-110-У1.

Основные достоинства пневмопривода – простота конструкции, удобство эксплуатации, быстродействие, пожаробезопас-ность и высокая надежность – способствовали широкому распространению его при механизации и автоматизации литейного производства.

Многие характеристики пневмопривода обусловлены принципом его действия и устройством основных элементов. Общая схема пневмопривода приведена на рис. 65.

Компрессор 1, приводимый в действие электродвигателем 3, засасывает из атмосферы воздух через фильтр 2 и нагнетает его в пневмосистему при определенном давлении. Сжатый воздух накапливается в сборнике 4, который сглаживает пульсацию давления от компрессора и уменьшает влияние потребителей 5 сжатого воздуха при их работе. По трубе 10 воздух подается через распределитель 6 к исполнительному устройству 7, например, пневмоцилиндру. Поршень цилиндра начинает двигаться и перемещать полуформу 8 кокильной машины. Включение и выключение распределителя 6 осуществляется системой управления 9.

Пневмопривод имеет несколько преобразователей энергии. Электродвигатель преобразует электрическую энергию в механическую, которая в компрессоре переходит в энергию сжатого воздуха.

В пневмоцилиндре энергия сжатого воздуха преобразуется в механическую энергию. Вследствие многократного преобразования энергии, неизбежно сопровождающегося потерями ее в каждом преобразователе, пневмопривод менее экономичен, чем, например, электропривод.

Приведенная на рис. 65 схема пневмопривода является его общей схемой. Компрессоры, воздухосборники и магистральные трубопроводы, как правило, не входят в пневмопривод литейных машин. Сжатый воздух подводится к ним от центральных компрессорных станций, расположенных даже вне цеха.

Пневмопривод литейной машины представляет собой совокупность следующих основных устройств: исполнительного, распределительного и управляющего.

Исполнительное устройство или пневмодвигатель преобразует энергию сжатого воздуха в механическую энергию движения рабочих органов машины, выполняющих заданную технологическую операцию.

Распределительные устройства соединяют рабочие полости пневматических исполнительных устройств с сетью, а полость выхлопа – с атмосферой.

Управляющие устройства предназначены для обеспечения заданной последовательности перемещения рабочих органов машины в соответствии с требуемым законом их движения. Они переключают распределители, регулируют расход воздуха, контролируют работу пневмопривода.

Пневматические исполнительные устройства составляют основу пневмопривода. По виду движения исполнительные устройства делятся на две группы: с возвратно-поступательным и вращательным движением. К исполнительным устройствам с прямолинейным возвратно-поступательным движением относятся пневмоцилиндры и диафрагменные камеры, к устройствам с вращательным движением – моментные цилиндры и пневмо-моторы.

В пневмоцилиндры одностороннего действия (рис. 66, а) сжатый воздух подается только в одну полость, перемещение поршня осуществляется под давлением сжатого воздуха. Разновидностью пневмоцилиндра одностороннего действия является встряхивающий механизм (рис. 66, б) формовочной машины. При впуске сжатого воздуха под поршень стол машины поднимается, а при выпуске падает практически свободно, преобразуя накопленную энергию подвижных частей в энергию удара. Исполнительные устройства одностороннего действия приводят в движение рабочие органы только в одном направлении, в исходное положение они возвращаются под действием внешних сил.

В пневмоцилиндры двустороннего действия (рис. 66, в) сжатый воздух поочередно подается в обе полости цилиндра, разделенные поршнем. Рабочие органы машин перемещаются в обоих направлениях. Этот тип двигателя используется практически во всех литейных машинах с пневмоприводном. Разновидностью пневмоцилиндра двустороннего действия является пневмовибратор (рис. 66,г), применяемый в формовочных машинах и в приводах вибрационных устройств для перемещения сыпучих материалов.

В диафрагменных силовых устройствах (рис. 66, д) диафрагма под давлением сжатого воздуха прогибается и приводит в движение рабочие органы. В формовочных машинах диафрагма непосредственно уплотняет смесь в опоке.

В моментном цилиндре (рис. 66, е) сжатый воздух, поступающий в одну из полостей, давит на лопасть и поворачивает вал, на котором она закреплена. При подаче воздуха в противоположную полость вал поворачивается в обратную сторону. Моментные цилиндры применяют для поворота различных механизмов в пределах 300°.

Непрерывное вращение рабочим органам сообщают пневмо-моторы. В лопастном моторе (рис. 66, ж) сжатый воздух давит на выступающие части лопасти и заставляет ротор вращаться. Ротор пневмотурбины (рис. 66, з) вращается под действием динамического давления потока сжатого воздуха. Пневмомоторы широко используются в ручном инструменте, вибраторах и транспортных механизмах.

В некоторых литейных машинах обрабатываемый материал или рабочие органы перемещаются непосредственно за счет давления сжатого воздуха или аэродинамического эффекта. Например, в пневматических дозирующих заливочных установках (рис. 66, и) сжатый воздух давит на поверхность металла в тигле и вытесняет его по трубе в форму.

Аэродинамический эффект используется в пескоструйных агрегатах (рис. 66, к) и в системах пневмотранспорта, где кварцевый песок или формовочная смесь перемещаются непосредственно потоком воздуха.

В литейных машинах с пневмоприводом могут одновременно использоваться различные исполнительные устройства. Примером комплексного использования таких устройств является стержневая пескодувная машина. В ней пневмоцилиндры двустороннего действия подают стержневые ящики на позицию надува и возвращают их в исходное положение, перемещают шибер пескодувного резервуара.

Пневмодвигатели одностороннего действия закрепляют стержневой ящик на столе машины и прижимают его к пескодувному резервуару. Диафрагменные камеры используются в приводах стола и в клапанах надува. Моментные цилиндры поворачивают кантователи стержневых ящиков. Пневмотурбина приводит в действие эксцентриковый вибратор бункера. Сжатый воздух доставляет смесь по трубопроводу в бункер машины и выполняет основную технологическую операцию – надув смеси в стержневой ящик.

Режимы работы приводимых механизмов обусловливают структуру пневмопривода и требования к нему. Скоростной и силовой режимы работы механизма определяются характером изменения скорости и нагрузки по ходу.

Движение со скоростью до 0,5 м/с без изменения скорости по ходу. В этом режиме работает подавляющее большинство механизмов, осуществляющих транспортные и вспомогательные операции. Данный режим не вызывает особых требований к пневмоприводу. Важно только переместить рабочий орган за время, отведенное по циклограмме. Пневмоцилиндры для подобных случаев используются в обычном исполнении с простейшей системой управления.

Движение со скоростью до 1 м/с с плавным торможением в конце хода. Для повышения производительности необходимы высокие скорости. Возмож-

ность развить такие высокие скорости пневмоприводу дает свойство сжатого воздуха перемещаться по трубам с большими скоростями (до 17 м/сек) без существенных потерь. Однако значительные ускорения в начале хода и особенно удар о жесткий упор в конце хода, разрушающий формы или оснастку, не позволяют без плавного торможения в конце хода использовать высокие скоростные способности пневмопривода. Торможение осуществляется специальными устройствами, управляющими скоростью только на конечном участке хода механизма. Реализация этих режимов резко повышает производительность автоматического оборудования, чем и объясняется их применение в высокопроизводительном формовочном оборудовании, кокильных машинах и выбивных установках.

Движение со скоростями 2…5 м/с. Такой скоростной режим имеют механизмы ударного действия, работа которых основана на использовании кинетической энергии (например, при отбивке литников или при динамическом прессовании форм). Для получения высоких скоростей применяют специальные устройства подвода и отвода воздуха, а также пневмоцилиндры особой конструкции.

Равномерное движение с невысокими скоростями при изменяющейся нагрузке. Этот режим работы необходим для кантователей, механизмов поворота формовочных столов и сборщиков форм.

Обеспечить равномерное движение только пневматическими средствами практически невозможно из-за сжимаемости воздуха, поэтому пневмопривод дополняют гидравлическими устройствами. В пневмогидравлических приводах сочетаются положительные свойства пневмопривода (простота конструкции) и гидропривода (хорошая регулируемость).

Для получения усилий более 50 кН (5 тс) при длине хода более одного диаметра цилиндра пневмодвигатели практически не применяются и заменяются гидравлическими. Исключение составляют отдельные встряхивающие с допрессовкой формовочные машины для крупногабаритных опок.

Ряд литейных машин требует высоких усилий на небольших участках хода или при упоре. Например, при прессовании форм нагрузка возрастает в конце процесса; в первый момент раскрытия кокиля требуется значительное усилие для отрыва отливки от кокиля, а прижим стержневого ящика к пескодувному резервуару должен обеспечиваться высоким усилием при неподвижном механизме. В указанных случаях для уменьшения диаметров пневмоцилиндров используют различного рода механические и гидравлические усилители, которые, как правило, действуют на небольших участках хода.

Различные механические и гидравлические устройства расширяют возможности пневмопривода, но в то же время и усложняют его. Поэтому при разработке пневмопривода с подобного рода промежуточными устройствами необходимо параллельно решать вопрос и о целесообразности применения гидропривода, который может обеспечить практически любой режим (силовой и скоростной).

Системы управления в приводах литейных машин в основном выполняют функции управления последовательностью включения и выключения исполнительных устройств. Первые автоматические литейные машины оснащали двумя-тремя исполнительными устройствами. Автоматическая работа такой системы была проста и обеспечивалась «самодельными» средствами управления, так как нормализованные пневматические управляющие устройства ранее не изготовляли. По мере развития автоматизации появилась необходимость создания сложных литейных машин, включающих до 20 исполнительных устройств, а также автоматических линий, где число их доходит до 100. Системы управления таких сложных комплексов можно создавать только на основе нормализованной аппаратуры. Сначала системы управления составлялись на основе электрических элементов, но затем пневматические элементы стали заменять электрические, которые менее надежно работают в условиях литейного цеха. В настоящее время автоматические линии, например литья в оболочковые формы, управляются чисто пневматическими системами, появляются первые автоматы с системами управления на логических элементах.

В машинах литья под низким давлением используют комплекс регулирующих устройств, учитывающих малейшие изменения в системе и управляющих давлением в тигле, что обеспечивает наиболее оптимальный скоростной режим заполнения сложных тонкостенных отливок.

Область применения пневмопривода определяется принципом действия и конструкцией исполнительного устройства, свойствами и параметрами сжатого воздуха как рабочего тела.

Воздух сжимаем. Поэтому в пневмоприводах работа производится не только за счет энергии потока сжатого воздуха, но и за счет его расширения.

Способность воздуха сжиматься и расширяться является одной из основных причин трудностей в регулировании скорости движения приводимого в действие механизма.

Усилие, развиваемое пневмоприводом, зависит от давления воздуха в рабочих полостях. В литейных машинах используется воздух при невысоких давлениях до 0,6 МН/м2 (6 кгс/см2). Для создания значительных усилий пневмопривод должен иметь большие габариты, что вызывает соответствующие трудности в изготовлении пневмоцилиндров. Машины становятся громоздкими и неудобными в эксплуатации.

Пневмопривод широко применяется для приведения в действие рабочих органов машин, совершающих возвратно-поступательное движение с ходом в пределах 3 м и работающих при сравнительно небольших усилиях – до 30 кН (3 тс). В этих условиях не требуется соблюдения особого закона движения, необходимо только перемещать органы машины на определенную величину хода за заданное время.

Для литейных машин важна пожаробезопасность пневмопривода. Пневматические исполнительные устройства и трубопроводы можно располагать в непосредственной близости от нагретых элементов и открытого пламени, которые имеются в машинах для изготовления оболочковых форм и

стержней, в камерах для модифицирования металла, в различных заливочных установках.

Вследствие малой чувствительности воздуха к изменению температуры характеристики пневмопривода в широком интервале температур более стабильны, чем у гидропривода. Эти положительные качества пневмопривода способствовали более широкому применению его в литейном производстве, чем гидропривода.

Пневмопривод используется в универсальных формовочных машинах, формовочных автоматах и автоматических формовочных линиях, в автоматах и автоматических линиях литья в оболочковые формы, в кокильных машинах и машинах литья под давлением с запирающим усилием до 0,5 МН (5,0 тс), оборудовании для приготовления модельных составов, дозаторах сыпучих, кусковых и жидких материалов, заливочных установках, машинах литья под низким давлением и т. д. Пневмопривод используется также во многих устройствах «малой механизации» и в различном транспортном оборудовании литейного цеха, в механизмах, осуществляющих основные технологические, транспортные и вспомогательные операции. Например, в формовочном автомате пневмопривод применяется для выполнения основных технологических операций: уплотнения формы встряхиванием и прессованием, дозирования и подачи смеси в опоку, вытяжки моделей, а также для транспортировки опок, полуформ, перемещения модельной оснастки, прессовых плит, дозаторов и поворота карусельных столов. Пневмопривод широко используется во вспомогательных механизмах: кантователях нижних полуформ, устройствах для установки и фиксации опок на модельных плитах, различных устройствах для удаления излишков смеси с полуформ и для нанесения разделительной жидкости на модельные плиты.

Несмотря на широкое применение пневмопривода в литейных машинах, он еще мало изучен и мало разработано специальных методов расчета и проектирования. Исключение составляет привод механизма встряхивания формовочных машин. Проектирование пневмопривода многих механизмов в основном носит эмпирический характер, что не всегда способствует полному использованию его возможностей.

Простота конструкции пневмопривода сыграла существенную роль на первых стадиях развития механизации и автоматизации литейных процессов. В настоящее время простые пневмоприводы уступают более совершенному гидроприводу.

Современная тенденция развития пневмопривода литейных машин это непрерывное совершенствование конструкции пнев-матических устройств, повышение качества их изготовления и надежности в работе, повышение скоростей пневмопривода, улучшение методов и средств управления ими, применение высокоэффективных тормозных устройств.

При проектировании пневмопривода литейной машины решают следующий комплекс задач:

Анализ рабочего процесса машины и требований к приводу.

Определение структуры привода и выбор его основных параметров.

Расчет времени срабатывания пневмопривода на отдельных этапах его работы.

Выбор метода и системы управления скоростным режимом.

Выбор методов и системы управления последовательностью включения пневмоприводов.

Выбор мероприятий по повышению надежности и улучшению условий обслуживания.

4.4 Выбор изоляторов

В распределительных устройствах шины крепятся на опорных, проходных и подвесных изоляторах. Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по номинальному напряжению, допустимой нагрузке и номинальному току.

Для подвески проводов используются изоляторы типа ПС-16Б, установленные в количестве 6 шт. на фазу.

4.5 Выбор конструкции ЗРУ-110 кВ

Ошиновка ЗРУ выполнена с применением железобетонных конструкций.

Под силовыми трансформаторами и выключателями укладывается слой гравия толщиной 25мм. И делается сток масла в маслоприемник в аварийных случаях.

Кабели оперативных цепей управления РЗА проложены в железобетонных лотках, ЗРУ ограждено сетчатой оградой.

4.6 Выбор оборудования на стороне 10 кВ

Со стороны напряжения 10 кВ питаются собственные нужды п/ст и промышленные потребители. Принимается секционированная система шин. Выключатели рассчитываются и выбираются по формулам (4.13-4.15) из следующих условий:

$$I_р=0.7\ \frac{26\cdot10^3}{\sqrt{3}\cdot11}=956А$$

$$I_{max}=2\cdot I_р\cdot2\cdot956=1912А$$

$$I_{п\tau}=6.41кА;\ I_{уд}=16.3кА$$

$$B_к=I_{п\tau}^2\cdot(t_{отс}+T_а),\ кА^2\cdot с \qquad (4.16)$$

$$B_к=6{,}41^2\cdot(0{,}08+0{,}02)=4{,}1кА\cdot с^2$$

Выбираю выключатели типа ЗАН-10 кВ фирмы Simens. Расчетные и каталожные данные приведены в таблице 3.5.

Таблица 4.5 - Расчетные и каталожные данные

Расчетные данные	Каталожные данные	Условия выбора
	ЗАН-10	
$U_{уст}$=10 кВ	$U_{ном}$=10кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
I_{max} = 1912А	$I_{ном}$=2500 А	$I_{max} \leq I_{ном}$
$I_{п\tau}$ =6,14 кА	$I_{отк}$ = 31.5 кА	$I_{п\tau} \leq I_{отк}$
$i_{уд}$= 16,3 кА	$I_{пр.с}$>80 кА	$I_{уд} \leq I_{пр.с}$
$B_к = 4{,}1кА^2 \cdot с$	$I^2_{тнит}$ 3669кА^2 ·с	$B_к \leq I^2_{тнит}$

4.7 Выбор трансформатора собственных нужд

Состав потребителей с. н. подстанции зависит от типа подстанции, мощности трансформаторов, наличия синхронных компенсаторов, типа электрооборудования. В данном дипломном проекте рассматривается упрощенная схема потребителей с. н. без синхронных компенсаторов, без постоянного дежурства. Это - электродвигатели обдува трансформаторов, обогрев приводов ОД и КЗ, шкафов КРУН, а также освещение подстанции.

Предельная мощность каждого трансформатора собственных нужд для подстанции 110 кВ должна быть не более 630 kB · A.

Мощность потребителей собственных нужд невелика, поэтому они присоединяются к сети 380/220 В, которая получает питание от понижающих трансформаторов.

Расчет мощности потребляемой собственными нуждами п/ст приведен в таблице 4.6

Таблица 4.6 – мощности потребляемые собственными нуждами п/ст

Электроприемник	Установленная мощность, кВт	Количество приёмников, шт	Суммарная мощность, кВт
Электродвигатели обдува трансформаторов	8	2	16
Устройство подогрева выключателя	1,75	1	1,75
Обогрев: Шкафов релейной аппаратуры	0,5	23	11,5

Приводов ОД и КЗ Шкафов КРУН	0,6 0,6	6 24	3,6 14
Отопление и освещение помещения приезжего персонала	5,5	1	5,5
Наружное освещение	4,5	1	4,5
Нагрузка, потребляемая оперативными цепями	1,8	1	1,8
Компрессорная установка	13	1	13
Итого			71,65

Расчетная нагрузка при $к_а$=0,8

$$S_{расч}\sqrt{R_{уст}^2+Q_{уст}^2}=, \text{ В·А} \quad (38)$$

$$S_{расч} = 0,8\sqrt{504,5^2 + 4,6^2} = 504,5 \text{ В·А}$$

Принимаю два трансформатора ТМ-630/10/0,4.

4.8 Выбор трансформатора тока в цепи силового трансформатора

Выбор проводится так же как и в 2.2.3: учитываются напряжение установки, проходящий ток, конструкция и класс точности, электродинамическая стойкость, ударный ток к. з., номинальный первичный ток трансформатора тока и термическая стойкость.

Таблица 4.7 - Расчет нагрузки в цепи трансформатора

Прибор	Тип	Нагрузка фазы, В • А		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,5	-	0,5
Ваттметр	Д-335	0,5	2·0.5	0,5
Сч.активный	И-680	2·0.5	-	0,5
Сч.реактивный	И-676	2,5	2·2.5	2,5
Ваттметр	Д-335	2·0.5	-	2·0.5
Итого		9,5	6	9,5

Общие сопротивления приборов

$$R_{приб}\frac{9,5}{2}=0,38 \text{ Ом}$$

Длина соединительного кабеля 10м.

$$q = 0.083 \cdot \frac{10}{0,38} = 0.9 мм^2$$

Принимаю кабель АКВРГ-2,5 мм^2. Принимаю трансформатор тока ТЛМ-10-2-УЗ. Расчетные и каталожные данные приведены в таблице 4.8

$$I_р = 0,7 \cdot \left(\frac{13,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 11} \right) = 715А$$

$$I_{max} = 2 \cdot I_р \cdot 715 = 1430А$$

В качестве соединительных проводов применяются многожильные контрольные кабели с бумажной, резиновой, полихлорвиниловой изоляцией в свинцовой, резиновой или специальной теплостойкой оболочке.

В пневмоприводах в качестве рабочего тела используется сжатый воздух, от параметров которого, его состояния и количества во многом зависит работа пневмопривода и его показатели.

Требования к сжатому воздуху. Воздух должен быть очищен от механических включений и содержать как можно меньше влаги, что имеет большое значение для повышения надежности и срока службы пневмопривода, а также для обеспечения устойчивой его работы.

До внедрения в литейных цехах автоматических машин и линий основными потребителями сжатого воздуха были формовочные встряхивающие и пескодувные машины. Простота их конструкции, жесткие уплотнения, большие сечения каналов и возможность работы при значительных износах подвижных соединений позволяли не предъявлять особых требований к поступающему воздуху. С внедрением автоматических устройств воздух плохого качества стал причиной частого выхода их из строя. Кроме того, конструкции встряхивающих формовочных машин значительно усложнились в результате непрерывного совершенствования их с целью повышения эффективности процесса уплотнения форм. Поэтому требования к качеству воздуха резко повысились.

Основной причиной выхода из строя пневматических устройств являются механические включения в сжатом воздухе. Попадающие в рабочие полости пневмодвигателей твердые частицы способствуют быстрому износу уплотнений подвижных соединений и поверхностей цилиндров и штоков, что вызывает утечку воздуха через уплотнения, а также нарушение силового и скоростного режимов работы механизма. Твердые включения, перемещающиеся вместе с воздухом через каналы аппаратов регулирования, распределения и управления, попадают в зазоры между подвижными элементами, заклинивают их и засоряют каналы малого сечения.

Воздух всегда содержит влагу. При сжатии температура воздуха повышается и относительная его влажность уменьшается, а при расширении – температура снижается и относительная влажность увеличивается, последнее приводит к выделению воды из воздуха. Появившаяся в пневмосистеме вода забивает каналы, смывает смазку в пневматических исполнительных устройствах, ускоряя их износ вследствие коррозии.

Для нормальной работы пневмоцилиндров и контрольно-регулирующей и распределительной аппаратуры имеет большое значение содержание в воздухе распыленной смазки, которая, оседая на трущихся поверхностях, уменьшает трение и предохраняет их от коррозии. Требование по содержанию смазки в сжатом воздухе не является общим для пневмопривода литейных машин. В ряде машин сжатый воздух непосредственно взаимодействует с приводимым в движение материалом, что требует его очистки от масла. Например, в пескодувных формовочных машинах, работающих на воздухе с повышенным содержанием масла, в результате многократного использования смесь может постепенно перенасытиться маслом и изменить свои свойства. Наличие масла в воздухе недопустимо в пневматических заливочных установках.

Для надежной и долговечной работы пневмоцилиндров, двигателей вращения, а также аппаратуры управления и распределения воздух не должен содержать кислот и щелочей. Концентрация капельной влаги должна не превышать 0,6 г, а механических включений с размерами менее 0,0005 м (50 мкм) – не более 20 мг в 1 м3 свободного воздуха при температуре окружающей среды от 278° К (5° С) до 323° К (50° С). Насыщение воздуха распыленным маслом должно составлять 2…4 капли на 1 м3.

Очистка воздуха от механических включений и влаги, а также насыщение его маслом осуществляются соответственно специальными фильтрами и распылителями.

Требование к источникам питания. Сжатый воздух должен поступать к пневматическим устройствам при определенном постоянном давлении, необходимом для обеспечения работы пневмопривода в заданных режимах.

Для питания пневмоприводов в литейных цехах используется воздух при избыточном давлении 6◌105 Н/м2 (6 кгс/м2). Применение такого сравнительно низкого давления объясняется рядом обстоятельств. Во-первых, для создания высоких давлений требуется более сложное компрессорное оборудование и, кроме того, воздух будет сильно нагреваться, что при использовании специальных методов охлаждения снижает экономический эффект использования этого привода. Во-вторых, при резком снижении давления в моменты выхлопа воздух охлаждается с выделением влаги. В-третьих, при повышенном давлении смесь воздуха с маслом становится взрывоопасной.

Различные типы пневмоприводов имеют оптимальные режимы при разных давлениях. Подключение к единой системе отличных по характеру работы потребителей приводит к неоправданным потерям. Например, для машин литья под низким давлением, заливочно-дозирующих установок и струйных аппаратов в большинстве случаев необходимо применять давление 2·105 Н/м2

(2 кгс/см2), для систем управления 4○105 Н/м2 (4 кгс/см2), для большинства силовых цилиндров 6·105 н/м2 (6 кгс/см2) и для формовочных и пескодувно-пескострельных машин (7,5÷8)·105 Н/м2 (7,5…8,0 кгс/см2). Поэтому многие предприятия имеют в цехах несколько самостоятельных сетей сжатого воздуха с различными давлениями. Использование нескольких самостоятельных сетей позволяет существенно уменьшить утечку его, снизить затраты электроэнергии на выработку сжатого воздуха и расходы на эксплуатацию. Понижение давления непосредственно в машине при помощи регуляторов всегда происходит с термодинамическими потерями. Поэтому регуляторы для понижения давления можно применять только в установках небольшой мощности.

Потребность крупных заводов в сжатом воздухе составляет от 20000 до 100000 м3/ч. В центральных компрессорных станциях используют мощные поршневые компрессоры и турбокомпрессоры. Однако при модернизации литейных цехов, несмотря на мощные компрессорные станции, отдельные автоматы с пневмоприводом не получают сжатый воздух в необходимом количестве. В большинстве случаев это происходит вследствие ограниченной пропускной способности старых трубопроводов, к которым подключают новую машину. Если машина требует большого расхода воздуха за короткий интервал времени, то можно использовать промежуточные емкости – ресиверы для накопления сжатого воздуха подобно тому, как это делают в пескодувных машинах.

В литейных машинах и линиях применяют пневмодвигатели различных конструкций. Многообразие конструктивных решений обусловлено выполняемыми функциями машин, конкретными условиями и требованиями. Дать характеристику каждому решению невозможно из-за большого их количества. Однако все пневмодвигатели можно разделить но принципам действия, особенностями конструкции, методам монтажа. Это позволит дать каждой группе характеристику и методы расчета, установить рациональную область применения. По характеру движения выходного звена пнемодвигатели подразделяют на пневмодвигатели с возвратно-поступательным движением (пневмоцилиндры и диафрагменные камеры) и вращательным движением (моментные цилиндры и пневмомоторы).

Пневмоцилиндры

Наибольшее распространение в приводах литейных машин нашли пневмоцилиндры, совершающие возвратно-поступательные движения с длиной хода до 3 м, а в некоторых машинах, например центробежных машинах, устанавливаются пневмоцилиндры с ходом до 6 м.

Пиевмоцилиндры по принципу действия можно разделить на односторонние и двусторонние. В односторонних цилиндрах сжатый воздух подается только в одну сторону от поршня.

Обратный ход поршень 1 осуществляет под действием пружины 2 (рис. 67, а) или веса поднятых частей, например прессового формовочного стола 2 (рис. 67, б).

В ряде случаев поршень возвращается в исходное положение вспомогательными цилиндрами или другими подвижными частями машин.

Односторонние цилиндры применяют в случаях, когда необходимо преодолеть нагрузку при движении в одну сторону, а возврат в исходное положение – без нагрузки, но при условии, что возврат в исходное положение осуществляется внешними силами, преимущественно, от веса поднятых частей. Наибольшее применение односторонние пневмоцилиндры получили в прессовых механизмах формовочных машин, в механизмах прижимных столов пескодувных машин, в подъемных механизмах автоматических формовочных линий. Возврат пружиной возможен только при небольших ходах. Поэтому односторонние цилиндры с пружинами применяются в механизмах фиксации, захвата, прижима и других механизмах с малыми перемещениями. Односторонние цилиндры, как правило, представляют собой оригинальную конструкцию. В ряде случаев корпус цилиндра является одновременно и станиной машины, например в формовочных и стержневых машинах.

В цилиндры двустороннего действия воздух подается поочередно в обе полости, и поршень перемещается в обоих направлениях под нагрузкой. Эти пневмоцилиндры наиболее распространены в приводах литейных машин, и особенно автоматических линий. Они приводят в движение рабочие органы, которые перемещаются в любых направлениях, когда требуется преодолевать сопротивление при прямом и обратном ходе. Пневмоцилиндры применяются в механизмах прессования формовочных машин при верхнем прессовании, в механизмах выдавливания форм выбивных установок, в кокильных, стержневых и других машинах. Пневмоцилиндры двустороннего действия в автоматических линиях выполняют большинство транспортных операций по перемещению опок, форм, модельных плит и другой оснастки.

При выборе типа пневмоцилиндра необходимо учитывать силовой режим механизма, который определяет затраты воздуха па выполнение операции. Это особенно наглядно видно на примере работы пневмотолкателя, который сталкивает залитые формы на выбивную решетку. Кривая 1 на рис. 68 показывает изменение давления в рабочей полости при перемещении формы на пути s.

В конце рабочего хода поршень останавливается. Хотя операция перемещения формы уже выполнена, но ввиду того, что в цилиндре при движении давление было ниже рм (давления в сети),воздух продолжает поступать в рабочую полость цилиндра, пока в ней давление не станет равным рм. Потери энергии при рабочем ходе будут пропорциональны площади a2 a3 b3 b2. Еще большие потери энергии будут при обратном ходе, когда поршень возвращается в исходное положение практически без нагрузки (кривая 2), потери при этом соответствуют площади a1 a3 b3 b1.

Полезные затраты в первом случае пропорциональны площади aa2 b2 b, во втором – площади aa1 b1 b. Потери энергии подобного рода специфичны для пневмопривода, и они являются одной из основных причин его низкого к. п. д. С целью уменьшения потерь энергии в случае, когда обратный ход со-

вершается при нагрузках во много раз меньших, чем рабочий, увеличивают диаметр штока. Это уменьшает объем штоковой полости. Если в цехе имеется сеть пониженного давления, то ее можно использовать для осуществления обратного хода. Последнее рационально использовать в длинноходовых цилиндрах большого диаметра.

Пневмоцилиндры являются двухпозиционными силовыми устройствами. Они могут останавливаться только в двух крайних положениях. Эти положения фиксируются упорами, которые ограничивают движение ведомого механизма. Поршень не должен упираться при работе в крышки цилиндра. Остановить поршень обычного пневмоцилиндра в заданном промежуточном положении практически невозможно из-за сжимаемости воздуха.

В пневмоприводах большинства автоматических литейных машин и особенно линий используют нормализованные цилиндры двустороннего действия. Иногда на автоматических формовочных линиях устанавливают до 50 цилиндров. Цилиндры оригинальной конструкции применяют, если по конструктивным соображениям невозможна установка нормализованных цилиндров.

Нормализованные пневмоцилиндры двустороннего действия отличаются способами соединения штока с ведомыми частями машины, а также способами крепления самого цилиндра.

Пневмоцилиндры выполняют с внешним или с внутренним резьбовым соединением на конце штока (рис. 69, а). Удлиненные стяжки позволяют монтировать на них дополнительные элементы и применять различные способы крепления цилиндров.

Цилиндры можно крепить непосредственно к корпусу машины (рис. 69, б) или с помощью специально установленных на стяжках угольников – лапок (рис. 69, в). Эти крепления цилиндра являются жесткими. При небольшом перекосе в движении штока или ведомого механизма возникает изгибающий момент в системе цилиндр – шток, что приводит к заклиниванию штока или быстрому износу уплотняющих элементов. Для разгрузки штока от изгибающих моментов применяют подвижные крепления цилиндров с помощью шарниров (рис. 69, г и д). В этом случае цилиндр во время работы может поворачиваться вокруг оси на некоторый угол, что особенно важно для механизмов, имеющих непрямолинейное движение. Подвижное крепление пневмоцилиндра позволяет упростить конструкцию механизма и повысить его надежность. Поэтому в литейных машинах эта форма крепления находит наибольшее распространение.

На практике иногда используют цилиндры с фасонными крышками, позволяющими монтировать их на лапках, фланцах и шарнирах. Установка цилиндров с фасонными крышками оправдывается только в случае массового производства машин, оснащенных такими цилиндрами, так как для изготовления крышек требуется специальная литейная оснастка.

Элементы пневмоцилиндров изготовляют из высококачественных материалов: гильзу 1 цилиндра (рис. 69, а) – из трубы (сталь 35 или 45); шток 2 –

из стали 45; переднюю 3 и заднюю 4 крышки, диски 5 поршня и кольцо 6 – из чугуна СЧ21-40 или СЧ 18-36. Гильзу и шток хромируют, чугунные детали фосфатируют. Направляющую втулку 8 выполняют из бронзы Бр.АЖ 9-4Л, стяжки 7 – из стали 40Х с последующим воронением, манжетное уплотнение 9 поршня – по ГОСТу 6969-54 или по ГОСТу 9833-61. Вместо кольца 6 на поршень в некоторых конструкциях делают наплавку из капрона.

Во время монтажа цилиндров необходимо тщательно соблюдать параллельность оси цилиндра направляющим движения рабочего органа. Если уплотнение быстро изнашивается, то следует найти и устранить причины, вызывающие его износ.

Уплотнения в пневмоцилиндрах. Уплотнения служат для предотвращения утечки воздуха из полостей с высокими давлениями в полости с низкими давлениями через зазоры в сопрягаемых деталях. В ппевмоцилиндрах уплотнение является важнейшим элементом, определяющим силовой режим работы, надежность и экономичность. От типа уплотнения и его состояния зависит сила трения, расход воздуха и работа без заклинивания. Для обеспечения нормальной работы на автоматических линиях изношенные уплотнения меняют через 2…4 месяца. Процесс замены уплотнений в пневмоцилиндрах трудоемок, поэтому при конструировании и изготовлении цилиндров необходимо обращать максимальное внимание на повышение их надежности.

По характеру работы уплотнения подразделяют на уплотнения неподвижных и подвижных соединений.

Уплотнения неподвижных соединений. В резьбовых соединениях используют для уплотнения краски и замазки. В качестве смазок применяют резину, синтетические смолы, асфальт. Разборные соединения уплотняют прокладками из деформируемого материала. Наиболее широко используют для уплотнения разборных соединений кольца (рис. 70) из маслостойкой резины (ГОСТ 9833 – 61). Герметизация достигается за счет деформации кольца при его установке.

Уплотнение подвижных соединений. Герметичность подвижных соединений пневмоцилиндров обеспечивается во многих случаях резиновыми уплотнениями. Иногда для уплотнения встряхивающих и прессовых цилиндров формовочных машин, особенно при больших диаметрах, применяют чугунные поршневые кольца.

В пневмоцилиндрах используют резиновые манжеты: уголковые (ГОСТ 6678 – 53), U-образные (ГОСТ 6969 – 54) и кольца круглого сечения (ГОСТ 9833 – 61).

Уголковые манжеты (рис. 71, а) уплотняют в результате прижима манжеты к поверхности цилиндра или штока давлением воздуха. Конструкция манжеты позволяет уплотнять только в одном направлении, поэтому для герметизации поршня цилиндра двустороннего действия необходимо ставить две таких манжеты. Эти манжеты требуют специального прижимного устройства, от правильной затяжки которого зависит герметичность и потери на трение при движении. Уголковые манжеты вследствие сложности и трудности регу-

лирования применяют редко, преимущественно, в машинах старой конструкции.

Наиболее широко распространены U-образные манжеты (рис. 71, б). Они обеспечивают хорошую герметичность, автоматически компенсируют износ, сравнительно нетребовательны к смазке и не вызывают больших потерь на трение. Под давлением воздуха кромки U-образной манжеты плотно прижимаются к сопрягаемым поверхностям. Конструкция манжеты проста, однако она уплотняет только в одном направлении и свободно пропускает сжатый воздух в противоположном, что требует установки двух манжет. Для уменьшения износа уплотнений поверхность цилиндра или штока обрабатывают по 7-8-му классу чистоты.

Кольца (рис. 71, с) уплотняют в обоих направлениях вследствие предварительного натяга между кольцом и контактирующими поверхностями, позволяют уменьшить осевые размеры поршня и упростить его конструкцию. Однако постоянный значительный натяг вызывает большие потери на трение и быстрый износ кольца.

По нормалям МН 2936-62 ÷МН 2952-62, стойкость U-образной манжеты составляет 400 000 двойных ходов поршня при длине хода, равной двум диаметрам цилиндра, а стойкость колец круглого сечения – соответственно 150 000 двойных ходов.

В литейных машинах на выдвинутые штоки оседает абразивная пыль и попадают частицы формовочной смеси, которые при его обратном ходе затягиваются под уплотнения. Для уменьшения износа уплотнений штока перед ними устанавливают грязесъемные кольца из маслостойкой резины или защищают шток только от попадания крупных частиц. Мелкие частицы при растяжении гофрированной трубки вследствие разрежения затягиваются внутрь и оседают на штоке.

Расчет пневмоцилиндров. При расчете определяют следующие параметры: диаметр цилиндра D, диаметр штока Dш, величину хода s, количество воздуха, потребляемого за один цикл работы, и время срабатывания.

При выполнении расчета должны быть учтены следующие величины: Рр – полезная нагрузка в Н (кгс); Рт – вес поднимаемых частей в Н (кгс); Ртр – сила трения в пневмоцилиндре в Н (кгс); рм – избыточное давление в сети в Н/м2 (кгс/см2).

Эффективную площадь поршня Рэ, на которую должен действовать сжатый воздух, определяют по формуле

$$F_э = \frac{P_p + P_{тр} \pm P_т}{p_м}.$$

Так как

$$P_{тр} = f_{тр} p_м F_э$$

где ftp – коэффициент, учитывающий потери на трение, ftp = 0,15…0,25 (меньшее значение берется для цилиндров больших размеров), то

$$F_э = \frac{P_р \pm P_Т}{(1 - f_{тр}) p_м}. \quad (63)$$

При упрощенных расчетах пневмоцилиндров, особенно транспортных устройств, эффективную площадь поршня определяют по формуле

$$F_э = \frac{P_р + P_Т}{p_м \eta} \quad (64)$$

где η – коэффициент, учитывающий трение, необходимый запас по нагрузке, условия быстрого преодоления инерционных сил (η = 0,6…0,7).

Диаметр цилиндра рассчитывают по следующим формулам: при подаче сжатого воздуха в нештоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{4F_э}{\pi}} \quad (65)$$

и при подаче сжатого воздуха в штоковую полость

$$D = \sqrt{\frac{4F_э - \pi D_ш^{\,2}}{\pi}}. \quad (66)$$

У нормализованных цилиндров отношение $\frac{D_ш}{D} = 0{,}2 \div 0{,}25$.

По полученным значениям диаметра выбирают нормализованный пневмоцилиндр. Если не окажется цилиндра с расчетным значением диаметра, то выбирают цилиндр с ближайшим большим диаметром. При проектировании цилиндра оригинальной конструкции необходимо выбирать диаметры цилиндра и штока в соответствии с нормалью МН 1250. – 60, которая устанавливает следующий ряд диаметров в м: 0,020; 0,025; 0,030; 0,040; 0,050; 0,060; 0,075; 0,100; 0,125; 0,150; 0,200; 0,250; 0,300; 0,400; 0,500; 0,600. Величину хода цилиндров находят по величине хода приводимого механизма, а диаметр пропускного сечения подводящих труб dв из отношения

$$\frac{d_в}{D} = 0{,}005 \div 0{,}01.$$

Объемный расход свободного воздуха определяют по формуле

$$W = \left(\frac{p_м + p_a}{p_a} \right) \cdot (V + V_в + V_0), \quad (67)$$

где V и Vв – соответственно объем нештоковой и штоковой полостей в м3;

V0 – объем вредного пространства обоих полостей, составляющий около 15% от (V+Vв), в м3;

ра – атмосферное давление в Н/м2.

Диафрагменные камеры

Диафрагменные камеры применяют в приводах машин, когда необходимо получить большое усилие при малом перемещении, например в приводах прижимных столов пескодувных и пескострельных машин. Диафрагмен-

ные камеры приводят в действие механизмы, выполняющие при автоматизации процесса операции прижима, фиксации, подвода упоров; они используются в кокильных машинах для удаления стержней и раскрытия кокиля, а также для уплотнения формовочной смеси.

Конструкция диафрагменной камеры показана на рис. 72. Сжатый воздух подается в отверстие крышки 1 и давит на диафрагму 2 из прорезиненной ткани. Усилие на диафрагме передается через шайбу штоку 3, который выдвигается, преодолевая сопротивление пружины 4 и полезной нагрузки. При снятии давления диафрагма возвращается в исходное положение под действием пружины.

Усилие на штоке диафрагменной камеры приближенно рассчитывают по формуле

$$P = \frac{\pi}{3} p_м \left(R^2 + Rr + r^2\right), \qquad (68)$$

где R – радиус защемления периметра диафрагмы;

r – радиус жесткой шайбы;

рм – давление воздуха в сети.

Отношение $\frac{r}{R}$ берут в пределах 0,6…0,8. Вследствие сжатия пружины и деформации диафрагмы по мере выдвижения штока усилие на штоке уменьшается на 15…20%, что необходимо учитывать при расчете.

Диафрагменные камеры просты по конструкции и в эксплуатации, не имеют утечек и более надежны, чем поршневые двигатели. Диафрагма выдерживает свыше 1 000000 включений. К недостатку диафрагменных камер следует отнести малую величину рабочего хода s = (0,4÷0,5)R.

Двигатели вращения

Пневмомоторы. Распространенным типом двигателей вращении являются лопастные пневмомоторы (рис. 73, а). Сжатый воздух, поступая через отверстие А в корпусе 1, действует на выступающую часть лопатки 2 и заставляет вращаться ротор 3. При вращении объем полости между двумя лопатками увеличивается за счет эксцентриситета между корпусом и ротором. При выходе полости из зоны действия отверстия А вращение происходит за счет расширения воздуха. Далее объем полости начинает уменьшаться, и при подходе к отверстию В воздух удаляется в атмосферу. Для выдвижения лопаток из ротора под лопатку через специальные отверстия подается сжатый воздух.

По мере увеличения скорости вращения n, момент М, развиваемый пневмомотором, снижается (рис. 73, б). Лопастные пневмомоторы не боятся перегрузок. При полной остановке ротора они развивают момент, равный пусковому моменту Мп.

Лопастные пневмомоторы быстро разгоняются и тормозятся.

Число оборотов их регулируют дросселем, а величину момента – изменением давления.

Пневмомоторы широко применяют в ручном инструменте для зачистки отливок, в приводах самоходных тележек, в механизмах высверливания литниковой системы при автоматической формовке.

Для привода эксцентриковых вибраторов используют пневматические турбины, скорость которых может достигать нескольких десятков тысяч оборотов в минуту.

Моментные пневмоцилиндры (рис. 74) осуществляют поворот рабочих органов машин в пределах 300°. Расположенный внутри цилиндра 1 вал 2 с лопастью 3 поворачивается при подаче воздуха в одну из полостей между лопастью и неподвижной перегородкой 4. В этот момент противоположная полость соединяется с атмосферой.

Без учета сил трения момент на валу рассчитывают по формуле

$$M = \frac{B\left(D^2 - d^2\right)}{8} p_м, \qquad (69)$$

где B – ширина лопсти;

D – диаметр цилиндра;

D – диаметр вала внутри цилиндра.

Моментные пневмоцилиндры применяют для поворота на 180° формовочных столов, кантователей в автоматических формовочных линиях. Трудность получения хорошего уплотнения лопасти ограничивает применение этого устройства.

Небольшие давления в пневмоприводах не позволяют создать на базе только пневмоцилиндров малогабаритные приводы для развития значительных рабочих усилий, так как эффективные площади поршней увеличиваются пропорционально усилиям. Кроме того, вследствие прямолинейного движения поршня пнемоцилиндры нельзя непосредственно использовать для привода механизмов, осуществляющих вращательное и другое сложное движение.

Усилители и преобразователи в пневмоприводах дают возможность при помощи различного рода промежуточных механизмов развивать значительные усилия и преобразовать прямолинейное движение в другие виды движения и, тем самым расширить область применения пневмопривода.

Усилители предназначены для повышения усилия Р, развиваемого пневмоцилиндром, до заданного Ру.

В литейных машинах в качестве усилителей применяют сдвоенные пневмодвигатели, клиновые, рычажные и гидравлические механизмы.

В приводах прессовых формовочных машин, машин литья под давлением используют сдвоенные цилиндры (рис. 75, а), расположенные на одной оси и имеющие один общий шток.

При подаче воздуха поршни поднимаются, развивая усилие на общем штоке

$$P_y = 1{,}8\left(P_1 + P_2\right),$$

где Р1 и Р2 – усилия, развиваемые цилиндрами 1 и 2.

В некоторых кокильных машинах штоки цилиндров разделены и цилиндры могут работать вместе или отдельно.

В приводах прижимных устройств пескодувных машин и в машинах литья под давлением устанавливают клиновые усилители (рис. 75, б). При подаче сжатого воздуха поршень 1 перемещает клин 2, передающий усилие на ползун 3. При обратном ходе поршня ползун возвращается в исходное положение под действием пружины 4.

Усилие на ползуне определяют по формуле

$$P_y = P\frac{1-tg\varphi_1 tg\varphi_2}{tg(\alpha-\varphi)+tg\varphi_1},$$

где Р – усилие, развиваемое пневмоцилиндром;

φ, φ 1, φ 2 – углы трения соответственно на поверхности и направляющей клина, а также на направляющей ползуна.

Рычажные усилители (Рис.75, в) успешно работают в машинах литья под давлением и в прессовых формовочных машинах. Усилия, развиваемые этими механизмами, находят по формуле

$$P_y = P\frac{\cos\beta\cos(\alpha-\beta)}{\sin\alpha\sin 2\beta}. \qquad (70)$$

Недостаток приведенного усилителя - жесткая зависимость величины усилия от хода поршня цилиндра, что особенно отрицательно сказывается в прессовых формовочных машинах при колебаниях свойств смеси. Для устранения этого недостатка используют более сложные рычажные системы, уменьшающие эту зависимость на конечной фазе прессования путем создания небольшой «технологической площадки». С помощью рычажных систем можно увеличить усилие в несколько десятков раз.

В гидравлических усилителях – мультипликаторах давление рабочего тела (и усилие) повышается вследствие разных активных площадей дифференциального поршня. Гидравлические усилители устанавливают в приводах прижимных столов пескодувных и пескострельных машин, прессовых формовочных и других литейных машинах.

На рис. 75, г приведен прижимной стол пескодувной машины с пневмоприводом и гидравлическим усилителем. При подаче сжатого воздуха через отверстие А в корпусе 1 жидкость вытесняется через обратный клапан 5 в полость поршня 2. При этом поршень 2 и стол 4 поднимаются до полного прижима стержневого ящика к неподвижной головке. Для создания в момент надува большого усилия прижима сжатый воздух подается через отверстие В. Поршень 3 начинает опускаться, а его шток входит в жидкость под поршнем 2. Поскольку на торцовую поверхность штока передается усилие Р, создаваемое сжатым воздухом на площади поршня 3, то давление, передаваемое на эту поверхность, возрастает в m раз, так как выходу жидкости из-под поршня 2 препятствует обратный клапан 5. Коэффициент усиления m, или, как его еще называют, коэффициент мультипликации, рассчитывают по формуле

$$m = \left(\frac{D_в}{d} \right)^2 , \qquad (71)$$

где Dв и d – соответственно диаметры поршня и штока пневмоцилиндра.

Прижимное усилие для этого случая

$$P_y = \frac{\pi D_г^{\,2} p_м m}{4} , \qquad (72)$$

где Dг – диаметр поршня 2 прижимного стола 4;

рм – давление в системе.

Для возвращения всех механизмов в исходное положение отверстия А и В соединяют с атмосферой. Под действием силы тяжести стол с поршнем 2 опускаются, вытесняя жидкость через специально открытый в этот момент клапан 5 в полость корпуса 1. Сжатый воздух, поступающий через отверстие С в штоковую полость цилиндра, возвращает поршень 3 в верхнее исходное положение.

Обычно гидравлические мультипликаторы повышают давление в 2…4 раза. Мультипликаторы могут быть встроенными внутрь цилиндров, расположенными отдельно и даже вынесенными за пределы машины.

Пневмомеханические преобразователи предназначены для преобразования прямолинейного движения штока во вращатель-ное, удлинения хода поршня и обеспечения промежуточных фиксированных положений пневмопривода.

Преобразователи прямолинейного движения но вращательное. Наиболее простым по конструкции является поворотный механизм, состоящий из качающегося цилиндра 1 и рычага 2 (рис. 76, а). При выдвижении штока рычаг 2 поворачивается на некоторый угол α. Конструкция кинематических пар позволяет при повороте передавать большие моменты, однако очень трудно осуществить поворот более чем на 90°.

Четырехзвенный рычажный механизм (рис. 76, б), допускающий поворот выходного звена без заклинивания на 180°, широко применяется в приводах поворотных столов формовочных машин и кантователях.

Поворот механизма на угол больше 180° обеспечивают устройства с рейкой и шестерней (рис. 76, в). При выдвижении штока с рейкой 1 шестерня 2 (или сектор) поворачивается вокруг неподвижной оси.

Удлинители хода пневмоцилиндров. Изготовление цилиндров с отношением длины хода к диаметру более 10 связано с определенными технологическими трудностями. Значительные по величине перемещения получают с помощью телескопических систем, состоящих из нескольких коротких вставленных друг в друга цилиндров (рис. 77, а).

При подаче сжатого воздуха в полость А наружного цилиндра 1 и в полость С цилиндра, расположенного внутри поршня 2, последний начинает движение одновременно с выдвигающимся из него поршнем 3. Полный ход

поршня 3 будет равен сумме ходов поршней 2 и 3. Устойчивость цилиндра с выдвинутым штоком при увеличении хода снижается.

Поэтому на практике применяют механические удлинителя хода. Удлинитель хода (рис. 77,б) с неподвижной 1 и подвижной 2 рейками и шестерней 3 на конце позволяет увеличить ход подвижной рейки в 2 раза. Удлинители подобного типа применяют на автоматических формовочных линиях для транспортировки полуформ, в печах отжига для перемещения контейнеров с отливками.

Цепной удлинитель хода, приведенный на рис. 77, в, также увеличивает ход в 2 раза. Цепь 3, на которой подвешен стол 4 подъемника, закреплена на корпусе цилиндра в точке 1. При подъеме штока с блоком 2 на высоту s цепь 3 перемещает стол 4 на высоту 2s.

На типовых автоматических линиях для транспортировки форм применяют пневмомеханические толкатели. Поршень обычного пневмотолкателя при подаче сжатого воздуха в рабочую полость быстро набирает скорость и практически с ударом начинает перемещение форм или полуформ, а в конце хода, дойдя до жесткого упора, мгновенно останавливается. Удар в начале и в конце хода вызывает разрушение формы. При движении поршня пневмомеханического толкателя (рис. 78, а) реечно-рычажная система обеспечивает практически прямолинейное движение точки А рычага 1 толкателя от начальной точки Н до конечной точки К. График скорости VA движения точки А (рис. 78, б) показывает, что толкатель плавно набирает скорость в начале хода и также плавно уменьшает скорость в конце. Этот скоростной режим является наиболее благоприятным для толкателей на автоматических формовочных линиях.

Существенными преимуществами данного толкателя являются полная герметизация штока пневмоцилиндра, что повышает долговечность механизма, а также удобство его расположения над перемещаемыми формами.

Часто механические промежуточные устройства преобразуют прямолинейное движение штока в сложное движение исполнительного органа. Например, с помощью простого промежуточного рычажного механизма 1 (рис. 79) и только одного пневмоцилиндра 2 осуществляются подъем и опрокидывание ковша 3 скипового подъемника. Механические преобразователи рычажного и копирного типов позволяют упростить кинематику пневмопривода, систему управления и повысить их надежность.

Для обеспечения промежуточных фиксированных положений пневмопривода используют многопозиционные пневмоцилиндры. Трехпозиционный пневмоцилиндр, приведенный на рис. 80, имеет

Таблица 4.8 - Расчетные и каталожные данные

Расчетные данные	Каталожные данные	Условия выбора
$U_{уст}$=10кВ	$I_{ном}$=10кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$
I_{max}=1430А	$I_{ном}$=2000А	$I_{max} \leq I_{ном}$
$B_к$=4,1кА^2 • с	I=61.5кА	$B_к \leq I$

По условию ПУЭ площадь сечения не должна быть меньше 4 мм для алюминиевых жил, следовательно, соединительный провод выбран правильно.

4.9 Надежность трансформаторов

4.9.1. Основные понятия и определения

Для единства терминологии, используемой в дальнейшем при изложении материала, условимся о формулировках некоторых понятий контроля и диагностики оборудования.

Уход и обслуживание - мероприятия по обеспечению нормальной работы оборудования.

Профилактика - комплекс предупредительных мероприятий, поддерживающих оборудование в рабочем состоянии.

Контроль состояния - проверка соответствия оборудования работоспособному состоянию и выявление дефектов.

Контроль режима - слежение за соответствием параметров режима работы оборудования заданным пределам.

Диагностика - определение вида и интенсивности дефектов, степени работоспособности оборудования (ресурса) по результатам контроля состояния и контроля режима.

Номинальный срок службы - срок службы оборудования, регламентированный нормативными документами.

На практике иногда используются термины *«оперативная диагностика»* - диагностика оборудования в рабочем состоянии и *«ремонтная диагностика»* - диагностика на отключенном от сети оборудовании.

Трансформаторное оборудование - силовые трансформаторы, автотрансформаторы и шунтирующие реакторы. Этот термин в дальнейшем применяется, когда требуется подчеркнуть, что имеются в виду именно все три вида оборудования. При рассмотрении общих вопросов для всех трех видов оборудования используется термин *«трансформаторы»*.

Силовой трансформатор является в энергосистеме одним из важнейших элементов, определяющих надежность электроснабжения. Его способность нести надлежащую нагрузку зависит от состояния отдельных узлов и отсутствия дефектов, которые могли бы перейти в повреждение трансформатора. Отказ крупного силового трансформатора в работе может привести к аварии в энергосистеме с широкомасштабными последствиями.

В настоящее время положение в мировой энергетике характеризуется некоторыми особенностями, объясняющими повышенное внимание к надёжности работы оборудования энергосистем, и в том числе силовых трансформаторов.

Развитие свободного рынка электроэнергии во многих странах мира (большинство энергокомпаний в мире к настоящему времени являются част-

ными) привело к усилению конкурентной борьбы между компаниями, производящими, передающими и распределяющими электроэнергию. Это в свою очередь привело к стремлению любыми средствами повысить рентабельность производства и снизить расходы на эксплуатацию парка оборудования. Для основного оборудования энергосистем прямым последствием этого явилось снижение капитальных вложений в обновление парка оборудования, стремление как можно дольше эксплуатировать уже работающее оборудование.

Другой особенностью настоящего момента, также вызываемой, главным образом, конкуренцией, являются повышенные требования к качеству электроснабжения потребителей, к надежности работы оборудования. Эти требования противоречат желанию продлить срок работы установленного оборудования и компромиссные решения являются весьма непростыми.

Особенностями эксплуатации трансформаторов в странах СНГ в последние годы являются относительно низкие нагрузки, наличие в сети зон с повышенными рабочими напряжениями (особенно в сетях 500 кВ), отказ от регулярных профилактических ремонтов, прекращение замены силикагеля в адсорбционных фильтрах, снижение квалификации исполнителей внеплановых ремонтных работ.

Одним из главных путей поддержания эксплуатационной надежности в таких условиях является организация эффективного контроля состояния работающего оборудования.

Контроль состояния силового трансформатора во время работы и при периодических обследованиях входит в состав профилактических мероприятий по поддержанию его работоспособности. Выявление возникающих в работе дефектов, их обнаружение ранней стадии развития, а также своевременное, до возникновения аварийной ситуации, принятие правильных решений по ликвидации дефектов обеспечивают высокий коэффициент готовности, сокращение времени простоя, снижение затрат на ремонты, продление срока службы оборудования.

По приведенным выше причинам в последние годы контролю и диагностике основного электрооборудования энергосистем, а также оценке работоспособности силовых трансформаторов уделяется особенно большое внимание.

В российских энергосистемах контроль состояния трансформаторов производится в соответствии с рекомендациями «Объема и норм испытаний электрооборудования» (6-е изд., с изм. и доп.), утвержденных Департаментом науки и техники РАО «ЕЭС России» [1]. Шестое издание включило в себя новые методы контроля и диагностики оборудования, требования к оборудованию приведены в соответствие с современной практикой его эксплуатации в энергосистемах.

Со стороны мировой энергетической общественности этой проблеме уделяется большое внимание. В последние годы проведен целый ряд международных совещаний, посвященных контролю и диагностике состояния

трансформаторов, в том числе: симпозиум СИГРЭ в Берлине в 1993 г., коллоквиум СИГРЭ в Сиднее в 1997 г., семинар в Бельхатуве в 1998 г.

Проблемам оценки состояния трансформаторов была посвящена большая часть докладов международной конференции «Трансформатор'99» в г. Колобжег (Польша) в 1999 г., почти половина докладов международного совещания в Запорожье в 2000 г.

Этой же тематике посвящено значительное число докладов сессий СИГРЭ по Исследовательским комитетам 12 и 15, представитель ИК-12 СИГРЭ В.В. Соколов отметил в своем докладе на совещании в Запорожье, что эта организация считает себя лидирующей и ответственной за технические, экономические, организационные аспекты эксплуатации и обслуживания оборудования в нынешних сложных условиях перехода энергетики к свободному рынку электроэнергии.

4.9.2. Особенности трансформатора

Главная особенность силовых трансформаторов - использование бумажно-масляной изоляции с охлаждением циркулирующим маслом в баке, защищенном от окружающего воздуха. Большие мощности трансформаторов и их классы напряжения определяют высокую степень использования активных материалов, способных выдерживать опасные тепловые воздействия и высокие напряженности электрического и магнитного полей, а также большие механические воздействия при КЗ в сети, от которых трансформатор, в отличие от генератора, не защищен пред включенным реактивным сопротивлением.

Отсюда при эксплуатации возникает необходимость учета неизбежного старения бумажной изоляции, жесткого контроля, ведущего к быстрому старению и нагреву изоляции, периодической под прессовки обмоток, тщательного изолирования масла от воздействия окружающего воздуха (защита от увлажнения). И все это - при недоступности активной части трансформатора.

По основным видам конструкции (форме сердечника) трансформаторы делятся на стержневые (охватываемые обмоткой) и броневые (охватывающие обмотку). Трансформаторы броневого типа широко применяются за рубежом.

По видам изоляции и хладагента основную часть занимают силовые трансформаторы с бумажно-масляной изоляцией и охлаждением с естественной или принудительной, направленной циркуляцией масла. Для размещения в пожароопасных зонах используются трансформаторы с полимерной (сухой) изоляцией и воздушным охлаждением, с элегазовой изоляцией и, в самое последнее время, с обмоткой кабельного типа, имеющей полиэтиленовую изоляцию. В данной книге вопросы контроля состояния таких трансформаторов не рассматриваются. Также не рассматривается подробно контроль состояния измерительных трансформаторов, он затрагивается только в гл. 8, посвященной контролю вводов, конструкция которых во многом подобна трансформаторам тока с бумажно-масляной изоляцией.

4.9.3. Надежность силовых трансформаторов

Требования к надежности силового трансформатора в большой мере зависят от степени его влияния на работу конкретной электростанции или электрической сети, энергосистемы в целом.

Особенно высокие требования предъявляются к трансформаторам большой мощности, входящим в состав блока «генератор-трансформатор». Работа блока зависит от работы блочного трансформатора и выход его из строя приводит к отключению блока, что может быть причиной развала энергосистемы. Для блоков АЭС невозможность выдавать мощность при работающем реакторе вообще является аварийной ситуацией. Не меньшая ответственность за работу сети в целом лежит на крупных автотрансформаторах межсистемных связей и узловых подстанций.

Контроль состояния таких трансформаторов выполняется наиболее полно, за рубежом наиболее совершенные системы контроля обслуживают именно повышающие трансформаторы большой мощности на электростанциях. Для таких трансформаторов целесообразно применять даже весьма сложные и дорогие контрольно-диагностические системы, например, автоматическую систему отбора проб масла, анализа содержащихся в них газов и постановки диагноза, стоимость которой составляет до 10 % стоимости всего трансформатора.

Трансформаторы меньшей мощности, как правило, легче резервируются, их выход из строя отражается на конкретных потребителях, но не на всей сети. Соответственно и системы контроля охватывают меньшее число выявляемых дефектов, основная оценка состояния производится при периодических обследованиях с отключением трансформатора.

По данным Генеральной инспекции по эксплуатации РАО «ЕЭС России», доля повреждений при технологических нарушениях в эксплуатации маслонаполненного оборудования в 1996 г. составила 4,8, в 1997 г. - 5,4, а в 1998 г. - 6,1 %, число повреждений с 1996 по 1999 гг. выросло на 14,3 % [3].

По данным НИЦ «ЗТЗ-Сервис», анализ отказов трансформаторов мощностью 80 МВ-А и выше и шунтирующих реакторов в 1998-1999 гг. показал, что удельное число отказов в этот период для блочных трансформаторов ТЭС и ГЭС составило 0,86 % в год, а аварий -0,22 % в год (данные по 2030 трансформаторам).

Цифры удельной повреждаемости силовых трансформаторов магистральных линий (1600 шт.) составили соответственно 1,5 и 0,25 %, региональных сетей (1460 шт.)- 1,5 и 0,48 % [4].

Близкие по значению результаты дает анализ надежности оборудования, проводимый ВНИИЭ. За 1992-1995 гг. удельная повреждаемость из-за отказа силовых трансформаторов классов напряжения 330-750 кВ составляла 2,2 % в год (аварийные выходы из строя составляли примерно половину случаев).

Силовые трансформаторы имеют меньшую повреждаемость, чем другие виды основного оборудования. Так, наиболее распространен-ные турбогенераторы типа ТВВ мощностью 160 - 800 МВт за 1992 - 1996 гг. имели удель-

ную повреждаемость из-за отказа 25-40 % на генератор в год, гидрогенераторы мощностью 60 МВт и выше -7,3 % на генератор в год, маслонаполненное оборудование - около 5 % в год на аппарат [2].

Та же закономерность свойственна зарубежным трансформаторам, например данные компании Siemens/KWU показывают, что доля простоев из-за повреждений генератора в 7—8 раз выше, чем из-за повреждений блочного трансформатора.

Суммарная мощность силовых трансформаторов в наших энергосистемах на всех уровнях напряжений за счет нескольких ступеней трансформации в 6-6,5 раза превышает установленную мощность генераторов. Так как повреждаемость трансформаторов непосредственно влияет на надежность энергосистемы в целом, понятно особое внимание к поддержанию их работоспособности. Этого требует и статистика повреждений: аварии по вине трансформаторов в электрических сетях вызывают 80-90 % недоотпуска электроэнергии, а на электростанциях - 10-20 %.

4.9.4. Основные опасные воздействия на трансформатор

Силовой трансформатор является ответственным элементом сети, на работу которого влияют как сильные внешние воздействия, так и анормальные режимы работы энергосистемы. Перечислим эти воздействия и их последствия.

Грозовые и коммутационные перенапряжения, вызывающие повреждения главной и витковой изоляции при недостаточных запасах их электрической прочности.

Повышения рабочего напряжения из-за некомпенсированной емкости ВЛ СВН и УВН, приводящие к перевозбуждению трансформаторов.

Длительное повышение напряжения становится в последнее время весьма актуальным.

Недостаточный объем средств компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения в сетях 500-750 кВ ЕЭС России в условиях спада производства электроэнергии в последние годы создает трудности с поддержанием допустимых уровней напряжения, особенно в режимах минимальных нагрузок. Подъем напряжения из-за недостаточной компенсации на В Л 500 кВ может достигать 550 кВ. Повышение напряжения ведет к длительному перевозбуждению магнитопровода.

Еще один неблагоприятный фактор в нынешних сетях 330-750 кВ - распространенная практика неиспользования устройств РПН (или использования его только для сезонных переключений). В таких случаях к возможному перевозбуждению от некомпенсированных линий может добавиться еще 3-5 % и оно станет еще более опасным.

Перевозбуждение магнитной системы вызывает повышенный нагрев как самого сердечника, так и конструкционных стальных деталей, что опасно для контактирующей с ними изоляции.

Токи КЗ, оказывающие ударные механические воздействия на обмотки. Серьезнейшим влиянием со стороны сети является воздействие на трансформатор токов КЗ, вызывающих деформацию обмоток при их динамической нестойкости. В настоящее время такие повреждения трансформаторов занимают заметное место. По расчетам примерно 1,7 % автотрансформаторов 220-500 кВ 1 раз в год может подвергаться опасным воздействиям тока КЗ, особо опасных для автотрансформаторов с пониженной электродинамической стойкостью. Такая группа «риска» оценивается в 25 % общего количества автотрансформаторов 330-750 кВ подстанций РАО «ЕЭС России» [6, 7].

Токи намагничивания при включении, вызывающие повреждения обмоток из-за электрических и механических переходных процессов. Включение трансформатора в сеть само по себе является причиной броска тока при намагничивании сердечника. Так, из-за броска тока при включении со стороны ВН трансформатора блока АЭС мощностью 1000 МВ-А на несколько секунд для генераторов создается режим форсировки возбуждения. Бросок тока включения зависит в первую очередь от остаточной индукции в сердечнике трансформатора, которая в свою очередь зависит от конструкции сердечника. Разрабатываются способы ликвидации и снижения бросков тока.

Сейсмические воздействия на трансформатор. Большое внимание в последнее время уделяется сейсмостойкости мощных трансформаторов, разработке методов испытания их на сейсмостойкость. Примером трансформатора с повышенной сейсмостойкостью может служить трансформатор для Рогунской ГЭС, спроектированный ПО «Запорожтрансформатор». Он рассчитан на сейсмичность до 9 баллов по 12-балльной шкале.

Воздействия геомагнитных токов на трансформатор. После нескольких серьезных аварий трансформаторов в сетях Северной Америки были исследованы воздействия геомагнитных бурь, вызывающих появление в длинных линиях токов порядка сотен ампер очень низкой частоты, которые действуют аналогично постоянному току. Это относится к протяженным ЛЭП, ориентированным в меридиональном направлении. Геомагнитные токи в первую очередь воздействуют на измерительные трансформаторы тока, что ведет к массовым ложным срабатываниям релейной защиты. Однако при анализе последствий таких аварий отмечались также и местные перегревы массивных деталей и бака силовых трансформаторов из-за перенасыщения сердечника при протекании больших постоянных токов по обмотке.

Проблемам воздействия геомагнитных токов на энергосистемы посвящено в последнее время значительное число публикаций, в том числе обзорных [8, 9].

Перегрузка трансформатора по току. Большое влияние на срок службы трансформатора из-за старения изоляции оказывает режим нагрузки. Максимально допустимую температуру наиболее нагретых точек определяют два ограничивающих фактора -старение целлюлозно-бумажной изоляции под воздействием продолжительного нагрева и возникновение газовых пузырьков на поверхности бумажной изоляции при быстром повышении температуры.

Например, по рекомендациям института электроэнергетики США EPRI кратковременно допускается температура 180 °С, выше которой возможно возникновение пузырьков газа; продолжительно допускается температура 140 °С, выше которой существует опасность быстрого старения бумажной изоляции. Большинство зарубежных специалистов считают возможным допускать температуру не выше 140 °С из общих соображений надежности трансформатора.

Влияние тепловых перегрузок для российских трансформаторов не критично для условий нашей страны с зимним максимумом нагрузки и сравнительно холодным климатом. При правильном выборе трансформаторов классический тепловой износ витковой изоляции на практике не проявляется. Кроме того, нагрузки наших трансформаторов за последние пять лет из-за резкого спада промышленного производства снизились в среднем с 60-70 % до 20-40 %. Сохранилось незначительное количество подстанций с нагрузками 60-70 %.

Имевшие место 30-35 лет назад многочисленные аварии из-за полного теплового износа витковой изоляции торцевых частей обмоток трансформаторов 110-500 кВ происходили при нагрузке ниже номинальной и были обусловлены грубым дефектом конструкции обмоток.

Опасные тепловые воздействия перегрузок, особенно в жаркое время года, могут стать причиной повреждений герметичных вводов ВН, нижняя часть которых находится в наиболее нагретых верхних слоях масла. Такие повреждения, характерные образованием внутри покрышки жёлтого налёта, наблюдались в последнее время довольно часто.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда

В данном дипломном проекте проектируется подстанция 110 кВ Кзыл-ординская.

В соответствии с заданием были выбраны два варианта развития данной сети. Выполненное технико-экономическое сравнение вариантов развития показало, что вариант строительства подстанции «Кзыл-ординская» питающейся по линиям 110 кВ, является наиболее целесообразным. Выбран трансформатор ТДН -25000/110/10 с номинальной мощностью 25 МВА.

Проблема защиты электрических установок от атмосферных перенапряжений весьма сложна и носит комплексный характер. Составными частями в нее входят вопросы защиты элементов электрической установки от поражения их прямыми ударами молнии и защиты изоляции от перекрытий и пробоев вследствие возникновения высоких импульсных напряжений на устройствах, защищающих элементы электрической установки от прямых ударов молнии.

Фактическую основу защиты элементов электрических установок от поражения прямыми ударами молнии составляет устройство молниеотводов, то есть хорошо заземленных проводников, располагаемых выше, чем защищаемые элементы электрической установки.

Оценивая вероятность поражения молнией какого-либо объекта подстанции на земной поверхности, исходим из ориентировочного условия, заключающегося в том, что удельная поражаемость молнией составляет 0,06 удара на 1 км^2 поражаемой площади, в течение каждого грозового часа [18]. Чтобы учесть возвышение объекта над поверхностью земли, его расчетную площадь следует увеличить на пятикратную высоту объекта во всех направлениях. Тогда общее число N ударов молнии в незащищенный объект с размерами L и B при высоте H (в метрах) в течение n грозовых часов в году определяется по формуле:

$$N = n \cdot 0.06 \, (L + 10H) \cdot (B + 10H) \cdot 10^{-6} \qquad (5.1)$$

В данном случае интенсивная грозовая деятельность в Кзылординской области равна от 40-60 часов в год [21].

$$N = 50 \cdot 0,06 (47 + 10 \cdot 15) \cdot (42 + 10 \cdot 15) \cdot 10^{-6} = 0,113$$

Подстанция могла бы оказаться поражённой 0,113 ударами в год или одним ударом в течение 9 лет. Когда эта подстанция защищена молниеотводом, обеспечивающим вероятность прорыва молнии, меньшую чем 10^{-3}, то поражения ее можно ожидать не чаще, чем раз в 9000 лет.

Корпуса электрических машин, трансформаторов, светильников, аппаратов и другие металлические нетоковедущие части могут оказаться под напряжением при замыкании их токоведущих частей на корпус. Если корпус не имеет контакта с землей, прикосновение к нему также опасно, как и прикосновение к фазе. Если же корпус заземлен, то он окажется под меньшим напряжением , неопасным для человека. Допустимые параметры напряжения прикосновения и тока, проходящего через тело человека – 36 В и 6А соответственно. Данная подстанция заземлена по контуру, заземлители расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Поля расстекания заземлителей накладываются, и любая точка поверхности грунта внутри контура имеет значительный потенциал. Вследствие этого разность потенциалов между точками снижена и коэффициент прикосновения α_1 намного меньше единицы.

В закрытых распредустройствах освещению подлежит коридор обслуживания, т.е. коридор вдоль камер или шкафов КРУ, предназначенный для обслуживания аппаратов и шин. Ширина коридоров обслуживания обеспечивает удобное обслуживание установки и перемещение оборудования. Для освещения ЗРУ принимаем люминесцентные лампы.

5.2 Защита от прямых ударов молнии на подстанции 110/10 кВ

В данном дипломном работе мы производим расчет молниезащиты проводится на подстанции 110/10 кВ.

Длина помещений L= 47 м, ширина B=42м, высота h=15м,

Порядок расчета:

Зона защиты стержневого молниеотвода имеет вид тела вращения, с радиусом окружности, рассчитываемый по формуле:

$$R_x = \frac{8{,}8\sqrt{h}(h - h_x)}{h + h_x} \qquad (5.2)$$

где h - высота стержневого молниеотвода – 35 м.

h_x – высота самого высокого объекта на подстанции – 10,5 м.

$$R_x = \frac{8{,}8\sqrt{30}(30 - 10.5)}{30 + 10.5} = 23.2 \text{ м}$$

Коэффициент защиты будет:

$$K_x = r_x / h_a \qquad (5.3)$$

где h_a – активная высота молниеотвода над рассматриваемым уровнем.

$$h_a = 30\text{-}10{,}5 = 19{,}5 \text{ м}$$
$$K_x = 23{,}2/19{,}5 = 1{,}18$$

а - расстояние между молниеотводами – 35,7 м.

Зона защиты двойного стержневого молниеотвода получается значительно больше суммы двух отдельных молниеотводов, так как всегда в момент разряда неблагоприятное расположение грозового облака по отношению к одному из молниеотводов оказывается бл агоприятным в отношении другого. Это приводит к тому, что за щитное действие существенно возрастает для двойного, а тем более многократного молниеотвода. Зона защиты двух стержневых молниеотводов одинаковой высоты с вероятностью прорыва мол нии на защищённый объект, меньшей 10^{-3}, показана на рисунке 5.1.

Наименьшую ширину внутренней области защищённой зоны между молниеотводами на уровне h_x определяем по кривым, приведенным на рисунке 5.1. Масштаб обеих координатных осей содержит множитель P, который для молниеотводов высотой h >30 м определяется по формуле:

$$P=\frac{5,5}{\sqrt{h}} \qquad (5.4)$$

$$P=5,5/5,47=1,005$$

b_x находим по кривым рисунка 1 в зависимости от высоты молниеотводов и отношения a/h_x. Для того, чтобы равновероятной была защищенность всей очерченной площади, необходимо выполнить условие для молниеотводов высотой h > 30 м:

$$b_x=1,05\cdot h_a=20,475 \text{ м} \qquad (5.5)$$

Для того, чтобы равновероятной была защищенность всей очерченной на рисунке площади должно выполняться следующее условие:

Для молниеотводов высотой h>30м:

$$D< 8\ \frac{5,5}{\sqrt{h}} h_a \qquad (5.6)$$

$$D=156,78 \text{ м}$$

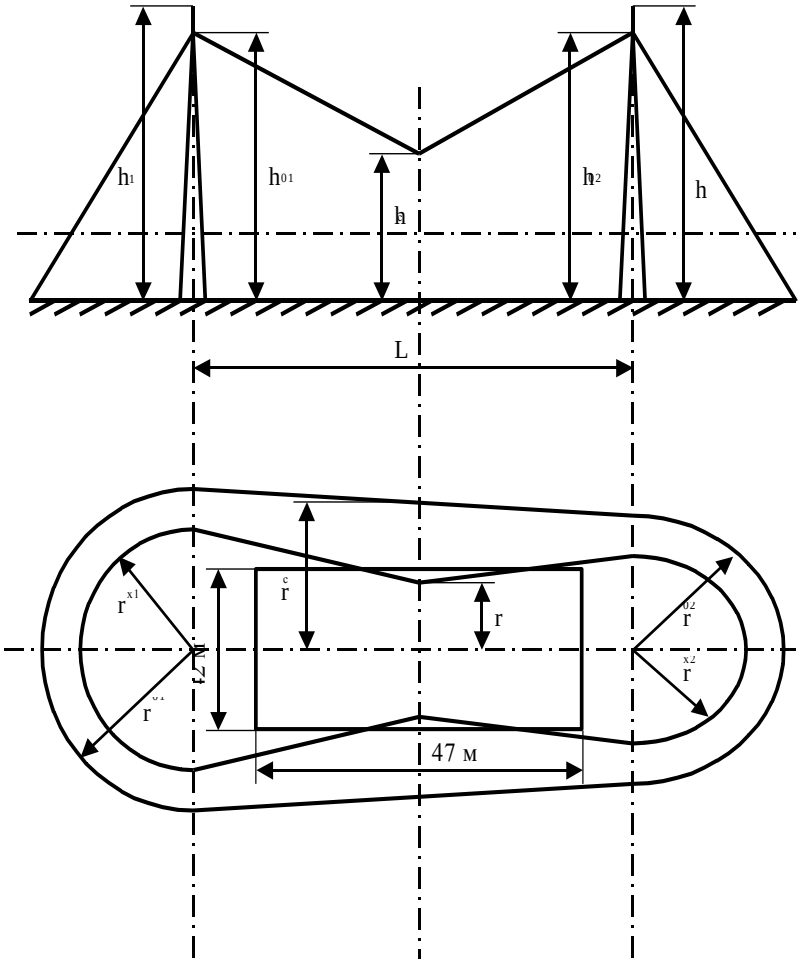


Рисунок 5.1 - Зона защиты двух стержневых молниеотводов.

5.3 Расчет искусственного освещения в ЗРУ 10 кВ

Помещение имеет следующие размеры: а=42 м, в=9 м, h=6,3 м, hp=1,5 м; hc=1,5 м. [17].

Для данного помещения принимаем разряд зрительной работы – IV г. Нормализующую освещенность принимаем Е=200лк [22]

Для производственных помещений при содержании в воздухе пыли, дыма, меньше 5 млг/м^3 значение коэффициента запаса, согласно справочным данным составляет 1,5.

Принимаем систему общего освещения люминесцентными лампами второй группы ЛБ, мощностью 65Вт, световой поток Фл=4550 лм.

Расположение светильников общего освещения в помещении определяет-ся h - высотой помещения, hp - высотой подвески над рабочей поверхностью, L - расстоянием между соседними светильниками, I – расстоянием от рядов светильников до стен.

Высота подвеса над рабочей поверхностью определяется:

$$h=H-(hc+hp) \qquad (5.7)$$

где hc – расстояние от светильников до перекрытия;

hp - высота рабочей поверхности над полом,

$$h=6,3 - (1,5+1,5)= 3,3 \text{ м}$$

Применяем 1 ряд светильников по центру прохода ЗРУ-10кВ, подвешенных на стальном тросе.

Рассчитаем освещение методом коэффициента использования.

Рассматриваемый метод заключается в определении коэффициента η, равного отношению светового потока падающего на расчетную поверхность, и полному потоку осветительного прибора.

В практике расчетов значение η находится из таблицы, связывающих гео-метрические параметры помещений (индекс помещений [i]) с их оптическими характеристиками (коэффициентами отражения потолка $\rho_{пот}$, стен $\rho_{ст}$, пола $\rho_{п}$).

Индекс помещения определяется как:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{42 \cdot 9}{3,3(42 + 9)} = 2,25 \qquad (5.8)$$

где A – длина помещения.

B – ширина помещения.

h-расчетная высота.

Ориентировочные значения коэффициентов отражения составляют: чистый бетонный потолок 50%, бетонная стена 30%, пол 10 %.

Коэффициент использования (из справочников) η = 0,57 = 57%. Для помещений с индексом i=2,25.

Необходимое количество светильников определяем по формуле.

$$N = \frac{E \cdot K_з \cdot S \cdot Z}{n \cdot Фл \cdot \eta}, \qquad (5.9)$$

где E – минимальная освещенность

$K_з$– коэффициент запаса

S - площадь освещения.

Z – коэффициент неравномерности освещения Z=1,1÷1,2;

n - количество ламп в светильнике.

Фл – световой поток лампы , лм;

η - коэффициент использования.

$$N = \frac{1,6 \cdot 200 \cdot 42 \cdot 9 \cdot 1,1}{4550 \cdot 0,57} = 37 \text{шт}$$

Принимаем 37 ламп.
Длина одного светильника L=1514 мм.
Длина ряда светильников

$$\ell_{СВ} = \ell \cdot n = 1{,}514 \cdot 37 = 56м$$

Суммарная длина светильников меньше длины помещения, поэтому принимаем ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами по 1,32 м.

6 Технико-экономическое обоснование строительства п/ст 110/10 «Кзылординская»

6.1 Общие исходные условия

В данном разделе будет дана оценка экономической эффективности строительства подстанции «Кзыл-ординская» 110кВ.

Основные задачи данного раздела:

- выбор наиболее эффективных организационных, технических и экономических решений для ввода в действие п/ст;
- оформление результатов технико-экономических расчетов, обосновывающих целесообразность и возможности реализации инвестиционного проекта.

6.2 Вопросы организации проектирование элементов сетей и требования к трудовым ресурсам

Проектирование подстанции и линий электропередач, так же, как и строительство любого другого промышленного объекта состоит из множества работ: изыскательских, проектных, общестроительных, монтажных, наладочных. Реконструкция 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, а для реконструкции линий электропередач проходящих по лесным массивам должны быть прорублены просеки. При определении ширины просеки должны учитываться условия эксплуатации ВЛ и лесного хозяйства с точки зрения опасности падения деревьев на ВЛ и возможности быстрой ликвидации повреждений (породы, леса, характер грунтов, доступность трассы и пр.) и выполнения земляных работ. Затем производится рытьё котлована, доставка и установка фундаментов, доставка и установка опор по секциям, монтаж провода и оптоволоконного кабеля. Только после этого объект может быть введён в эксплуатацию.

Реконструкция подстанции и линий электропередач требует координации усилий специалистов самого разного профиля. Для контроля 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 орга-

низация, отвечающая за качество приобретаемого оборудования и материалов и их доставку.

6.3 Финансово-экономическая оценка проекта

При финансово-экономической оценке проекта 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:

$$ЕК=Ко+Кс+Км+Кпр, \quad (6.1)$$

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 понижающей подстанции 110/10кВ по укрупненным данным составят около 514632,24 тыс. тенге.

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

-РУ всех напряжений;

-трансформатор;

-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 трансформатора 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.

6.4 Определение капитальных вложений в строительство подстанции

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

-РУ всех напряжений;

-трансформаторы;

-постоянная часть затрат.

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования:

$$К_{П/СТ} = (\sum К_i \, n_i + К_{пост}) б_р, \qquad (6.2)$$

где Ki - расчетные стоимости распределительных устройств, трансформаторов, а также дополнительные капиталовложения линейных ячеек, оборудованных высокочастотной связью;

n_i - соответственно число единиц перечисленного оборудования;

$К_{пост}$ - постоянная часть затрат по подстанции, мало зависящая от мощности подстанции;

$б_р$ - коэффициент, учитывающий район сооружения.

1) ПС «Кзылординская».

$$К_{П/СТ}=((47982+17593+84769+9596+206376+40415+49874)\cdot 1+49874)=$$
$$=506479 \text{ тыс. тенге}$$

2) Стоимость Комплектного трансформаторной подстанции КТП ТВ 1000 с масляным трансформатором 10/0,4кВ Завод изготовитель ООО «Урал Монтаж» - 4076,62 тыс. тенге

Так как мы имеем двух потребителей это: зона отдыха, санаторий, нам необходимо две КТП.

4076621,6х2=8153,24 тыс. тенге

Итого: 514632,24 тыс. тенге

6.5 Определение капитальных вложений в строительство прилегающих сетей

Стоимость сооружения ЛЭП определяется основными ее параметрами: напряжением, типом опор, маркой проводов и конструкцией фазы, районом строительства, характеристикой трассы и климатическими условиями и рассчитывается по выражению:

$$К_{ЛЭП}=k_{уд}Lб_{нв}\ б_{р}+ДК_{р.пр.}+ДК_{д.гр.}+n_{р.б.}\cdot К_{р.б.}+К_{св} \qquad (6.3)$$

где $k_{уд}$ - удельные показатели стоимости 1 км линии, соответствующие уровню напряжения и количеству цепей, а также учитывающий определённые условия прохождения трассы (по равнине, лес - не более 10% от длины трассы, доставка грузов до трассы - не более 20 км и развозка оборудования по трассе - не более 10 км);

L - длина линии;

$б_{нв}$ - поправочный коэффициент, учитывающий скоростной напор ветра;

$б_{р}$ - коэффициент, учитывающий район прохождения трассы;

$ДК_{р.пр}$ - затраты, учитывающие рубку просеки в лесу, если лес составляет более 10% длины трассы;

$ДК_{д.гр}$ - затраты, учитывающие доставку грузов к линии, если условия доставки отличаются от вышеуказанных;

$n_{р.б.}$ - количество ремонтных баз вдоль линии;

$К_{р.б}$ - затраты на создание и оснащение одной ремонтной базы;

$К_{св}$ - затраты на создание линий связи вдоль ЛЭП.

В расчете затраты на создание и оснащение ремонтных баз, а также на создание линий связи принимаются в размере 10%.

$$КЭС=КП/СТ+КЛЭП. \qquad (6.4)$$

Всего: 1082122,84 тыс. тенге (в том числе стоимость строительства ПС «Кзылординская»).

6.6 Расчет экономической эффективности вложенных средств и срока окупаемости

Подстанция «Кзыл-ординская» в год будет передавать около 34,56 млн. кВт·ч электроэнергии. Объем передаваемой энергии определяется из расчёта мощности устанавливаемого понижающего трансформатора мощностью 25МВА, коэффициента загрузки данной подстанции, который принимаем рав-

ным 0,7 и планируемого количества часов использования максимума загрузки для данной подстанции, которое составляет 4500 часов.

Для расчета срока окупаемости возводимой подстанции рассмотрим два способа получения прибыли:

а) оказание услуг по передаче электроэнергии (транзит через подстанцию и ЛЭП);

б) получение лицензии на покупку электроэнергии с целью ее перепродажи через торговые системы энергорынка (гарантирующий поставщик - ТОО «ПС «Кзыл-ординская»»).

6.7 Оказание услуг по передаче электроэнергии

Для определения получаемой прибыли с данного вида деятельности необходимо рассчитать тариф подстанции на транзит электроэнергии.

Для ПС основная составляющая издержек - амортизация, которую примем равной 40%. Найдя амортизацию, найдём и остальные издержки, равные 60%, к которым относятся:

- канцелярские расходы;

- типографские расходы (эта статья складывается из закупки бланков различной отчётности и повседневного пользования (журналов, карточек, ведомостей, актов, инструкций, правил, заявок));

- налоговые платежи;

- командировочные расходы (командировочные расходы для административного и производственного персонала);

- расходные материалы для вычислительной и оргтехники (сюда включается закупка картриджей, барабанов, тонеров, запчастей);

энергия на хозяйственные нужды (обогрев помещений, монтёрских пунктов, освещение всех зданий, помещений предприятия, ремонтных баз);

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);

- расходы на оплату труда (складываются из оплаты труда производственного и административного персонала);

данном виде ремонта согласно графику);

- услуги банка (комиссионные за проведение зарплаты, командировочных, операций с расчётными счетами и т.д. в размере установленного процента с сумм оборота);

- 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 твёрдо-бытовыми 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 и комплектах, необходимых по требованиям охраны труда);

- 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:

$$\sum Zam = Ho \cdot \sum K = 514632{,}24 \cdot 0{,}03 = 15438{,}97 \text{ тыс. тенге;}$$

Тогда полные затраты составят:

$$\sum Z = 15438{,}97 \cdot 100/40 = 38597{,}43 \text{ тыс. тенге.}$$

Тогда себестоимость единицы оказания услуг по передаче электроэнергии составит:

$$S = \sum Z / W\text{год} = 38597{,}43/34560 = 1{,}12 \text{ тенге/ кВт·ч}$$

Итоговый тариф за транзит электроэнергии через подстанцию с учетом доходности 10% вычисляется по формуле:

$$Ц_{пс} = (S_{пс} + 0{,}lS_{пс}) = 1{,}1 \cdot S_{пс} = 1{,}1 \cdot 1{,}12 = 1{,}23 \text{ тенге/кВт·ч.}$$

Определим годовую прибыль за транзит через подстанцию за вычетом корпоративного налога, который составляет 20%:

$$\sum П_{тр} = W_{год} \cdot 0{,}1S_{пс} \cdot 0{,}8 = 34560 \cdot 0{,}123 \cdot 0{,}8 = 3400{,}7 \text{ тыс. тенге;}$$

С данной годовой прибылью срок окупаемости вложенных инвестиций составит более 300 лет, что является экономически нецелесообразным. Поэтому переходим к рассмотрению второго вида деятельности по получению прибыли.

6.8 Получение лицензии на покупку электроэнергии с целью ее перепродажи через торговые системы энергорынка

По данным на май 2016 года тариф на электроэнергию составляет 12,34 тенге за кВт · ч. Рассмотрим механизм ценообразования на подстанции и его составляющие:

- покупка электроэнергии (4,95 тенге кВт · ч);
- тариф KEGOC (0,94 тенге кВт · ч);
- тариф РЭК (3,2 тенге кВт · ч);
- покупка электроэнергии
- собственный тариф подстанции (1,23 тенге кВт · ч).

Тогда исходная себестоимость электроэнергии на подстанции составит 9,09 тенге кВт · ч. При продаже потребителям электроэнергии по цене 11 тенге кВт · ч, ТОО получает прибыль в размере 1,91 тенге кВт · ч.

За вычетом подоходного налога (20%) годовая чистая прибыль от данного вида деятельности составит:

$$\sum П_{кп} = W_{год} \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}8 = 34560 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}91 = 79211{,}52 \text{ тыс. тенге;}$$

Суммарная прибыль предприятия от обоих видов деятельности составит:

$$\sum П = \sum П_{кп} + \sum П_{тр} = 3400{,}7 + 79211{,}52 = 82612{,}22 \text{ тыс. тенге.}$$

Определим срок окупаемости инвестиций от перечисленных видов деятельности.

6.9 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:

ТокТС=n, при котором

$$\sum (CFt/(1+r)^t) > I_0 \qquad (6.5)$$

где, ТокТС - срок окупаемости инвестиций в текущих стоимостях;
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.

Произведём расчёт.

Размер инвестиций: 1082122,84 тыс. тенге.

Доходы от инвестиций:

в первом году тыс. тенге – 82612,22 тыс. тенге;
во втором году(+5%) – 86742,83 тыс. тенге;
в третьем году(+7%) – 92814,83 тыс. тенге;
в четвертом году (+9%) – 101168,16 тыс. тенге;
в пятом году(+11%) – 112296,66 тыс. тенге;
в шестом году(+11%) – 124649,3 тыс. тенге;
в седьмом году(+11%) – 138360,72 тыс. тенге;
в восьмом году(+12%) – 154964,0 тыс. тенге;
в девятом году(+12%) – 173559,68 тыс. тенге;
в десятом году(+12%) – 194386,84 тыс. тенге;
Размер барьерной ставки, 10%

Пересчитаем денежные потоки в вид текущих стоимостей:

$$PV1 = 82612,22 / (1 + 0,1) = 75102,02 \text{ тыс, тенге;}$$

$$PV2 = 86742,83 / (1 + 0,1)^2 = 78857,12 \text{тыс, тенге;}$$

$$PV3 = 92814,83 / (1 + 0,1)^3 = 84377,12 \text{ тыс, тенге;}$$

$$PV4 = 101168,16 / (1+ 0,1)^4 = 91971,06 \text{ тыс, тенге;}$$

$$PV5 = 112296,66 / (1 + 0,1)^5 = 102087,87 \text{ тыс, тенге;}$$

$$PV6 = 124649,3 / (1+0,1)^6 = 113317,55 \text{ тыс, тенге;}$$

$$PV7 = 138360,72 / (1 + 0,1)^7 = 125782,47 \text{ тыс, тенге,}$$

$$PV8 = 154964,0 / (1 + 0,1)^8 = 140876,36 \text{ тыс, тенге,}$$

$$PV9 = 173559,68 / (1 + 0,1)^9 = 157781,53 \text{ тыс, тенге,}$$

$$PV10 = 194386,84 / (1 + 0,1)^{10} = 176715,31 \text{ тыс, тенге,}$$

Определим период по истечении которого инвестиция окупается.

$$PV_J = 75102,02+78857,12+84377,12+91971,06+102087,87+113317,55+$$
$$+125782,47+140876,36+157781,53+176715,31 = 1146868,41 \text{ тыс. тенге,}$$

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 десятого года.

Остаток = (1 - (1146868,41- 1082122,84)/ 176715,31) = 0,6 года.

Период окупаемости в текущих стоимостях равен почти 10 годам (точнее 9,6 года).

Расчеты по данному разделу сведем в таблицу

Таблица 6.1 - Период окупаемости в текущих стоимостях

Общая сумма капитальных вложений, тыс. тенге	1082122,84
Годовая прибыль за транзит через подстанцию за вычетом подоходного налога, тыс. тенге	3400,7
Срок окупаемости при получении прибыли за транзит через подстанцию, лет	318
Годовая прибыль за вычетом подоходного налога при перепродаже через торговые системы энергорынка, тыс. тенге	79211,52

Заключение

В данном дипломном проекте была рассмотрена реконструкция подстанции «Кзыл-ординская» Кзыл-ординского энергоузла.

Она рассматривалось на базе вариантов реконструкции существующей подстанции.

Вариант 1 Мостик с выключателями в перемычке и отделителями в цепях трансформатора;

Вариант 2 Мостик с перемычкой из разъединителей на линиях и отделителями в цепях трансформатора.

В результате расчётов приходим к выводу, что второй предложенный вариант является более, предпочтительным, так как при удорожании его в результате реконструкции, надежность увеличивается не намного, что и было показано в технико-экономическом сравнении вариантов.

В дипломном проекте произведён расчет предложенных вариантов сетей в максимальных и минимальных режимах для выявления узлов с характеристиками, не удовлетворяющими нормальным условиям.

Также произведён аварийный расчет выбранного варианта для выявления падений напряжения и выяснения надежности электроснабжения потребителей электроэнергией. За аварийный был взят случай обрыва одной из линий, участвовавшей в перетоках мощностей.

Произведен расчёт токов короткого замыкания.

По заданию точка короткого замыкания находится на шинах 110 кВ. Для подстанции было выбрано основное оборудование; выключатели, разъединители.

Расчёт произведен как для стороны высшего напряжения 110 кВ, так и для стороны низшего напряжения 10 кВ.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности человека» произведен анализ условий труда и расчёт освещения и молниезащиты.

В экономической части произведён расчёт экономического эффекта от реконструкции подстанции и внедрения нового оборудования.

Список литературы

1. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей ВУЗов: Учеб. пособие для студентов электроэнергетических специальностей ВУЗов, 2-е изд., перераб. и доп – М.: Высшая школа, 1990.- 383 с.

2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М: Энергоатомиздат, 1989.

3. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок: Справ.- М: Энергосервис, 2000.- 373 с.

4. Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. – М: ОРГРЭС, 2000.

5. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций.: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд. , перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608с.

6. Правила устройств электроустановок. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.- 600 с.

7. Правила организации работы с персоналом на предприятиях и учреждениях энергетического производства. – М: ОРГРЭС, 1994.

8. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Электроснабжение.- М.: Энергоатомиздат, под общ. ред. А.А. Федорова, 1986.- 568 с.

9. Тиходеев Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений. - 2-е изд. С-Петербург: ПэиПК Минтопэнерго РФ, 1999.

10. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем: Учеб. для вузов. – М.: Энергия, 1976. – 560 с.

11. Червяков Д.М., Лысова О.А., Панфилов Г.А. Дипломное Проектирование: Учебное пособие.-Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 93 с.

12. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты.- С-Петербург.: Петербургский Энергетический Институт, 2002. – 64 с.

13. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отдние, 1985. – 296 с.