

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Реконструкция электроснабжения энергоцеха ПАО «Магnezит»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.001.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доцент
_____ Ю. Е. Калугин
_____ 26 июня 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ В. Ю. Александров
_____ 26 июня 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Александров, В.Ю. - Реконструкция электроснабжения и электрооборудования насосной станции.

Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2020, 72 с., 6 ил., библиографический список – 28 наименования, 6 листов чертежей ф.А1.

Целью данного дипломного проекта является выполнение реконструкции электроснабжения и электрооборудования насосной станции.

Основные вопросы, которые рассматриваются в процессе дипломного проектирования:

- определение электрических нагрузок;
- определение количества, мощности и типа трансформаторов;
- выбор схемы электроснабжения;
- баланс активных и реактивных мощностей в системе электроснабжения, расчет мощности компенсирующих устройств;
- определение центра электрических нагрузок;
- расчет нагрузки от осветительных установок;
- выбор защитной аппаратуры и устройств релейной защиты;
- расчет заземляющих устройств;
- технико-экономический расчет.

Основными задачами проектирования являются:

- разработка новой подстанции для питания здания насосной станции;
- экономия электрической энергии;
- изменение схемы электроснабжения с целью повышения надёжности;
- повышение качества электрической энергии.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Александров В.Ю.			Реконструкция электроснабжения и электрооборудования насосной станции	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Калугин. Ю.Е.					6	72
<i>Реценз.</i>						ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ТТС» гр.ДО-503		
<i>Н. Контр.</i>		Микерина О.С.						
<i>Утверд.</i>		Виноградов К.М.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 НЕОБХОДИМОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	4
1.1 Характеристика технологического процесса и электроприемников насосной станции.....	4
1.2. Причины, вызвавшие реконструкцию.	5
2 РЕШЕНИЕ ПОДОБНЫХ ЗАДАЧ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ	6
3 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	7
3.1 Выявление электроприемников, разделение их на характерные группы, определение расчетных нагрузок от силовых электроприемников	7
3.2 Расчет нагрузки от осветительных установок.....	11
3.3 Определение центра электрических нагрузок.....	15
3.4 Картограмма электрических нагрузок.....	17
3.5 Выбор места расположения трансформаторной подстанции.....	19
3.6 Выбор числа, мощности и типа трансформаторной подстанции.....	19
3.7 Выбор схемы электроснабжения.....	23
3.8 Выбор сечения проводников	25
3.9 Выбор защитной и коммутационной аппаратуры.....	31
3.10 Выбор устройств релейной защиты линии 6 кВ	39
3.11 Электрооборудование станции	44
3.12 Описание насоса и взаимодействие его с другим оборудованием.....	44
4 ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ	49
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	53
5.1 Общие вопросы БЖД обслуживающего персонала.....	53
5.2 Молниезащита здания насосной станции.....	58
5.3 Расчет контура заземления помещения КТП здания насосной станции	61
5.4 Экологическая безопасность	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	66

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Назначение насосной станции – подача воды из регулирующих резервуаров в кольцевые сети производственно-противопожарного водоснабжения завода.

Так как в плане предприятия стоит задача модернизация всего комплекса водоотдачи, водопотребления и экологического сброса, то одной из частых задач является реконструкция электроснабжения и электрооборудования насосной станции.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- определение изменившихся электрических нагрузок;
- разработка схем электроснабжения;
- выбор электрооборудования;
- составление мер по безопасному обслуживанию электрооборудования, экологических вопросов связанных с перекачкой загрязненной воды.

Объектом работы является система электроснабжения насосной станции.

Предметом работы – обоснование и выбор элементов электроснабжения и электрооборудования станции очистки вод.

Практическая значимость выпускной квалификационной работы состоит в разработке элементов электроснабжения и электрооборудования насосной станции, как компонента комплекса водоотдачи, водопотребления и сброса сточных вод, обеспечивающих экологию и безопасность биологической среды обитания.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 НЕОБХОДИМОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

1.1 Характеристика технологического процесса и электроприемников насосной станции

Насосная станция оборудована следующими внутренними системами водоснабжения:

- хозяйственно-питьевого водопровода;
- горячего водопровода;
- производственно-противопожарного водопровода.

Система хозяйственно-питьевого водоснабжения предусмотрена для обеспечения хозяйственно-бытовых нужд производства, в том числе нужд горячего водоснабжения, для обеспечения внутреннего пожаротушения машинного зала. Проектируемые внутривозрастные сети хозяйственно-питьевого водоснабжения предусмотрены для обеспечения водоснабжения здания 940.

Реконструируемая насосная станция обеспечивает производственно-противопожарное водоснабжение завода. В связи с реконструкцией насосной станции предусмотрен новый магистральный коллектор объединенного производственно-противопожарного водопровода. По магистральному коллектору вода подается в существующие кольцевые сети производственно-противопожарного водоснабжения завода. В месте подключения к существующей сети предусмотрен колодец с отключающей арматурой. Для передачи воды насосная станция оборудована насосными агрегатами и задвижками. Насосы типа 1Д800-56 поддерживают заданное давления в сети (постоянно работают 3 насоса, включение четвертого насоса происходит при падении давления в сети ниже 30,0 м). При не включении рабочего насоса включается резервный. Насосы оборудованы электродвигателями с частотным регулированием. Частотное регулирование двигателей позволяет плавно изменять частоту вращения электродвигателя насоса, в зависимости от изменения расхода воды в системе, обеспечивая заданную точность поддержания давления. Циркуляционные насосы предназначены для обеспечения принудительного движения воды по замкнутому контуру (циркуляции), а также рециркуляции. Вакуумный насос служит для удаления газов или паров до определённого уровня давления. Задвижки насосной станции работают в кратковременном режиме и имеют местное и дистанционное управление со щита дежурных энергетиков.

Для обеспечения нужд горячего водоснабжения предусмотрена установка проточного электрического водонагревателя.

Также в здании насосной станции запроектирован индивидуальный тепловой пункт (ИТП). Данный пункт предназначен для снижения температуры теплоносителя в подающих трубопроводах отопления с применением погодного регулирования.

Приточная система служит для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха взамен удаленного. Приточный воздух в необходимых случаях подвер-

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

гается специальной обработке (очистке, нагреванию, увлажнению и т.д.) с помощью соответствующего дополнительного оборудования. Вытяжная вентиляция служит для удаления из помещения отработанного воздуха.

В здании насосной станции предусмотрены простейшие электронагреватели, используемые в качестве основного или дополнительного отопления, а также для локального обогрева.

Номинальная мощность электроприемников находится в диапазоне от 0,1 до 200 кВт.

От однофазной сети переменного тока напряжением 220 В получают питание насосы ИТП, канальные вентиляторы, сплит-системы, водонагреватель и некоторые электронагреватели. Остальные электроприемники получают питание от сети трехфазного переменного тока основной промышленной частоты 50 Гц. Напряжение сети 380 В. В качестве приводов приемников используются асинхронные двигатели.

Все электроприемники насосной станции, кроме задвижек и нагревателя за-слонки, имеют продолжительный режим работы. По степени обеспечения надежности электроснабжения основные электроприёмники насосной станции (электродвигатели насосов, задвижек, а также приточных и вытяжных вентиляторов) относятся к потребителям I категории по надежности электроснабжения. Насосы, которые являются наиболее мощными электроприёмниками, сосредоточены в помещении монтажного зала. Остальные приемники распределены по площади здания и относятся к потребителям II категории.

1.2. Причины, вызвавшие реконструкцию.

Внешнее и внутреннее электроснабжение насосной станции морально устарело. Уже давно прошли сроки эксплуатации трансформаторов, автоматических выключателей, реле и прочего оборудования насосной станции. Начались частые аварии, как на кабельных трассах, так и на самих насосах. Электротехнический персонал попросту не успевал производить аварийные ремонты, хотя насосная станция является очень важным звеном в жизни завода.

Актуальность решаемой задачи очень велика, поскольку введение новых конструктивных решений позволит увеличить степень надежности электроснабжения, сократить потери электроэнергии в элементах сети и улучшить качество электрической энергии.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2 РЕШЕНИЕ ПОДОБНЫХ ЗАДАЧ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

Компания «Концессии водоснабжения» завершила работы по технологическому обновлению водонасосной станции «Биодэн». Она входит в состав центральных водоочистных сооружений. Насосная станция постоянно обеспечивает технической водой потребителей, в основном, — промышленную зону.

Насосная станция «Биодэн» была построена еще в начале прошлого века. На протяжении 20-го столетия происходила лишь ее частичная реконструкция. Действующее на ней оборудование с годами безнадежно устарело как физически, так и морально. В связи с этим процесс подъема воды от года к году становился более энергозатратным и низкоэффективным. Для сохранения надежности работы станции требовалось фундаментальное обновление.

В рамках инвестиционной программы «Концессии водоснабжения» провели комплексную модернизацию оборудования ВНС «Биодэн». Специалисты компании установили пять новых насосов, оснастили объект современной вентиляцией и системой кондиционирования, а также поменяли запорную арматуру. Теперь всю работу станции будет контролировать автоматическая система управления оборудованием. Это позволит существенно снизить влияние человеческого фактора, повысить надежность функционирования объекта и снизить риск гидроударов. Все процессы, протекающие на станции, становятся доступными для управления и контроля из Центральной диспетчерской «Концессии водоснабжения».

Кроме того, теперь насосная станция оборудована обновленной системой электроснабжения: заменены электрические кабели, двигатели и распределительные устройства, все отечественного производства.

В результате изучения зарубежной литературы пришел к выводу, что реконструкция производится аналогично.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

3 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выявление электроприемников, разделение их на характерные группы, определение расчетных нагрузок от силовых электроприемников

Чтобы выполнить расчет нагрузки, предварительно все электроприемники разделяются на группы. К одной характерной группе относятся ЭП, имеющие одинаковое технологическое назначение, а также одинаковые k_n и $\cos\varphi$ [4]. В таблице 1 представлены характерные группы трехфазных электроприемников насосной станции.

Таблица 1 – Характерные группы трехфазных электроприемников

№ группы	№ ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{ном1}$, кВт	$P_{ном2}$, кВт	k_n	$\frac{\cos\varphi}{\tan\varphi}$
1	44	Станок вертикально-сверлильный	1	0,55	0,55	0,14	$\frac{0,5}{1,173}$
	45	Станок точильно-шлифовальный	1	2,2	2,2		
	Итого по группе 1:					2,75	0,14
2	46	Вентилятор	1	2,2	2,2	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$
	48,49	Вентилятор	1(1)	5,5	5,5		
	56,57	Вентилятор крышной	2	1,1	2,2		
	Итого по группе 2:					9,9	0,7
3	64,65,66	Электронагреватель (эколайн)	3	3	9	0,6	$\frac{1}{0}$
	67, 68	Электронагреватель (эколайн)	2	2	4		
	Итого по группе 3:					13	0,6
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Насос типа 1Д800-56	4 (3)	200	800	0,85	$\frac{0,86}{0,593}$
	Итого по группе 4:					800	0,85
5	8, 9	Насос вакуумный	2	2,2	4,4	0,85	$\frac{0,7}{1,02}$
	Итого по группе 5:					4,4	0,85

Окончание таблицы 1

№ группы	№ ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{ном1},$ кВт	$P_{ном2},$ кВт	$k_{и}$	$\frac{\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}$
6	51	Насос циркуляционный	1	0,1	0,1	0,65	$\frac{0,7}{1,02}$
	Итого по группе 6:				0,1	0,65	$\frac{0,7}{1,02}$
7	58	Пост сварочный для подключения сварочного трансформатора	1	24 кВА	24 кВА	0,3	$\frac{0,5}{1,173}$
	Итого по группе 7:				24 кВА	0,3	$\frac{0,5}{1,173}$

Примечание: в скобках указаны приемники, которые являются резервными.
В таблице 2 представлены характерные группы однофазных электроприемников насосной станции.

Таблица 2 – Характерные однофазных электроприемников

№ группы	№ ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{ном1},$ кВт	$P_{ном2},$ кВт	$k_{и}$	$\frac{\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}$
2	47	Вентилятор (сплит система)	1	0,74	0,74	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$
	54	Вентилятор канальный	1	0,18	0,18		
	55	Вентилятор канальный	1	0,108	0,108		
	59, 60, 61, 62	Вентилятор (сплит система)	4	2,6	10,4		
	63	Вентилятор (сплит система)	1	1,63	1,63		
	Итого по группе 2:				13,058	0,7	$\frac{0,8}{0,75}$

Окончание таблицы 2

№ группы	№ ЭП	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{ном1},$ кВт	$P_{ном2},$ кВт	$k_{и}$	$\frac{\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}$
3	52	Нагреватель канальный	1	2,4	2,4	0,6	$\frac{1}{0}$
	69	Водонагреватель	1	1,25	1,25		
	Итого по группе 3:					3,65	0,6
8	53	Насосы ИТП	1	1,2	1,2	1	$\frac{0,7}{1,02}$
	Итого по группе 8:					1,2	1

При определении расчетных нагрузок ЭП, работающие в кратковременном режиме, не учитываются в расчете. Также в расчете электрических нагрузок не учитываются резервные электроприемники.

Группа однофазных ЭП учитывается эквивалентной трехфазной мощностью, величина которой зависит от степени неравномерности распределения однофазных электроприемников по фазам трехфазной сети [4].

Распределение мощности однофазных электроприемников по фазам трехфазной сети представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение мощности однофазных электроприемников

U_A			U_B			U_C		
№ п/п	Кол-во	$P_{ном},$ кВт	№ п/п	Кол-во	$P_{ном},$ кВт	№ п/п	Кол-во	$P_{ном},$ кВт
59	1	2,6	61	1	2,6	53	3	0,4
60	1	2,6	62	1	2,6	52	1	2,4
69	1	1,25	47	1	0,74	63	1	1,63
						54	1	0,18
						55	1	0,108

Общие номинальные активные нагрузки фаз:

- на фазное напряжение U_A : $P_A = 2,6 + 2,6 + 1,25 = 6,45$ кВт;

- на фазное напряжение U_B : $P_B = 2,6 + 2,6 + 0,74 = 5,94$ кВт;

- на фазное напряжение U_C : $P_C = 0,4 \cdot 3 + 2,4 + 1,63 + 0,18 + 0,108 = 5,518$ кВт.

Максимально загруженной фазой является фаза А ($P_{max}=6,45$ кВт), а минимально загруженной – фаза С ($P_{min}=5,518$ кВт).

Степень неравномерности распределения однофазных ЭП по отношению к общей мощности трехфазных (P_{III}) определяется:

$$\Delta = \frac{P_{MAX} - P_{MIN}}{P_{MIN} + \frac{P_{III}}{3}} \cdot 100. \quad (1)$$

Номинальная активная мощность трехфазных ЭП:

$$P_{III} = \sum_{I=1}^N P_{НОМ I}, \quad (2)$$

где $P_{НОМ i}$ – но i -ой группы ЭП.

$$P_{III} = 2,75 + 9,9 + 13 + 800 + 4,4 + 0,1 + 24 \cdot 0,5 = 842,15 \text{ кВт}$$

$$\Delta = \frac{6,45 - 5,518}{5,518 + \frac{842,15}{3}} \cdot 100 = 0,33 \%$$

Однофазные ЭП распределены по фазам с неравномерностью не выше 15%, поэтому они могут быть представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью, т.е.

$$P_{НОМ од.} = \sum_{I=1}^N P_{НОМ од. I} \cdot N, \quad (3)$$

где $P_{НОМ од. i}$ – номинальная мощность однофазного i -ого ЭП.

$$P_{НОМ од.} = 6,45 + 5,94 + 5,518 = 17,908 \text{ кВт}$$

Групповая номинальная мощность по зданию будет равна:

$$P_{НОМ} = P_{III} + P_{НОМ од.} = 842,15 + 17,908 = 860,058 \text{ кВт}$$

Групповая средняя мощность по зданию равна:

$$P_C = \sum_{I=1}^N P_{НОМ I} \cdot K_{И} = \quad (4)$$

$$= 2,75 \cdot 0,14 + 22,958 \cdot 0,7 + 16,65 \cdot 0,6 + 800 \cdot 0,85 +$$

$$+ 4,4 \cdot 0,85 + 1,2 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,65 + 24 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 715,05 \text{ кВт}$$

Групповой коэффициент использования:

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$$K_{И} = \frac{P_C}{P_{НОМ}} = \frac{715,05}{860,058} = 0,831 \quad (5)$$

Эффективное число ЭП:

$$N_{Э} = \frac{2 \cdot P_{НОМ}}{P_{НОМ \text{ МАХ}}} = \frac{2 \cdot 860,058}{200} = 8,6. \quad (6)$$

Данное число ЭП округляется в меньшую сторону т.е. $n_{Э} = 8$. По данным $K_{И}$ и $n_{Э}$ определяется коэффициент расчетной нагрузки: $K_p = 0,91$.

Коэффициент реактивной мощности:

$$\begin{aligned} \text{TG}\Phi &= \frac{\sum_{I=1}^N P_{НОМ I} \cdot K_{И} \cdot \text{TG}\Phi_I}{\sum_{I=1}^N P_{НОМ I} \cdot K_{И}} \quad (7) \\ &= \frac{2,75 \cdot 0,14 \cdot 1,173 + 22,958 \cdot 0,7 \cdot 0,75}{715,05} + \\ &+ \frac{16,65 \cdot 0,6 \cdot 0 + 800 \cdot 0,85 \cdot 0,593 + 4,4 \cdot 0,85 \cdot 1,02 + 1,2 \cdot 1 \cdot 1,02}{715,05} + \\ &+ \frac{0,1 \cdot 0,65 \cdot 1,02 + 24 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 1,173}{715,05} = 0,594. \end{aligned}$$

Расчетная мощность от силовых ЭП определяется:

$$P_p = P_C \cdot K_p = 715,05 \cdot 0,91 = 650,7 \text{ кВт} \quad (8)$$

$$Q_p = P_C \cdot K_p \cdot \text{TG}\Phi = 715,05 \cdot 0,91 \cdot 0,594 = 386,51 \text{ кВАР} \quad (9)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{650,7^2 + 386,51^2} = 756,84 \text{ кВА} \quad (10)$$

3.2 Расчет нагрузки от осветительных установок

Помимо расчетной мощности от силовых ЭП, необходимо определить расчетную нагрузку от осветительных установок:

$$P_{РОС} = K_C \cdot K_{ПРА} \cdot P_{УД} \cdot F, \quad (11)$$

$$Q_{РОС} = P_{РОС} \cdot \text{TG}\Phi_{ОС}, \quad (12)$$

где K_C – коэффициент спроса осветительных установок, выбирается в соответствии с [6];

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$k_{пра}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре;

$\rho_{уд}$ – удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м², выбирается в соответствии с [7], в зависимости от индекса i и нормируемой освещенности E_n помещения;

$\text{tg } \varphi_{ос}$ – коэффициент реактивной мощности осветительных установок;

F – площадь помещения, м².

Нормируемая освещенность принята в соответствии с требованиями [7], в зависимости от назначения помещений и разряда зрительных работ.

Индекс помещения i определяется по формуле:

$$I = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (13)$$

где A – ширина помещения, м.;

B – длина помещения, м.;

H_p – высота подвеса светильника над расчетной рабочей поверхностью.

Величина H_p определяется выражением:

$$H_p = H - h_{св} - h_p, \quad (14)$$

где H – высота здания

$h_{св}$ – высота свеса светильника

h_p – высота рабочей поверхности, которая составляет 0,8 м.

Так как высота зданий составляет 5,6 м., что меньше 6 м., поэтому для освещения помещений устанавливаются светильники с люминесцентными лампами типа ЛСП44 и компактными лампами КЛЛ типа Spectr. Данные светильники обладают встроенной ЭПРА, т.е. $\cos \varphi_{ос} = 0,96$, следовательно $\text{tg } \varphi_{ос} = 0,29$ [8].

В таблице 4 представлены данные расчета осветительной нагрузки помещений насосной станции.

Таблица 4 – Данные расчета осветительной нагрузки

№ и наименование помещения	A, м.	B, м.	$h_{св}$, м	H_p , м	i	E_n , лк	$\rho_{уд}$, Вт/м ²
001 Слад трансформаторов	8,2	5,5	0,08	4,72	0,697	150	8

Окончание таблицы 4

№ и наименование помещения	А, м.	В, м.	h _{св} , м	H _р , м	i	E _н , лк	ρ _{уд} , Вт/м ²
002 Помещение ИТП	2,85	4,2	0,4	4,72	0,360	150	10
003 Венткамера	6,05	3,31	0,4	4,72	0,453	150	10
004 Монтажный зал	8,5	30,88	0,4	4,4	1,515	400	12,3
005 Помещение 0,4кВ	8,5	4,84	0,08	4,4	0,701	200	11
006 Мастерская	2,9	4,19	0,4	4,4	0,389	400	17
007 Помещение щитов ЭЛ	3,56	3,02	0,08	4,4	0,371	200	14
008 Коридор	1,28	4,05	0,08	4,72	0,206	75	9
009 Гардероб верхней одежды	2,18	2,24	0,08	4,72	0,235	200	15
010 Санузел	2,18	1,76	0,4	4,4	0,221	75	9
011 Тамбур	1,13	2,41	0,08	4,72	0,163	50	10

В таблице 5 представлены данные расчета осветительной нагрузки помещений насосной станции.

Таблица 5 – Данные расчета осветительной нагрузки

№ и наименование помещения	k _с	k _{гра}	F, м ²	ρ _{уд} , Вт/м ²	tg φ _{ос}	P _{рос} , кВт	Q _{рос} , кВар
001 Слад трансформаторов	0,6	1,16	45,10	8	0,29	0,251	0,073
002 Помещение ИТП	0,6		11,98	10		0,083	0,024
003 Венткамера	0,85		20,00	10		0,197	0,057

Окончание таблицы 5

№ и наименование помещения	k_c	$k_{пра}$	$F, м^2$	$\rho_{уд}, ВТ/м^2$	$tg \varphi_{ос}$	$P_{рос}, кВт$	$Q_{рос}, кВар$		
004 Монтажный зал	0,95	1,16	262,50	12,3	0,29	3,558	1,032		
005 Помещение 0,4кВ	0,85		41,12	11		0,446	0,129		
007 Помещение щитов ЭЛ	0,85		10,75	14		0,148	0,043		
008 Коридор	0,6		5,18	9		0,032	0,009		
009 Гардероб верхней одежды	0,6		4,90	15		0,051	0,015		
010 Санузел	0,6		3,83	9		0,024	0,007		
011 Тамбур	0,6		2,72	10		0,019	0,005		
Сумма:						5,014	1,454		

Таким образом, расчетная активная, реактивная и полная мощность, необходимая для выбора числа и мощности трансформаторов подстанции, будет равна:

$$P_{рт} = P_p + \sum_{i=1}^{11} P_{росi} = 650,7 + 5,014 = 655,714 \text{ кВт}$$

$$Q_{рт} = Q_p + \sum_{i=1}^{11} Q_{росi} = 386,51 + 1,454 = 387,964 \text{ кВар}$$

$$S_{рт} = \sqrt{P_{рт}^2 + Q_{рт}^2} = \sqrt{655,714^2 + 387,964^2} = 761,9 \text{ кВА}$$

3.3 Определение центра электрических нагрузок

Центр электрических нагрузок (ЦЭН) цеха является символическим центром цехового потребления электроэнергии цехом. Такое определение ЦЭН позволяет трактовать его как некоторую постоянную точку на генеральном плане цеха.

В настоящее время существует ряд математических методов, позволяющих аналитическим путем определить центр электрических нагрузок (ЦЭН) как отдельных цехов, так и всего промышленного предприятия. Среди них можно выделить три основных метода.

Первый метод, использующий некоторые положения из курса теоретической механики, позволяет определить ЦЭН цеха (предприятия) с большей или меньшей точностью (приближенно) в зависимости от конкретных требований. Так, если считать нагрузки цеха равномерно распределенными по площади цеха, то центр нагрузок цеха можно принять совпадающим с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане. Если учитывать действительное распределение нагрузок в цехе, то центр нагрузок уже не будет совпадать с центром тяжести фигуры цеха в плане, и нахождение центра нагрузок сведется к определению центра тяжести масс.

Проводя аналогию между массами и электрическими нагрузками цеха, координаты их центра можно определить в соответствии со следующими формулами:

Координаты центра расчетных нагрузок (x_0, y_0) можно определить по следующим выражениям:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{НОМ}i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{НОМ}i}}, \quad (15)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{НОМ}i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{НОМ}i}}, \quad (16)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – порядковый номер ЭП;

$P_{\text{НОМ}i}$ – номинальная активная мощность i -го ЭП;

x_i, y_i – координаты i -го ЭП.

Размещение цеховой подстанции вблизи центра ее нагрузки сокращает протяженность, а следовательно и потери в сетях электроснабжения предприятия.

Координаты приемников насосной станции и их расчетные и номинальные мощности приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Координаты приемников и их расчетные и номинальные мощности

№ ЭП	$x_i, \text{ м}$	$y_i, \text{ м}$	$P_{\text{НОМ}i}, \text{ кВт}$	$P_{\text{НОМ}i} \cdot x_i$	$P_{\text{НОМ}i} \cdot y_i$
1	11,44	4,41	200	2288,00	882,00

Продолжение таблицы 6

№ ЭП	X_i , м	Y_i , м	$P_{НОМ_i}$, кВт	$P_{НОМ_i} \cdot X_i$	$P_{НОМ_i} \cdot Y_i$
2	14,91	4,41	200	2982,00	882,00
3	18,34	4,41	200	3668,00	882,00
8	36,28	7,78	2,2	79,82	17,12
9	36,28	7,15	2,2	79,82	15,73
44	0,77	6,1	0,55	0,42	3,36
45	2,37	6,1	2,2	5,21	13,42
46	3,37	6,1	2,2	7,41	13,42
47	0,37	0,2	0,74	0,27	0,15
48	6,31	8,23	5,5	34,71	45,27
51	6,31	7,55	0,1	0,63	0,76
52	4,47	3,25	2,4	10,73	7,80
53	1,16	6,41	0,4	0,46	2,56
54	1,16	6,41	0,4	0,46	2,56
55	1,16	6,41	0,4	0,46	2,56
56	2,05	2,74	0,18	0,37	0,49
57	1,91	4,33	0,108	0,21	0,47
58	36,27	6,57	1,1	39,90	7,23
59	36,27	3,18	1,1	39,90	3,50
60	41,53	1,83	12	498,36	21,96
61	27,3	8,79	2,6	70,98	22,85
62	16,25	0,87	2,6	42,25	2,26
63	28,16	0,87	2,6	73,22	2,26
64	44,47	8,79	2,6	115,62	22,85

Окончание таблицы 6

№ ЭП	x_i , м	y_i , м	$P_{НОМі}$, кВт	$P_{НОМі} \cdot x_i$	$P_{НОМі} \cdot y_i$
65	45,7	0,87	1,63	74,49	1,42
66	44,33	7,78	3	132,99	23,34
67	44,33	5,05	3	132,99	15,15
68	44,33	2,21	3	132,99	6,63
69	1,49	1,78	2	2,98	3,56
70	0,86	1,78	2	1,72	3,56
71	6,8	1,9	1,25	8,50	2,38
Сумма			660,058	10525,87	2910,61

В результате расчета получаются следующие координаты ЦЭН по активной мощности:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{НОМі} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{НОМі}} = \frac{10525,87}{660,058} = 15,95 \text{ м.}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{НОМі} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{НОМі}} = \frac{2910,61}{660,058} = 4,41 \text{ м.}$$

3.4 Картограмма электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещенную на плане насосной станции площадь, ограниченную кругом, который в выбранном масштабе соответствует расчетной нагрузке. Центр круга совмещается с ЦЭН.

При расчетной активной мощности $P_{РТ}$ площадь круга, ей соответствующая, равна:

$$P_{РТ} = \Pi \cdot R^2 \cdot m, \quad (17)$$

где r – радиус круга;

m – масштаб для определения площади круга.

Численное значение масштаба принимается равным $m = 1,23 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Тогда радиус круга будет равен:

$$r = \sqrt{\frac{P_{\text{рт}}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{655,714}{3,14 \cdot 1,23}} = 13,03 \text{ м.}$$

Угол кругового сегмента, площадь которого будет соответствовать расчетной мощности освещения, находится из соотношения:

$$A_{\text{осв}} = 360 \cdot \frac{P_{\text{осв}}}{P_{\text{рт}}} = 360 \cdot \frac{5,014}{655,714} = 2,75^\circ \quad (18)$$

Картограмма нагрузок приведена на рисунке 1.

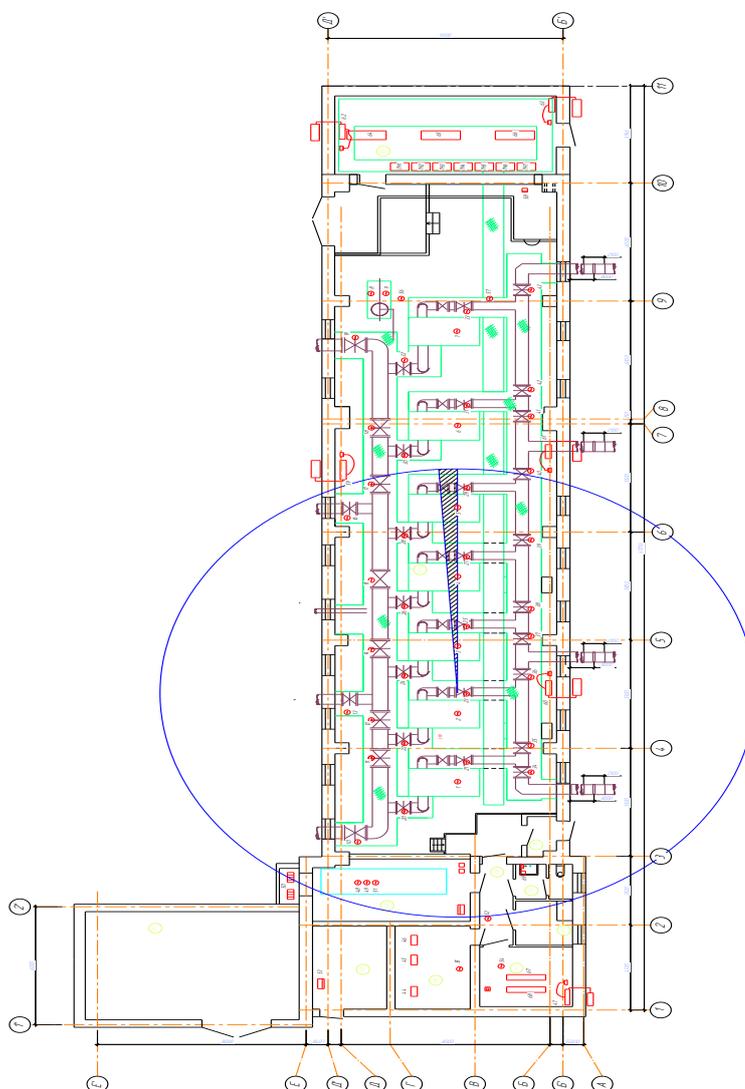


Рисунок 1 – План насосной станции

3.5 Выбор места расположения трансформаторной подстанции

Расположение цеховых трансформаторных подстанций (ТП) существенно влияет на построение рациональной и экономичной схемы распределения электроэнергии. По расположению различают следующие типы цеховых ТП:

- внутрицеховые, у которых оборудование располагается внутри производственного помещения, причем доступ к этому оборудованию осуществляется из того же помещения;
- встроенные, которые вписаны в контур основного здания, но имеют выкатку трансформаторов наружу;
- пристроенные, непосредственно примыкающие к основному зданию;
- отдельно-стоящие, расположенные на некотором расстоянии от здания цеха на территории предприятия.

С целью наибольшего приближения цеховых подстанций к электроприемникам сети до 1000 В рекомендуется их размещать внутри цехов, встраивать или пристраивать в зависимости от производственных условий и требований архитектурно-строительного оформления производственных зданий и помещений.

Отдельно стоящие закрытые цеховые подстанции применяются тогда, когда невозможно разместить ТП внутри цехов или у наружных стен по требованиям технологии или пожаро- и взрывоопасности производства. Отдельно стоящие ТП могут также применяться для маломощных предприятий при значительной разбросанности электрических нагрузок по их территории [9].

По возможности внутрицеховые подстанции размещают в ЦЭН, что позволяет сократить протяженность сетей 0,4 кВ и уменьшить потери мощности и электроэнергии в них. Но в данном случае такое размещение подстанции невозможно, так как недостаточно свободного места.

В данном случае возможен вариант размещения пристроенной ТП.

3.6 Выбор числа, мощности и типа трансформаторной подстанции

Согласно ПУЭ для питания ЭП первой категории по надежности электропитания применяются двухтрансформаторные подстанции. Таким образом, число трансформаторов $N=2$. При рассмотрении двухтрансформаторных подстанций мощность трансформаторов выбирается такой, чтобы при выходе из работы одного из них второй воспринял нагрузку цеха с учётом допускаемой перегрузки в послеаварийном режиме.

Для установки на подстанции рассматриваются сухие трансформаторы типа ТСЗ. Трансформаторы ТСЗ обладают следующими преимуществами перед другими трансформаторами: могут работать в сетях, подверженным грозовым и коммутационным напряжениям; имеют сниженный уровень шума; имеют высокую стойкость к механическим усилиям, возникающим в режиме короткого замыкания; при применении трансформаторов обеспечивается полная экологическая и пожарная безопасность. Также применение сухих трансформаторов обес-

печивает снижение затрат на строительство, поскольку: нет опасности утечки масла; обычно габариты и масса сухих трансформаторов меньше аналогичных по мощности масляных; сухие трансформаторы могут располагаться существенно ближе к потребителям, чем масляные.

Для выбора мощности трансформаторов необходимо рассмотреть два варианта подстанций – с полной компенсацией реактивной мощности и при отсутствии компенсации.

Мощность трансформаторов при полной компенсации (вариант 1) определится:

$$S_{\text{MIN}} = \frac{P_{\text{PT}}}{\beta \cdot N'} \quad (19)$$

где β – коэффициент нагрузки (загрузки) трансформаторов.

Для двухтрансформаторной подстанции с применением сухих трансформаторов $\beta=0,6$ с учетом степени резервирования [11].

Тогда:

$$S_{\text{min}} = \frac{655,714}{0,6 \cdot 2} = 546,43 \text{ кВА}$$

Выбирается два трансформатора с номинальной мощностью

$$S_{\text{НОМ1}} = 630 \text{ кВА.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана со стороны 6 кВ в сеть низкого напряжения:

$$Q_{\text{T1}} = \sqrt{(B \cdot N \cdot S_{\text{НОМ1}})^2 - P_{\text{PT}}^2}, \quad (20)$$

где $i=1,2$ – номер варианта.

Для первого варианта:

$$Q_{\text{T1}} = \sqrt{(0,6 \cdot 2 \cdot 630)^2 - 655,714^2} = 376,26 \text{ кВар.}$$

Мощность конденсаторных установок напряжением до 1000 В:

$$Q_{\text{K1}} = Q_{\text{PT}} - Q_{\text{T1}} = 386,964 - 376,26 = 10,704 \text{ КВАР.} \quad (21)$$

Устанавливаются две низковольтные конденсаторные батареи мощностью $Q_{\text{НКБ}} = 15$ кВар типа УКМ 58-0,4-15-5 УЗ. Стоимость данной батареи 16900 руб. [10].

Коэффициент загрузки выбранных трансформаторов:

- в нормальном режиме:

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$\beta_{\text{норм1}} = \frac{\sqrt{655,714^2 + (387,964 - 30)^2}}{2 \cdot 630} = 0,59.$$

- в послеаварийном режиме – отключение одного трансформатора:

$$\beta_{\text{ав1}} = \frac{\sqrt{655,714^2 + (387,964 - 30)^2}}{630} = 1,19.$$

В аварийных режимах допускается кратковременная перегрузка трансформаторов сверх номинального тока при всех системах охлаждения независимо от длительности и значения предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды в следующих пределах: для сухих трансформаторов в течение часа допустимая перегрузка составляет 20% [11]. Следовательно, данный вариант пригоден для дальнейшего рассмотрения.

Рассмотрим второй вариант – установка трансформаторов с отсутствием компенсации. Тогда мощность трансформаторов определится:

$$S_{\text{MAX}} = \frac{S_{\text{PT}}}{B \cdot N}. \quad (22)$$

Таким образом:

$$S_{\text{max}} = \frac{761,9}{0,6 \cdot 2} = 634,92 \text{ кВА}.$$

Выбирается два трансформатора с номинальной мощностью $S_{\text{НОМ2}} = 1000$ кВА.

Реактивная мощность, которая может быть передана со стороны 6 кВ в сеть низкого напряжения, равна:

$$Q_{T2} = \sqrt{(0,6 \cdot 2 \cdot 1000)^2 - 655,714^2} = 1005 \text{ кВар}.$$

Мощность конденсаторных установок напряжением до 1000В:

$$Q_{K2} = Q_{\text{PT}} - Q_{T2} = 386,964 - 1005 = -618 \text{ кВар}.$$

Следовательно, установка конденсаторных установок не требуется.

Коэффициент загрузки выбранных трансформаторов:

- в нормальном режиме:

$$\beta_{\text{норм2}} = \frac{\sqrt{655,714^2 + 387,964^2}}{2 \cdot 1000} = 0,38;$$

- в послеаварийном режиме – отключение одного трансформатора:

$$\beta_{\text{норм2}} = \frac{\sqrt{655,714^2 + 387,964^2}}{1000} = 0,76.$$

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Справочные данные выбранных трансформаторов [12] и его стоимость [13] записаны в таблице 7.

Таблица 7 – Данные трансформаторов

Тип трансформатора	ТСЗ-630	ТСЗ-1000
$S_{НОМ}$, кВА	630	1000
$U_{НОМВ}$, кВ	6	6
$U_{НОМН}$, кВ	0,4	0,4
ΔP_x , кВт	1,45	1,92
ΔP_k , кВт	6,2	8,5
i_x , %	1,6	1,2
u_k , %	6	8
Стоимость трансформатора, руб	794745	1000125

Для каждого варианта необходимо выбрать кабель, питающий трансформатор. Сечение жил кабеля выбирается по экономической плотности тока, которая в свою очередь зависит от времени наибольших нагрузок. Время наибольших нагрузок принимается $T_{нб} = 7000$ ч. Значение экономической плотности тока для кабелей с пластмассовой изоляцией и алюминиевыми жилами принимается $j_{ЭК} = 1,2 \frac{A}{MM^2}$ [1].

Расчетный ток, протекающий по кабельной линии, определяется:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot N \cdot U_{НОМ}}, \quad (23)$$

где $S_{рТ}$ – полная расчетная мощность нагрузки;

n – число кабельных линий ($n=2$);

$U_{НОМ}$ – номинальное напряжение ($U_{НОМ} = 6$ кВ).

Экономически целесообразное сечение выбирается по формуле:

$$F_{ЭК} = \frac{I_p}{j_{ЭК}} \quad (24)$$

Тогда для первого варианта:

$$S_{p1} = \sqrt{655,714^2 + (387,964 - 30)^2} = 747,06 \text{ кВА},$$

$$I_{p1} = \frac{747,06}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 6} = 35,94 \text{ А},$$

$$F_{ЭК1} = \frac{35,94}{1,2} = 29,95 \text{ мм}^2.$$

Минимально допустимое сечение по условиям механической прочности на напряжение 6 кВ составляет 10 мм² [1].

Выбирается кабель марки АПВВнг-3х35, проложенный в земле при температуре почвы 15°C ($r_0=0,89$ Ом/км, $x_0=0,087$ Ом/км, $I_{доп}=126$ А [14]). Стоимость одной кабельной линии 363,26 руб/м [15].

Проверка кабеля по условиям нагрева в послеаварийном режиме:

$$I_{pmax1} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{747,06}{\sqrt{3} \cdot 6} = 71,9 \text{ А} < I_{доп} = 126 \text{ А}$$

Для второго варианта выбирается кабель по аналогичным условиям первого варианта.

Расчетная мощность второго варианта равняется:

$$S_{p2} = \sqrt{655,714^2 + 387,964^2} = 761,9 \text{ кВА,}$$

Тогда:

$$I_{p2} = \frac{761,9}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 6} = 36,66 \text{ А,}$$

$$F_{эк2} = \frac{36,66}{1,2} = 32,05 \text{ мм}^2.$$

Выбирается также кабель марки АПВВнг-3х70, проложенный в земле при температуре почвы 15°C.

Проверка кабеля по условиям нагрева в послеаварийном режиме:

$$I_{pmax2} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{761,9}{\sqrt{3} \cdot 6} = 73,31 \text{ А} < I_{доп} = 126 \text{ А}$$

Для окончательного выбора мощности цеховых трансформаторов необходимо произвести технико-экономическое сравнение вариантов.

3.7 Выбор схемы электроснабжения

Схемы электрических сетей выполняются радиальными, магистральными и смешанными.

Радиальные схемы применяют при наличии групп сосредоточенных нагрузок с неравномерным распределением их по площади цеха, во взрыво- и пожароопасных цехах, в цехах с химически активной и аналогичной средой. Радиальные схемы внутрицеховых сетей выполняют кабелями или изолированными проводами. Они могут быть применены для нагрузок любой категории надежности (преимущественно должны применяться для I категории).

Достоинства радиальных схем является их высокая надежность, так как авария на одной линии не влияет на работу ЭП, подключенных к другой линии.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Недостатками радиальных схем являются: малая экономичность, связанная со значительным расходом проводникового материала, труб, распределительных шкафов; большое число защитной и коммутационной аппаратуры; ограниченная гибкость сети при перемещениях ЭП, вызванных изменением технологического процесса; невысокая степень индустриализации монтажа.

Магистральные схемы целесообразно применять для питания силовых и осветительных нагрузок, распределённых относительно равномерно по площади цеха, а также для питания группы ЭП, принадлежащих одной технологической линии. При магистральных схемах одна питающая магистраль обслуживает несколько распределительных шкафов и крупные ЭП цеха.

Достоинствами магистральных схем являются: высокая гибкость сети, дающая возможность перестановок технологического оборудования без переделки сети, использование унифицированных элементов (шинопроводов), позволяющих вести монтаж индустриальными методами.

Недостатком является их меньшая надёжность по сравнению с радиальными схемами, так как при аварии на магистрали все подключенные к ней ЭП теряют питание.

Для электроснабжения цеховых электроприемников радиальные или магистральные схемы редко встречаются в чистом виде. Наибольшее распространение имеют смешанные (комбинированные) схемы, сочетающие в себе элементы радиальных и магистральных схем и пригодные для любой категории электроснабжения.

Для питания приемников здания насосной станции применяется радиальная схема электроснабжения.

Источником питания является существующая трансформаторная подстанция ТП-80. Для обеспечения электроснабжения по радиальной схеме на расстоянии 350 м от ТП-80 с помощью кабелей марки АПвВнг-3х70, проложенных в кабельных траншеях, будет запитан каждый трансформатор ТСЗ-1000 двухтрансформаторной подстанции насосной станции.

От двух секций шин РУ-0,4 кВ кабелями запитываются двигатели насосов, силовые щиты, а также шкафы управления насосами и задвижками, расположенными в насосной станции, от которых получают питание приводы вентиляторов, станков, насосов, электронагревателей и задвижек. Для электроснабжения целесообразно использовать кабель марки ВВГнг-LS с изоляцией, не распространяющей горение, проложенный в водогазопроводных трубах в полу, в кабельных металлических коробах, в кабель-каналах.

Для освещения устанавливаются два щита рабочего и аварийного освещения, которые подключены к РУ-0,4 кВ.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

3.8 Выбор сечения проводников

Для расчетов напряжений в сети, необходимо определить марку и сечения проводников, питающих приемники, знать их удельные сопротивления и длину.

В сетях напряжением до 1000 В сечения проводников, выбранные по экономической плотности тока в два-три раза превышают сечения, выбранные по допустимому нагреву. Поэтому выбору по экономической плотности тока не подлежат сети промышленных предприятий до 1кВ, при числе часов использования максимума нагрузки предприятия до 4000÷5000, также ответвления к отдельным электроприемникам до 1 кВ и осветительные сети предприятий. Время наибольших нагрузок для всех приемников кроме насосов принимается $T_{нб} = 3500$ ч. Выбор производится из условия нагрева проводника и по механической прочности:

$$I_p \geq I_{доп},$$

$$F_p \geq F_{мех},$$

где I_p – расчетный ток, протекающий по проводнику;

$F_{мех}$ – минимально допустимое сечение по условию механической прочности.

Минимальное сечение допустимое по механической прочности для кабелей с медными жилами $F_{min} = 1,5\text{мм}^2$.

Для выбора сечения проводников, питающих трехфазное и однофазное оборудование, необходимо найти ток, который будет протекать по проводнику при номинальном режиме работы оборудования:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (25)$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot U_{НОМ}}, \quad (26)$$

где S_p – расчетная мощность, которая равна номинальной, если приемник работает в длительном режиме.

Номинальная мощность для двигательной нагрузки:

$$S_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\cos\phi \cdot \eta}, \quad (27)$$

где η - коэффициент полезного действия.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Результат расчета сечений кабелей, питающих отдельные электроприемники, представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчета кабельной продукции

№ ЭП	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$\cos \varphi$	η , о.е.	S_p , кВА	I_p , А	$I_{\text{доп}}$, А	Проводник
1	200	0,86	0,954	243,77	370,37	392,46	КГВЭВнг-LS 2х(3х70+35)
2							
3							
4							
5							
6							
7							
КУ1	$Q_{\text{НОМ}}=15$ кВар	-	-	-	22,79	25,11	ВВнг-LS 2х(5х2,5)
КУ2							

Результаты выбора сечений кабелей ЭП, получающих питание от силового щита ЩС1 0,4 кВ приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты выбора кабельной продукции

№	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$\cos \varphi$	η , о.е.	S_p , кВА	I_p , А	$I_{\text{доп}}$, А	Проводник
44	0,55	0,5	0,75	1,47	2,23	19,53	ВВнг-LS 5х1,5
45	2,2	0,5	0,83	5,30	8,05	19,53	ВВнг-LS 5х1,5
46	2,2	0,8	0,83	3,31	5,03	19,53	ВВнг-LS 5х1,5
47	0,74	0,8	0,72	1,28	2,92	19,53	ВВнг-LS 3х1,5
52	2,4	1	0,83	2,89	6,57	19,53	ВВнг-LS 3х1,5
53	1,2	0,7	0,75	2,29	5,19	19,53	ВВнг-LS 3х1,5
54	0,18	0,68	0,6	0,44	1,00	19,53	ВВнг-LS 3х1,5
55	0,108	0,6	0,55	0,33	0,74	19,53	ВВнг-LS 3х1,5
67	2,0	1	-	2	3,04	19,53	ВВнг-LS 5х1,5
68	2,0	1	-	2	3,04	19,53	ВВнг-LS 5х1,5

Окончание таблицы 9

№	P _{ном} , кВт	cos φ	η, о.е.	S _p , кВА	I _p , А	I _{доп} , А	Проводник
69	1,25	1	0,795	1,57	3,57	19,53	ВВГнг-LS 3x1,5

Результаты выбора сечений кабелей ЭП, получающих питание от силового щита ЩС2 0,4 кВ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты выбора кабельной продукции

№	P _{ном} , кВт	cos φ	η, о.е.	S _p , кВА	I _p , А	I _{доп} , А	Проводник
56	1,1	0,8	0,795	1,73	2,63	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
57	1,1	0,8	0,795	1,73	2,63	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
58	12	0,5	-	24,0	36,46	42,78	ВВГнг-LS 5x6
59	2,6	0,8	0,845	3,85	8,74	19,53	ВВГнг-LS 3x1,5
60	2,6	0,8	0,845	3,85	8,74	19,53	ВВГнг-LS 3x1,5
61	2,6	0,8	0,845	3,85	8,74	19,53	ВВГнг-LS 3x1,5
62	2,6	0,8	0,845	3,85	8,74	19,53	ВВГнг-LS 3x1,5
63	1,63	0,8	0,82	2,48	5,65	19,53	ВВГнг-LS 3x1,5
8	2,2	0,7	0,83	3,79	5,75	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
9	2,2	0,7	0,83	3,79	5,75	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
64	3,0	1	-	3,00	4,56	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
65	3,0	1	-	3,00	4,56	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
66	3,0	1	-	3,00	4,56	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5

Результаты выбора сечений кабелей ЭП, получающих питание от шкафа ШСАУ 0,4 кВ (шкаф получает питание от ЩС1), приведены в таблице 11

Таблица 11 – Результаты выбора кабельной продукции

№	P _{НОМ} , кВт	cos φ	η, о.е.	S _р , кВА	I _р , А	I _{доп} , А	Проводник
48	5,5	0,8	0,84	8,18	12,44	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
49	5,5	0,8	0,84	8,18	12,44	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
51	0,1	0,7	0,55	0,26	0,39	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
50	3,7	1	-	3,7	5,62	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5

Результаты выбора сечений кабелей для задвижек, получающих питание от шкафов ШУЗ и ШУНиЗ приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты выбора кабельной продукции

№	P _{НОМ} , кВт	cos φ	η, о.е.	S _р , кВА	I _р , А	I _{доп} , А	Проводник
10..19	4,25	0,85	0,87	5,75	8,74	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
20..43	3,2	0,85	0,845	4,46	6,78	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5

Также необходимо определить сечение кабелей питающих силовые щиты 0,4 кВ ЩС1, ЩС2 и шкаф ШСАУ.

Определение расчетной нагрузки производится из учета всей расчетной нагрузки отдельных токоприемников, запитанных от данных щитов. Определение расчетных нагрузок выполняется по следующей методике.

Номинальная мощность по группе электроприемников:

$$P_{НОМ} = \sum_{i=1}^N P_{НОМ i} \cdot N, \quad (28)$$

где P_{НОМ i} – номинальная мощность i-того электроприемника;

n – количество электроприемников, подключенных шинопроводу или РП.

Средняя мощность по группе электроприемников:

$$P_C = \sum_{i=1}^N P_{НОМ i} \cdot K_{иП}, \quad (29)$$

где $k_{иi}$ – коэффициент использования i -того электроприемника.

Групповой коэффициент использования:

$$K_{И} = \frac{P_C}{P_{НОМ}} \quad (30)$$

Эффективное число электроприемников:

$$N_{Э} = \frac{P_{НОМ}^2}{\sum_{I=1}^N (N \cdot P_{НОМ I}^2)} \quad (31)$$

Расчетная активная мощность:

$$P_P = P_C \cdot K_P, \quad (32)$$

где K_P – коэффициент расчетной мощности определяется из таблиц в зависимости от группового коэффициента использования и эффективного числа электроприемников.

Расчетная реактивная мощность:

$$Q_P = 1,1 \cdot \sum_{I=1}^N N_I \cdot K_{И I} \cdot P_{НОМ I} \operatorname{TG} \Phi_I, \text{ ЕСЛИ } N_{Э} \leq 10, \quad (33)$$

$$Q_P = \sum_{I=1}^N N_I \cdot K_{И I} \cdot P_{НОМ I} \operatorname{TG} \Phi_I, \text{ ЕСЛИ } N_{Э} \geq 10. \quad (34)$$

Однофазные ЭП распределены по фазам равномерно, поэтому они представлены в расчете как эквивалентная группа трехфазных ЭП с той же суммарной номинальной мощностью.

Результаты расчета нагрузок представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчета нагрузок

	$P_{НОМ}$, кВт	P_C , кВт	$n_{Э}$	$K_{И}$	K_P	P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВА
ЩС1	29,63	18,42	8	0,62	1,016	18,71	9,21	20,85
ЩС2	39,63	22,7	7	0,57	1,058	24,02	15,05	28,35
ШСАУ	5,6	3,915	1	0,7	1,14	4,463	3,25	5,52

Выбор кабелей, питающих щиты 0,4 кВ приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Выбор кабелей, питающих щиты 0,4 кВ

	S_p , кВА	I_p , А	$I_{доп}$, А	Марка кабеля
ЩС1	20,85	31,68	42,78	ВВГнг-LS 5х6
ЩС2	28,35	43,07	58,59	ВВГнг-LS 5х10
ШСАУ	5,52	8,39	19,53	ВВГнг-LS 5х1,5

Выбор кабелей для ШУЗ и ШУНиЗ представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Выбор кабелей для ШУЗ и ШУНиЗ

	№ЭП	$P_{ном}$, кВт	$P_{ном}$, кВт	P_p , кВт	S_p , кВА	I_p , А	$I_{доп}$, А	Марка кабеля
ШУЗ №1	10	4,25	21,25	12,75	15	22,79	33,48	ВВГнг-LS 5х4
	11	4,25						
	12	4,25						
	13	4,25						
	14	4,25						
ШУЗ №2	15	4,25	16	9,6	11,29	17,15	25,11	ВВГнг-LS 5х2,5
	16	4,25						
	17	4,25						
	18	4,25						
	19	4,25						
ШУЗ №3	34	3,2	16	9,6	11,29	17,15	25,11	ВВГнг-LS 5х2,5
	35	3,2						
	36	3,2						
	37	3,2						
	38	3,2						
ШУЗ №4	39	3,2	16	9,6	11,29	17,15	25,11	ВВГнг-LS 5х2,5
	40	3,2						
	41	3,2						
	42	3,2						

Окончание таблицы 15

	№ЭП	P _{ном} , кВт	P _{ном} , кВт	P _p , кВт	S _p , кВА	I _p , А	I _{доп} , А	Марка кабеля
	43	3,2						
ШУНиЗ №1	20	3,2	6,4	6,4	7,53	11,44	19,53	ВВГнг-LS 5x1,5
	21	3,2						
ШУНиЗ №2	22	3,2						
	23	3,2						
ШУНиЗ №3	24	3,2						
	25	3,2						
ШУНиЗ №4	26	3,2						
	27	3,2						
ШУНиЗ №5	28	3,2						
	29	3,2						
ШУНиЗ №6	30	3,2						
	31	3,2						
ШУНиЗ №7	32	3,2						

В здании насосной станции предлагается установить два щитка освещения - рабочий и аварийный. Запитаны щитки будут кабелем ВВГнг-LS 5x1,5.

3.9 Выбор защитной и коммутационной аппаратуры

Условия выбора и проверка автоматического выключателя [20]:

1. Соответствие номинального напряжения автоматического выключателя номинальному напряжению сети:

$$U_{НОМ В} \geq U_{НОМ С} \quad (35)$$

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

2. Соответствие номинального тока автоматического выключателя расчетному току защищаемой цепи:

$$I_{\text{НОМ В}} \geq I_{\text{Р}} \quad (36)$$

3. Токовую отсечку автоматического выключателя отстраивают от пиковых токов электроприемника по выражению:

$$I_{\text{СО}} \geq k_{\text{Н}} \cdot I_{\text{ПИК}} \quad (37)$$

где $k_{\text{Н}}$ – коэффициент надежности (для АВ фирмы Schneider Electric равный 1,0).

Пиковый ток для защиты электродвигателя может быть рассчитан по выражению:

$$I_{\text{ПИК}} \geq k_{\text{I}} \cdot I_{\text{НОМ ДВ}} \quad (38)$$

где k_{I} – кратность пускового тока электродвигателя

$I_{\text{НОМ ДВ}}$ – номинальный ток электродвигателя.

Для защиты группы электродвигателей:

$$I_{\text{ПИК}} = I_{\text{НБ ПУСК}} + (I_{\text{РАСЧ}} - k_{\text{И}} \cdot I_{\text{НБ НОМ}}) \quad (39)$$

где $I_{\text{НБ НОМ}}$ – номинальный ток самого мощного электродвигателя группы;

$I_{\text{РАСЧ}}$ – расчетный ток группы электродвигателей.

4. Защита от перегрузки:

$$1,25 \cdot I_{\text{НОМ РАСЦ}} \geq I_{\text{Р МАКС}} \quad (40)$$

5. Время срабатывания отсечки автоматических выключателей:

$$t_{\text{СО}} \geq t_{\text{СО ПР}} + \Delta t \quad (41)$$

где $t_{\text{СО ПР}}$ – наибольшее время срабатывания отсечки предыдущей от источника защиты;

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,15.

6. Проверка по условию коммутационной стойкости при КЗ:

$$\text{ПКС} \geq I_{\text{К}}^{(3)} \quad (42)$$

где $I_{\text{К}}^{(3)}$ – ток металлического трехфазного КЗ.

7. Проверка на чувствительность отсечки при КЗ:

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ МИН}}}{I_{\text{СО}}} \geq 1,1 \cdot K_{\text{р}} \quad (43)$$

где $k_p = 1,1$ – коэффициент разброса.

Выбор вводных автоматических выключателей и секционного автоматического выключателя. Расчетный ток равен:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1000,27}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1519 \text{ А}$$

Выбирается выключатель Compact NS с номинальным током $I_{\text{ном.в}}=1600\text{А}$ и блоком контроля и управления Micrologic 5 (электронный расцепитель). Данный блок обеспечивает защиту от перегрузок, селективную токовую отсечку и мгновенную токовую отсечку [21].

Кратность срабатывания отсечки номинальному току реле для данного автоматического выключателя может составлять 2-15.

Пиковый ток будет равен:

$$I_{\text{пик}} = 6 \cdot 370,37 + (1519 - 0,85 \cdot 370,37) = 3426,41 \text{ А}$$

Тогда ток срабатывания отсечки с кратностью срабатывания отсечки номинальному току 3:

$$I_{\text{со}} = 3 \cdot 1600 = 4800 \text{ А} \geq 1 \cdot 3426,41 = 3426,41 \text{ А}$$

Коэффициент чувствительности при КЗ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{по}}^{(1)}}{I_{\text{со}}} = \frac{25560}{4800} = 5,33 \geq 1,1 \cdot 1,1 = 1,21$$

Также ПКС = 50 кА > $i_{\text{уд}} = 38,84 \text{ кА}$.

4 условие будет выполняться всегда т.к. $I_{\text{ном расц}} = I_{\text{ном в}}$

Данные по выбору остальных автоматических выключателей сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Данные по выбору автоматических выключателей

№ ЭП	I_p , А	$I_{\text{ном.в}}$, А	$I_{\text{пик}}$, А	$I_{\text{с.о.}}$, А	$I_{\text{КЗmin}}^{(1)}$ кА	$K_{\text{ч}}$	$i_{\text{уд}}$, кА	ПКС, кА	Тип
1..7	370,3 7	400	2222,22	2400	5,41	2,25	23,02	40	Compact NSX F 3P
КУ1 КУ2	265,8 8	400	265,88	2000	-	-	-	-	Compact NSX F 3P

Продолжение таблицы 16

№ ЭП	I_p , А	$I_{ном.в.}$, А	$I_{пик.}$, А	$I_{с.о.}$, А	$I^{(1)}_{к3min}$ кА	$K_{ч}$	$i_{уд.}$, кА	ПКС, кА	Тип
45	8,05	10	51,52	60	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 3P
46	5,03	6	32,192	36	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 3P
47	2,92	4	14,6	16	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 1P
48	12,44	13	87,08	91	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 3P
49									
50	5,62	6	5,62	18	0,21	11,6 7	-	-	Acti 9 iC60N (B) 3P
51	0,39	0,5	1,755	2	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 3P
52	6,57	10	6,57	30	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 1P
53	5,19	6	25,95	30	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 1P
54	1,00	2	5	6	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 1P
55	0,74	1	3,7	4	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 1P

Продолжение таблицы 16

№ ЭП	I_p , А	$I_{ном.в.}$, А	$I_{пик.}$, А	$I_{с.о.}$, А	$I^{(1)}_{к3min}$ кА	$K_{ч}$	$i_{уд.}$, кА	ПКС, кА	Тип
67	3,04	4	3,04	12	0,24	20	0,76	6	Acti 9 iC60N (B) 3P
68									
69	3,57	4	3,57	12	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 1P
56	2,63	3	13,15	15	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 3P
57									
58	36,46	40	36,46	120	1,29	10,7 5	3,29	6	Acti 9 iC60N (B) 3P
59	8,74	10	61,18	70	0,23	3,29	-	-	Acti 9 iC60N (C) 1P
60									
61									
62									
63	5,65	6	29,945	36	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 1P
8	5,75	6	34,5	36	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 3P
9									

Продолжение таблицы 16

№ ЭП	I_p , А	$I_{ном.в.}$, А	$I_{пик}$, А	$I_{с.о.}$, А	$I^{(1)}_{к3min}$ кА	$K_{ч}$	$i_{уд}$, кА	ПКС, кА	Тип
64	4,56	6	4,56	18	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 3P
65									
66									
ЩО	7,93	10	7,93	30	0,35	11,6 7	1,15	6	Acti 9 iC60N (B) 3P
ЩАО	0,4	0,5	0,4	1,5	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (B) 3P
10..19	8,74	10	61,18	70	0,23	3,29	1,07	6	Acti 9 iC60N (C) 3P
20..43	6,78	10	47,46	50	0,21	4,2	1,00	6	Acti 9 iC60N (C) 3P
ЩС1	31,68	40	82,073	120	0,46	3,83	1,47	6	Acti 9 iC60N (B) 3P
ЩС2	43,07	50	98,132	150	2,19	14,6	5,57	6	Acti 9 iC60N (B) 3P
ШУЗ №1	22,79	25	159,53	175	0,4	2,29	1,56	6	Acti 9 iC60N (C) 3P
ШУЗ №2									

Окончание таблицы 16

№ ЭП	I_p , А	$I_{ном.в.}$, А	$I_{пик}$, А	$I_{с.о.}$, А	$I^{(1)}_{кзmin}$ кА	$K_{ч}$	$i_{уд}$, кА	ПКС, кА	Тип
ШУЗ №3	17,15	20	120,05	140	0,28	2	1,22	6	Acti 9 iC60N (C) 3P
ШУЗ №4									
ШУ- НиЗ №1	11,44	13	80,08	91	0,13	14,4	1,01	6	Acti 9 iC60N (C) 3P
ШУ- НиЗ №2									
ШУ- НиЗ №3									
ШУ- НиЗ №4									
ШУ- НиЗ №5									
ШУ- НиЗ №6									
ШУ- НиЗ №7									
ШСАУ	8,39	10	86,762	90	-	-	-	-	Acti 9 iC60N (C) 3P

Примечание: там где не указаны токи короткого замыкания проверку по пунктам 6 и 7 делать не нужно, так как если другие приемники прошли проверку, то эти тоже пройдут.

В качестве силовых щитов ЩС1 и ЩС2 выбираются щиты фирмы ИЕК с подключением 36 модулей ЩРН-36з-074У2.

На стороне 6 кВ для защиты кабельной линии подстанции устанавливается вакуумный выключатель ВВ/TEL-10-20/630-У2-41.

Расчетные и паспортные данные выключателя приведены в таблице 17. Каталожные данные выключателя взяты из [22].

Таблица 17 – Данные выключателя

Параметр выключателя	Каталожные данные	Расчетный параметр	Условия выбора
1. Номинальное напряжение	$U_{\text{НОМ}}=10$ кВ	$U_{\text{УСТ}}=6$ кВ	$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{УСТ}}$
2. Номинальный ток	$I_{\text{НОМ}}=630$ А	$I_{\text{Р}}= 96,25$ А	$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{Р}}$
3. Номинальный ток отключения	$I_{\text{НОМ.ОТКЛ}}=20$ кА	$I_{\text{ПО}}=7,21$ кА	$I_{\text{НОМ.ОТКЛ}} \geq I_{\text{ПО}}$
4. Номинальное содержание апериодической составляющей	$\beta = 40 \%$ $\sqrt{2} \cdot I_{\text{ОТКЛ}} \cdot \beta = 11,31$ кА	$i_{\text{ат}}=0,59$ кА	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{ОТКЛ}} \cdot \beta > i_{\text{ат}}$
5. Предельный сквозной ток - наибольший пик - действующее значение	$i_{\text{ДИН}}= 32$ кА $I_{\text{ДИН}}= 20$ кА	$i_{\text{УД}}=12,46$ кА $I_{\text{ПО}}=7,21$ кА	$i_{\text{ДИН}} \geq i_{\text{УД}}$ $I_{\text{ДИН}} \geq I_{\text{ПО}}$
6. Ток термической стойкости и время его действия	$I_{\text{ТЕР}}= 20$ кА $t_{\text{ТЕР}}= 3$ с	$B_{\text{К}}=157,25$ кА ² ·с	$I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}}=1200$ кА ² ·с $\geq B_{\text{К}}$

Апериодическая составляющая тока в момент времени τ :

$$i_{\text{ат}} = I_{\text{ПО}} \cdot e^{-\frac{t_{\text{св}}+t_{\text{рз}}}{T_{\text{а}}}} = 7,21 \cdot e^{-\frac{0,015+0,01}{0,01}} = 0,59 \text{ кА}$$

где $T_{\text{а}} = 0,01$ с. - апериодическая составляющая тока КЗ [23];

$t_{\text{св}} = 0,015$ с. - собственное время отключения выключателя [22];

$t_{\text{рз}} = 0,01$ с. - минимальное время действия релейной защиты.

Тепловой импульс тока КЗ по расчету:

$$B_{\text{К}} = (I_{\text{ПО}})^2 \cdot (t_{\text{св}} + t_{\text{рз}} + t_{\text{тер}}) = (7,21)^2 \cdot (0,015 + 0,01 + 3) = 157,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Также необходимо выбрать разъединители. Выбираются разъединители типа РВФЗ-6/630.

Данные по выбору разъединителей, представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Данные по выбору разъединителей

Параметр разъединителя	Каталожные данные	Расчетный параметр	Условия выбора
1. Номинальное напряжение	$U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{уст}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$
2. Номинальный ток	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$	$I_p = 96,25 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} \geq I_p$
3. Электродинамическая стойкость	$I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$	$i_{\text{уд}} = 12,46 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$
4. Ток термической стойкости и время его действия	$I_{\text{тер}} = 20 \text{ кА}$ $t_{\text{тер}} = 4 \text{ с}$	$B_K = 209,24 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $\geq B_K$

3.10 Выбор устройств релейной защиты линии 6 кВ

В процессе эксплуатации системы электроснабжения возникают повреждения отдельных ее элементов. Наиболее опасными и частыми видами повреждений являются КЗ между фазами электрооборудования, однофазные КЗ в сети 0,4 кВ, замыкание на землю в сети 6-10 кВ. В электрических машинах и трансформаторах наряду с междуфазными КЗ и замыканиями на землю имеют место витковые замыкания. Вследствие возникновения КЗ нарушается нормальная работа системы электроснабжения, что создает ущерб для промышленного предприятия.

При протекании тока КЗ элементы системы электроснабжения подвергаются термическому и динамическому воздействию. Для уменьшения размеров повреждения и предотвращения развития аварии устанавливают совокупность автоматических устройств, называемых релейной защитой и обеспечивающих с заданной степенью быстродействия отключение поврежденного элемента или сети.

Основные требования, предъявляемые к релейной защите, следующие:

- надежное отключение всех видов повреждений;
- чувствительность защиты;
- избирательность (селективность) действия - отключение только поврежденных участков;
- простота схем;
- быстродействие;
- наличие сигнализации о повреждениях.

Насосная станция имеет одностороннее питание от сети 6 кВ с изолированной нейтралью. Для таких сетей должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от междуфазных замыканий и от однофазных замыканий на землю. Защита от многофазных замыканий устанавливается на всех линиях 6кВ и действует на отключение выключателей, отсоединяющих поврежденную линию от источников питания.

Согласно [1] на одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должна устанавливаться, как правило, двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, а вторая — в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержкой времени. Защиту от многофазных замыканий следует предусматривать в двухфазном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения.

В настоящее время в энергетике достаточно интенсивно внедряются микропроцессорные (цифровые) устройства защиты и автоматики. Они позволяют реализовать более технические совершенные защиты. Поэтому на отходящей линии 6 кВ ТП-80 предусмотрены максимальная токовая защита и токовая отсечка на микропроцессорном блоке релейной типа ТЭМП-2501 (ООО Бреслер).

Принцип выбора уставок срабатывания для микропроцессорной защиты аналогичен тем же методам, что и для электромеханических реле.

Наиболее распространенным видом защиты является максимальная токовая защита (МТЗ). Ток срабатывания МТЗ определяется по формуле:

$$I_{C3} = \frac{K_{отс} \cdot K_{п}}{K_{в}} \cdot I_{р\text{ макс}}, \quad (44)$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки (коэффициент надежного несрабатывания защиты) принимается равным 1,1 для цифровых реле;

$k_{п}$ – коэффициент самозапуска нагрузки, отражающий увеличение рабочего тока $I_{р\text{ макс}}$ за счет одновременного пуска всех тех двигателей, которые затормозились при снижении напряжения во время короткого замыкания. При отсутствии в составе нагрузки высоковольтных двигателей коэффициент может принимать значения 1,1÷1,3;

$I_{р\text{ макс}}$ – наибольший ток нагрузки защищаемой линии;

$k_{в}$ – коэффициент возврата, для микропроцессорных реле $k_{в} = 0,96$.

Ток срабатывания реле определяется по формуле:

$$I_{ср} = \frac{K_{сх} \cdot I_{C3}}{n_I} \quad (45)$$

где $k_{сх}$ – коэффициент схемы, зависящий от схемы включения реле (при включении реле на фазный ток $k_{сх}=1$);

n_I – коэффициент трансформации трансформатора тока.

I_{C3} – ток срабатывания защиты.

Выбранная защита должна быть проверена по чувствительности:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_{\text{C3}}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{к}}^{(3)}}{I_{\text{C3}}}, \quad (46)$$

где $I_{\text{к}}$ – ток КЗ в конце защищаемого или резервируемого участка.

Минимальное значение коэффициента чувствительности должно быть не менее 1,5 при использовании защиты в качестве основной, и не менее 1,2 – в качестве резервной [1].

Обеспечение селективности МТЗ достигается за счет выдержек времени защит смежных участков. Выдержки времени защит смежных участков подбираются по ступенчатому принципу – в направлении источника питания выдержка времени у каждой последующей защиты принимается на ступень времени больше, чем у предыдущей защиты:

$$t_{\text{C3}(n)} = t_{\text{C3}(n-1)} + \Delta t, \quad (47)$$

где Δt – ступень селективности.

Токовая отсечка является быстродействующей защитой, не имеющей выдержки времени. Селективность токовой отсечки (ТО) в отличие от МТЗ достигается не выдержкой времени, а ограничением зоны ее действия. Селективность ТО обеспечивается соответствующим выбором тока ее срабатывания. Для этого ток срабатывания отсечки отстраивается от тока КЗ при коротком замыкании в конце защищаемой линии (на шинах противоположной подстанции).

Ток срабатывания отсечки определяется:

$$I_{\text{CO}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{к}}^{(3)} \quad (48)$$

где $k_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки;

$I_{\text{к}}^{(3)}$ – наибольшее начальное значение периодической составляющей тока при КЗ в конце линии или на шинах противоположной подстанции.

Ток срабатывания:

$$I_{\text{CP}} = \frac{k_{\text{CX}}}{n_{\text{I}}} \cdot I_{\text{CO}}. \quad (49)$$

Чувствительность отсечки определяется, как отношение тока КЗ в месте установки защиты (в начале линии) к току срабатывания защиты:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(3)}}{I_{\text{CP}}}. \quad (50)$$

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,2.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Расчет уставок защиты линии 6кВ, питающей трансформатор подстанции насосной станции мощностью 1000 кВ·А.

МТЗ выполнена по схеме полной звезды.

Принимаются $k_{отс} = 1,1$; $k_{п} = 1,2$; $k_{в} = 0,96$; $k_{с} = 1$.

Наибольший ток нагрузки защищаемой линии:

$$I_{р\ макс} = 96,25\text{ А}$$

Ток срабатывания максимальной токовой защиты:

$$I_{сз} = \frac{1,1 \cdot 1,2}{0,96} \cdot 96,25 = 132,34\text{ А}$$

Коэффициент трансформации трансформатора тока $n_I = 100/5$.

Ток срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{1 \cdot 132,34}{100/5} = 6,617\text{ А}$$

Принимаем $I_{ср} = I_{уст} = 7\text{ А}$, при этом ток срабатывания защиты:

$$I_{сз} = I_{ср} \cdot n_I = 7 \cdot 20 = 140\text{ А}$$

Коэффициент чувствительности при КЗ за трансформатором (точка К₃):

$$K_{ч} = \frac{I_{к}^{(2)}}{I_{сз}} = \frac{920}{140} = 6,57 > 1,5.$$

Для обеспечения селективности работы защит уставка времени срабатывания МТЗ принимается 0,5 с.

Кроме того, необходимо проверить сечение данной линии АПвВнг-3х35 на термическую устойчивость для трехфазного КЗ:

$$F_{тер} = \frac{I_{кз}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{пр}}}{C},$$

где $I_{кз}^{(3)}$ – установившийся ток трехфазного КЗ;

$t_{пр}$ – приведенное время действия тока КЗ;

C – коэффициент, соответствующий разности выделенного тепла в проводнике после и до короткого замыкания, для кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами $C=75$ [17].

Приведенное время действия тока КЗ будет равно:

$$t_{пр} = t_{защ} + t_{выкл} = 0,5 + 0,025 = 0,525\text{ с.}$$

где $t_{защ}$ – время действия защиты, принимается 0,5 с;

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$t_{\text{выкл}}$ – время выключателя, которое равно $t_{\text{выкл}} = 25$ мс.

Тогда минимальное сечение кабеля по термической стойкости:

$$F_{\text{тер}} = \frac{7210 \cdot \sqrt{0,525}}{75} = 70 \text{ мм}^2,$$

Так как не обеспечивается термическая стойкость кабелей обеих линии, то необходимо увеличить сечение кабелей, т.е. использовать кабели АПвВнг-3х70.

Для обеспечения 2ух ступенчатой защиты необходимо рассмотреть быстродействующую защиту – токовую отсечку. Так как перед трансформатором нет коммутационной аппаратуры, токовая отсечка защищает всю линию и частично трансформатор. Следовательно, защиту нужно рассматривать как основную защиту линии.

Ток срабатывания токовой отсечки отстраивается от тока трехфазного КЗ за трансформатором (точка КЗ):

$$I_{\text{со}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{к}}^{(3)} = 1,1 \cdot 1060 = 1166 \text{ А},$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{1}{20} \cdot 1166 = 58,3 \text{ А}.$$

Принимается $I_{\text{ср}} = 58,5$ А, при этом ток срабатывания защиты $I_{\text{сз}} = 1170$ А.

Коэффициент чувствительности защиты определяется при трехфазном КЗ на выводах трансформатора со стороны источника питания. Значение $K_{\text{ч}}$ для блока линия-трансформатор должно быть не менее 2 [23].

Ток короткого замыкания на выводах трансформатора со стороны источника питания будет равен:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = 4970 \text{ А}.$$

Коэффициент чувствительности будет равен:

$$K_{\text{ч}} = \frac{4970}{1170} = 4,25 > 2.$$

Также сетях с изолированной нейтралью однофазное замыкание на землю (ОЗЗ) не сопровождается протеканием через место замыкания больших токов. Однако ОЗЗ представляют опасность для людей и животных, находящихся вблизи места ОЗЗ. Защита от однофазных замыканий на землю выполняется действующей на сигнал с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности. При действии защиты на сигнал персонал обязан немедленно приступить к определению присоединения с однофазным замыканием.

Защиты от однофазных замыканий должны удовлетворять основным требованиям, которые предъявляются ко всем устройствам релейной защиты. Наряду

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

с этим, к современным микропроцессорным защитам предъявляются следующие дополнительные требования: самодиагностика, запоминание событий, дистанционное получение информации.

3.11 Электрооборудование станции

Электрооборудование насосной станции можно разделить на два типа, трехфазные и однофазные.

К трехфазному электрооборудованию относятся:

- насосы типа 1Д800 – 56;
- станок вертикально-сверлильный;
- станок точильно-шлифовальный;
- вентилятор крышной;
- вентиляторы цеховые
- насос вакуумный
- пост сварочный для подключения сварочного трансформатора
- частотный преобразователь

К однофазному электрооборудованию относятся:

- электронагреватели (эколайн)
- насос циркуляционный
- вентиляторы (сплит система)
- вентилятор канальный

3.12 Описание насоса и взаимодействие его с другим оборудованием

Главным среди электрооборудования насосной станции являются насосы. На предприятии они играют существенную роль в жизни завода.

В качестве насосов используется тип 1Д800 – 56. Он может применяться для перекачки воды, а также различных жидкостей (химически активных и нейтральных). Диаметр твердых включений в рабочей среде не может быть более 0,2 мм, а их содержание не должно превышать 0,05 % общей массы. Эта модель может эксплуатироваться в составе систем водоснабжения, теплоснабжения и канализации, а также в промышленности и сельском хозяйстве.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

На рисунке 2 изображен насос 1Д800 – 56.



Рисунок 2 – Насос 1Д800 – 56

Основными конструктивными элементами агрегата являются собственно насос и электрический двигатель мощностью 200 кВт, которые установлены на сварную фундаментную раму. Корпус насосного агрегата состоит из двух частей. Основные узлы насоса изготовлены из чугуна и стали. Главные особенности конструкции модели - нижнее расположение всасывающего и нагнетательного патрубков и осевой разъем, также предусмотрена возможность установки как сальниковых, так и одинарных торцевых уплотнений.

Характеристика насосов показаны в таблице – 19.

Таблица 19 – Характеристики насосов

Тип насоса	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Расход, м ³ /ч	Напор, м	КПД, %	Тип конструкции насоса	Модель электродвигателя
1Д800 - 56	200	1500	800	56	83	Двухстороннего входа	АИР315 М4

Преимущества насосов типа 1Д800-56:

- 1) возможность работы в химически активных средах: с морской водой, с пластовой водой и нетоксичными жидкостями;
- 2) подбор диаметра рабочего колеса в зависимости от требований заказчика обеспечивает оптимальный выбор насоса с необходимыми характеристиками;
- 3) особенности конструктивного исполнения позволяют уменьшить осевые силы и нагрузки на подшипники;
- 4) для высоконапорных насосов найдено решение, которое позволило снизить радиальные нагрузки на ротор (за счет исполнения проточной части в виде двойной спирали);
- 5) легкость выполнения текущих ремонтных работ без отключения трубопроводов.

Так-же в качестве частотного регулятора для насосов здания насосной станции используется преобразователь частоты серии CIMR-E7 от корпорации “Omron” (Рис. 4). Данный ПЧ обладает высокой точностью управления, надёжностью и легкостью обслуживания. В нём реализована внутренняя функция энергосбережения, позволяющая снизить энергопотребление системы. Преобразователь имеет $U(f)$ – управление и встроенный ПИД-регулятор, позволяющий создавать на базе преобразователя частоты систему автоматического поддержания технологической переменной на заданном уровне по отклонению.

Схема управления приводом насосом представлена на рисунке 3.

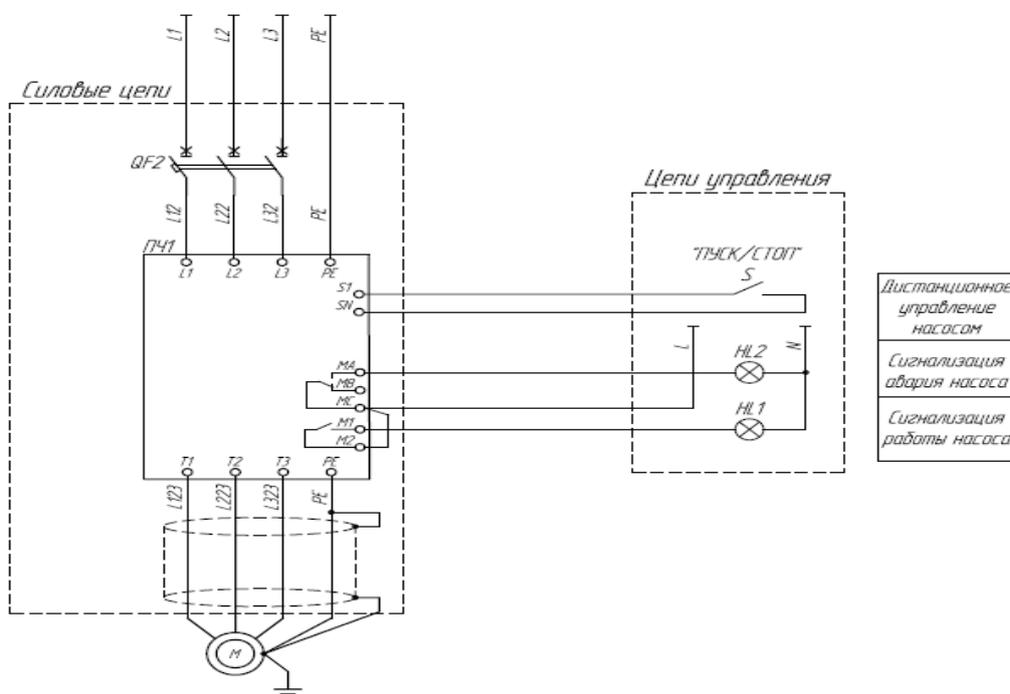


Рисунок 3 – Управление приводом насоса

Для удобства подключения частотного преобразователя с двигателем приводится рисунок 4, где показано расположение клемм.

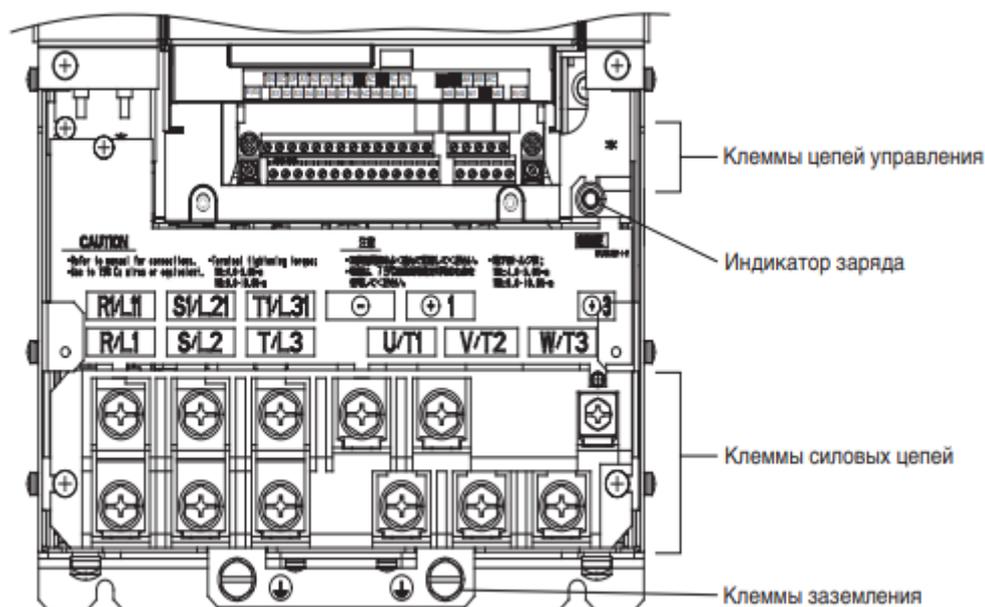


Рисунок 4 – Расположение клемм

Схемой управления насосом предусмотрено:

- местное (ручное) управление насосом с частотного преобразователя ПЧ 1(с цифровой панели)

- схема приведена только для одного насоса

Преимущества от внедрения частотного ПИ –регулирования:

- 1)отсутствие гидроударов за счет плавного включения насосных агрегатов;
- 2)отсутствие резких перепадов давления в трубопроводах;
- 3)отсутствие перезапуска насосных агрегатовпри кратковременных посадках электропитания;
- 4)диагностика режимов работы насосного оборудования;
- 5)энергосбережение.

Наглядный вид преобразователя частоты показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Частотный преобразователь “Omron”

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

4 ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ

Приведенные затраты определяются по выражению:

$$Z_i = Z_{Ti} + Z_{Ki} + Z_{Li} + Y_i, \quad (51)$$

где Z_{Ti} , Z_{Ki} , Z_{Li} – приведенные расчетные затраты соответственно на трансформаторы, конденсаторные установки и кабельные линии для i -го варианта, руб.;

Y_i – ущерб от перерыва в электроснабжении.

В данных вариантах составляющая ущерба отсутствует, так как подстанция с двумя трансформаторами, находящимися в работе. И с учетом того, что имеются ЭП первой категории, на подстанции предусматривается автоматическое включение резерва.

Приведенные затраты на трансформаторы i -го варианта равны:

$$Z_{Ti} = \left(E_H + \frac{A_A + A_P + A_O}{100} \right) \cdot K_{Ti} + \Gamma \cdot \Delta W_{Ti}, \quad (52)$$

где α_a , α_p , α_o – ежегодные отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание, для силового оборудования до 10 кВ

$(\alpha_a + \alpha_p + \alpha_o) = 10,4 \%$ [16];

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат, равный $E_H = 0,12$;

K_{Ti} – капитальные затраты на трансформаторы i -го варианта, руб.;

γ – средняя себестоимость электроэнергии, равная $\gamma = 2,55$ руб/кВт·ч;

ΔW_{Ti} – годовые потери энергии в трансформаторах i -го варианта, кВт·ч.

Потери энергии в трансформаторах:

$$\Delta W_T = N \cdot \Delta P'_X \cdot T_T + \frac{1}{N} \cdot B^2 \cdot \Delta P'_K \cdot T, \quad (53)$$

где N – число трансформаторов;

$\Delta P'_X$ – приведенные потери активной мощности холостого хода;

$\Delta P'_K$ – приведенные потери активной мощности короткого замыкания;

β – коэффициент загрузки трансформатора;

T_T – число часов работы трансформаторов в году, равное $T_T = 8760$ ч;

τ – время наибольших потерь.

Приведенные потери активной мощности холостого хода и короткого замыкания определяются по следующим формулам:

$$\Delta P'_X = \Delta P_X + K_{И} \cdot \frac{I_X}{100} \cdot S_{НОМТ}, \quad (54)$$

$$\Delta P'_K = \Delta P_K + K_{И} \cdot \frac{U_K}{100} \cdot S_{НОМТ}, \quad (55)$$

где $K_{И}$ – коэффициент изменения потерь, численно равен удельному снижению потерь активной мощности при уменьшении передаваемой реактивной мощности по всем элементам цепи, начиная от источника до рассматриваемого трансформатора. Для понижающих трансформаторов 6-10/0,4 кВ, питающихся от районных сетей: $K_{И} = 0,15$.

Предприятие имеет трехсменный график работы, принимается $T_{Г} = 8760$ часов, $T_{нб} = 7000$ часов.

Тогда время наибольших потерь:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{нб}}{10^4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + \frac{7000}{10^4})^2 \cdot 8760 = 5947,83 \text{ ч.}$$

Приведенные затраты на конденсаторные установки равны:

$$З_K = E_{БНК} \cdot N \cdot K_{КБ} + \Gamma \cdot P_K \cdot N \cdot T_{Г} \cdot Q_{БНК}, \quad (56)$$

где $K_{КБ}$ – капитальные затраты на конденсаторные батареи, руб.;

P_K – удельные потери активной мощности в конденсаторных установках напряжением до 1 кВ, равные $p_K = 4,5$ Вт/квар.

$$E_{БНК} = p_n + \frac{(\alpha_a + \alpha_p + \alpha_o)_{БНК}}{100} = 0,125 + \frac{10,4}{100} = 0,225.$$

где $p_n = 0,125$ (1/год) – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений в электроэнергетике;

$\alpha_a, \alpha_p, \alpha_o$ – ежегодные отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание,

Для силового оборудования до 10 кВ $(\alpha_a + \alpha_p + \alpha_o)_{БНК} = 10,4$ % [16].

Приведенные затраты на кабельные линии i -го варианта равны:

$$З_{ЛИ} = \left(E_n + \frac{(A_A + A_p + A_o)_{Л}}{100} \right) \cdot K_{ЛИ} + \Gamma \cdot \Delta W_{ЛИ}, \quad (57)$$

где $\alpha_a, \alpha_p, \alpha_o$ – ежегодные отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание,

для кабельных линий до 10 кВ $(\alpha_a + \alpha_p + \alpha_o)_{Л} = 4,3$ % [16];

$K_{ЛИ}$ – капитальные затраты на кабельные линии, руб.;

$\Delta W_{ЛИ}$ – годовые потери энергии в линиях i -го варианта, кВт·ч.

Потери в линии определяются:

$$\Delta W_{ЛИ} = \left(\frac{S_p}{U_{НОМ}} \right)^2 \cdot \frac{R_0 \cdot L}{N} \cdot T, \quad (58)$$

где N – число линий;

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

l – длина линии, равная l=350 м.

В таблице 20 представлены результаты технико-экономического расчета.

Таблица 20 – Результаты технико-экономического расчета

№ варианта	1	2
$S_{НОМТ}$, кВА	630	1000
ΔP_x , кВт	1,45	1,92
ΔP_k , кВт	6,2	8,5
i_x , %	1,6	1,2
u_k , %	6	8
$K_{и}$	0,15	0,15
$\Delta P'_x$, кВт	2,962	3,72
$\Delta P'_k$, кВт	11,87	20,5
N_T	2	2
$T_{нб}$, ч	7000	7000
T_G , ч	8760	8760
τ , ч	5947,83	5947,83
β	1,19	0,76
ΔW_{Tx} , кВт·ч	51894,24	65174,4
ΔW_{Tk} , кВт·ч	49988,86	35213,53
ΔW_T , кВт·ч	101883,1	100387,93
$I_{\Delta W}$, руб.	259801,905	255989,22
K_T , руб.	794745	1000125
$E \cdot K_T$, руб.	356045,76	448056
Z_T , руб.	615847,665	704045,22
$Q_{БНК}$, квар	15	-
$N_{БНК}$	2	-
$K_{КБ}$, руб.	16900	-
Z_K , руб.	10620,63	-
r_0 , Ом/км	0,89	0,89
l, м	350	350
S_p , кВА	747,06	761,9
ΔW_L , кВт·ч	14361,34	14937,57
$I_{\Delta W}$, руб.	36621,42	38090,8
K_L , руб.	2x326,26x350	2x326,26x350
Z_L , руб.	73847,7	75317,07
Z , руб.	700315,995	779362,29

При сравнении рассматриваемых вариантов разница в затратах составляет:

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$$\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2} \cdot 100\% = \frac{779362,29 - 700315,995}{779362,29} \cdot 100\% = 10,14\%$$

Варианты являются равноэкономичными. Несмотря на то что первый вариант экономичнее, суммарные потери электроэнергии в трансформаторах в первом варианте больше. Кроме того при рассмотрении установки трансформаторов мощностью 630 кВА уже наблюдается перегрузка 19% при выходе из строя одного из трансформаторов, но для сухих трансформаторов допустимая перегрузка не должна превышать 20 %, следовательно с точки зрения дальнейшего развития сети насосной станции, второй вариант является наиболее приемлемым. В итоге для дальнейшего рассмотрения выбирается вариант 2 – применение трансформаторов мощностью 1000 кВА.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

5.1 Общие вопросы БЖД обслуживающего персонала

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т.п.).

Профессиональная подготовка персонала, повышение его квалификации, проверка знаний и инструктажи проводятся в соответствии с требованиями государственных и отраслевых нормативных правовых актов по организации охраны труда и безопасной работе персонала.

Проверка состояния здоровья работника проводится до приема его на работу, а также периодически, в порядке, предусмотренном Минздравом России. Совмещаемые профессии должны указываться администрацией организации в направлении на медицинский осмотр.

Электротехнический персонал до допуска к самостоятельной работе должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой помощи при несчастных случаях.

Персонал, обслуживающий электроустановки, должен пройти проверку знаний межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) и других нормативно-технических документов в пределах требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности.

Персонал обязан соблюдать требования настоящих правил, инструкций по охране труда, указаний, полученных при инструктаже.

Работнику, прошедшему проверку знаний по охране труда при эксплуатации электроустановок, выдается удостоверение установленной формы, в которое вносятся результаты проверки знаний.

Работники, обладающие правом проведения специальных работ, должны иметь об этом запись в удостоверении.

Под специальными работами, право на проведение которых отражается в удостоверении после проверки знаний работника, следует понимать:

- верхолазные работы;
- работы под напряжением на токоведущих частях: чистка, обмыв и замена изоляторов, ремонт проводов, контроль измерительной штангой изоляторов и соединительных зажимов, смазка тросов;
- испытания оборудования повышенным напряжением (за исключением работ с мегомметром).

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Перечень специальных работ может быть дополнен указанием работодателя с учетом местных условий.

Работник, проходящий стажировку, дублирование, должен быть закреплен распоряжением за опытным работником. Допуск к самостоятельной работе должен быть также оформлен соответствующим распоряжением руководителя организации.

Каждый работник, если он не может принять меры к устранению нарушений настоящих правил, должен немедленно сообщить вышестоящему руководителю обо всех замеченных им нарушениях и представляющих опасность для людей неисправностях электроустановок, машин, механизмов, приспособлений, инструмента, средств защиты и т.д.

Оперативное обслуживание. Осмотры электроустановок .

Оперативные переключения должен выполнять оперативный или оперативно-ремонтный персонал, допущенный распорядительным документом руководителя организации. Для допускающих по наряду-допуску и распоряжению наличие допуска на право выполнения оперативных переключений обязательно.

В электроустановках напряжением до 1000 вольт работники из числа оперативного персонала, обслуживающие электроустановки, должны иметь группу III.

Вид оперативного обслуживания электроустановки, число работников из числа оперативного персонала в смене определяется руководством организации и закрепляется соответствующим распоряжением.

Единоличный осмотр электроустановок до 1000 вольт, электротехнической части технологического с оборудования может выполнять работник, имеющий группу не ниже III, из числа оперативного персонала, находящегося на дежурстве, либо работник из числа административно-технического персонала, имеющий группу V и работник, имеющий группу IV, для электроустановок напряжением выше 1000 вольт и право единоличного осмотра на основании письменного распоряжения руководителя организации.

Работники, не обслуживающие электроустановки, могут допускаться в них в сопровождении оперативного персонала, имеющего группу IV, в электроустановках напряжением выше 1000 вольт, и имеющего группу III – в электроустановках напряжением до 1000 вольт, либо работника, имеющего право единоличного осмотра.

Сопровождающий работник должен следить за безопасностью людей, допущенных в электроустановки, и предупреждать их о запрещении приближаться к токоведущим частям.

При осмотре электроустановок разрешается открывать двери щитов, сборок, пультов управления и других устройств.

Не допускается проникать за ограждения и барьеры электроустановок.

Не допускается выполнение какой-либо работы во время осмотра.

Двери помещений электроустановок, камер, щитов и сборок, кроме тех, в которых проводятся работы, должны быть закрыты на замок.

Порядок хранения и выдачи ключей от электроустановок определяется распоряжением руководителя организации. Ключи от электроустановок должны находиться на учете у оперативного персонала. В электроустановках, не имею-

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

щих местного оперативного персонала, ключи могут быть на учете у административно-технического персонала.

Ключи должны быть пронумерованы и храниться в запираемом ящике. Один комплект должен быть запасным.

Ключи должны выдаваться под расписку:

- работникам, имеющим право единоличного осмотра (в том числе оперативному персоналу), от всех помещений;

- при допуске по наряду-допуску допускающему из числа оперативного персонала, ответственному руководителю и производителю работ, наблюдающему от помещений, в которых предстоит работать.

Ключи подлежат возврату ежедневно по окончании осмотра или работы.

При работе в электроустановках, не имеющих местного оперативного персонала, ключи должны возвращаться не позднее следующего рабочего дня после осмотра или полного окончания работы.

Выдача и возврат ключей должны учитываться в специальном журнале произвольной формы или в оперативном журнале.

При несчастных случаях для освобождения пострадавшего от действия электрического тока напряжение должно быть снято немедленно без предварительного разрешения руководителя работ.

Порядок и условия производства работ .

Работы в действующих электроустановках должны проводиться по наряду-допуску (далее наряду), по распоряжению, по перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Не допускается самовольное проведение работ, а также расширение рабочих мест и объема задания, определенных нарядом или распоряжением.

Выполнение работ в зоне действия другого наряда должно согласовываться с работником, ведущим работы по ранее выданному наряду (ответственным руководителем работ) или выдавшим наряд на работы в зоне действия другого наряда.

В электроустановках напряжением до 1000 вольт при работе под напряжением необходимо:

- оградить расположенные вблизи рабочего места другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;

- работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре;

- применять изолированный инструмент (у отверток, кроме того, должен быть изолирован стержень), пользоваться диэлектрическими перчатками.

Не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а также использовать ножонки, напильники, металлические метры и т.п.

Не допускается при работе около не огражденных токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или с двух боковых сторон.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Персоналу следует помнить, что после исчезновения напряжения на электроустановке оно может быть подано вновь без предупреждения.

Не допускаются работы в неосвещенных местах. Освещенность участков работ, рабочих мест, проездов и подходов к ним должна быть равномерной, без слепящего действия осветительных устройств в отношении работающих.

Весь персонал, работающий в помещениях с энергооборудованием (за исключением щитов управления, релейных и им подобных), в ЗРУ и ОРУ, в колодцах, туннелях и траншеях, а также участвующий в обслуживании и ремонте воздушных линий, должен пользоваться защитными касками.

Мероприятия, обеспечивающие безопасное проведение работ

Организационные мероприятия.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

а) оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

б) допуск к работе;

в) надзор во время работы;

г) оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

- ответственный руководитель работ;

- допускающий;

- производитель работ;

- наблюдающий;

- член бригады.

Состав бригады.

Численность бригады и ее состав, с учетом квалификации членов бригады по электробезопасности, должны определяться исходя из условий выполнения работы, а также возможности обеспечения надзора за членами бригады со стороны производителя работ (наблюдающего).

Член бригады, руководимой производителем работ, должен иметь группу III, за исключением работ на воздушных линиях (ВЛ).

В бригаду на каждого работника, имеющего группу III, допускается включать одного работника, имеющего группу II, но общее число членов бригады, имеющих группу II, не должно превышать трех.

Подготовка рабочего места и допуск бригады к работе по наряду и распоряжению.

При возникновении сомнения в достаточности и правильности мер по подготовке рабочего места и в возможности безопасного выполнения работы эта подготовка должна быть прекращена, а намечаемая работа отложена до выдачи но-

вого наряда, предусматривающего технические мероприятия, устраняющие возникшие сомнения в безопасности.

Допуск к работе проводится после проверки подготовки рабочего места. При этом допускающий должен проверить соответствие состава бригады составу, указанному в наряде или распоряжении, по именованным удостоверениям членов бригады. Доказать бригаде, что напряжение отсутствует, показом установленных заземлений или проверкой отсутствия напряжения, если заземления не видны с рабочего места, а в электроустановках напряжением 35 кВ и ниже (где позволяет конструктивное исполнение) последующим прикосновением рукой к токоведущим частям.

Началу работ по наряду или распоряжению должен предшествовать целевой инструктаж, предусматривающий указания по безопасному выполнению конкретной работы в последовательной цепи от выдавшего наряд, отдавшего распоряжение до члена бригады (исполнителя).

Без проведения целевого инструктажа допуск к работе запрещается.

Надзор при проведении работ, изменения в составе бригады

После допуска к работе надзор за соблюдением бригадой требований безопасности возлагается на производителя работ (наблюдающего), который должен так организовать свою работу, чтобы вести контроль над всеми членами бригады, находясь по возможности на том участке рабочего места, где выполняется наиболее опасная работа.

Не допускается наблюдающему совмещать надзор и выполнение какой-либо работы.

При обнаружении нарушений правил безопасности или выявлении других обстоятельств, угрожающих безопасности работающих, бригада должна быть удалена с рабочего места и у производителя работ (наблюдающего) должен быть изъят наряд. Только после устранения обнаруженных нарушений бригада может быть вновь допущена к работе с соблюдением требований первичного допуска.

Технические мероприятия

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

а) произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

б) на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

в) проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

г) наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

д) вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Проверка отсутствия напряжения.

Проверять отсутствие напряжения необходимо указателем напряжения, исправность которого перед применением должна быть установлена с помощью предназначенных для этой цели специальных приборов или приближением к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением.

В электроустановках напряжением до 1000 вольт с заземленной нейтралью при применении двухполюсного указателя проверять отсутствие напряжения нужно как между фазами, так и между каждой фазой и заземленным корпусом оборудования или защитным проводником. Допускается применять предварительно проверенный вольтметр. Запрещается пользоваться контрольными лампами.

Устанавливать заземления на токоведущие части необходимо непосредственно после проверки отсутствия напряжения.

Ограждение рабочего места, вывешивание плакатов

В электроустановках должны быть вывешены плакаты «Заземлено» на приводах разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок электроустановки, и на ключах и кнопках дистанционного управления коммутационными аппаратами.

Для временного ограждения токоведущих частей, оставшихся под напряжением, могут применяться щиты, ширмы, экраны и подобное оборудование, изготовленное из изоляционных материалов.

На ограждениях камер, шкафах и панелях, граничащих с рабочим местом, должны быть вывешены плакаты «Стой! Напряжение».

На подготовленных рабочих местах в электроустановках должен быть вывешен плакат «Работать здесь».

Не допускается убирать или переставлять до полного окончания работы плакаты и ограждения, установленные при подготовке рабочих мест допускающим, кроме случаев, оговоренных в графе «Особые указания» наряда.

5.2 Молниезащита здания насосной станции

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение попадания прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молний и заноса высокого потенциала.

Прямой удар молнии вызывает электрические воздействия, связанные с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжения на пораженных элементах. При отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии неконтролируемы и ее удар может создать опасность поражения током, опасные напряжения шага и прикосновения, перекрытия на другие объекты.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Вторичные проявления молнии связаны с действием на объект электромагнитного поля близких разрядов. Обычно это поле рассматривают в виде двух составляющих: электростатической и электромагнитной индукцией. Электростатическая индукция проявляется в виде перенапряжения, возникающего на металлических конструкциях объекта. При отсутствии надлежащего заземлителя перенапряжение может достигать сотен киловольт и создавать опасность поражения людей и перекрытий между разными частями объекта. Электромагнитная индукция связана с образованием в металлических контурах ЭДС. Протяженные коммуникации в современных производственных зданиях могут образовывать охватывающие большую площадь контуры, в которых возможно наведение ЭДС в несколько десятков киловольт. В местах сближения протяженных металлических конструкций, в разрывах незамкнутых контуров создается опасность перекрытий и искрений с возможным рассеянием энергии около десятых долей джоуля.

Занос высокого потенциала по вводимым в объект коммуникациям представляет собой перенапряжение, возникающее на коммуникации при прямых и близких ударах молнии и распространяющееся в виде набегающей на объект волны. Опасность создается за счет возможных перекрытий с коммуникации на заземленные части объекта. Подземные коммуникации также представляют опасность, так как могут принять на себя часть растекающихся в земле токов молнии и занести их в объект. [26]

Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток от земли. В качестве естественных молниеотводов использовать металлическую кровлю зданий, высотные конструкции. По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на стержневые (вертикальные), тросовые (горизонтальные протяженные) и сетки, состоящие из продольных и поперечных горизонтальных электродов, соединенных в местах пересечений. Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и установленные на объекте; молниеприемные сетки укладываются на неметаллическую кровлю защищаемых зданий и сооружений. Однако укладка сеток рациональна лишь на зданиях с горизонтальными крышами, где равновероятно поражение молнией любого их участка.

Согласно [26] здание насосной станции подлежит молниезащите по II категории. Здание должно быть защищено от прямых ударов молний, вторичных ее проявлений и заноса высоких потенциалов по надземным и подземным коммуникациям.

Молниезащита осуществляется:

- от прямых ударов молний при помощи молниеприёмной сетки из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм и с ячейками не менее 6х6м, соединенной токоотводами не реже чем через 25 м. с заземлителем; выполняется контур из вертикальных электродов длиной не менее трёх метров объединённых горизонтальным электродом длиной 2-3 м.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

- от вторичных проявлений молнии:

а) путем присоединения металлических конструкций и корпусов всего оборудования к заземлителю;

б) устройством перемычек между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями;

в) во фланцевых соединениях трубопроводов внутри здания следует обеспечить нормальную затяжку не менее четырех болтов на каждый фланец.

- от заноса высоких потенциалов по подземным и надземным коммуникациям путем присоединения их на вводе в здание к заземлителю.

Заземлитель принимается общим для целей молниезащиты и защитного заземления.

В качестве токоотводов следует использовать металлические конструкции зданий и сооружений при условии обеспечения непрерывной электрической связи в соединениях конструкций и арматуры с молниеприемниками и заземлителями, выполняемых, как правило, сваркой.

Исполнение молниезащиты насосной станции представлено на рисунке 6.

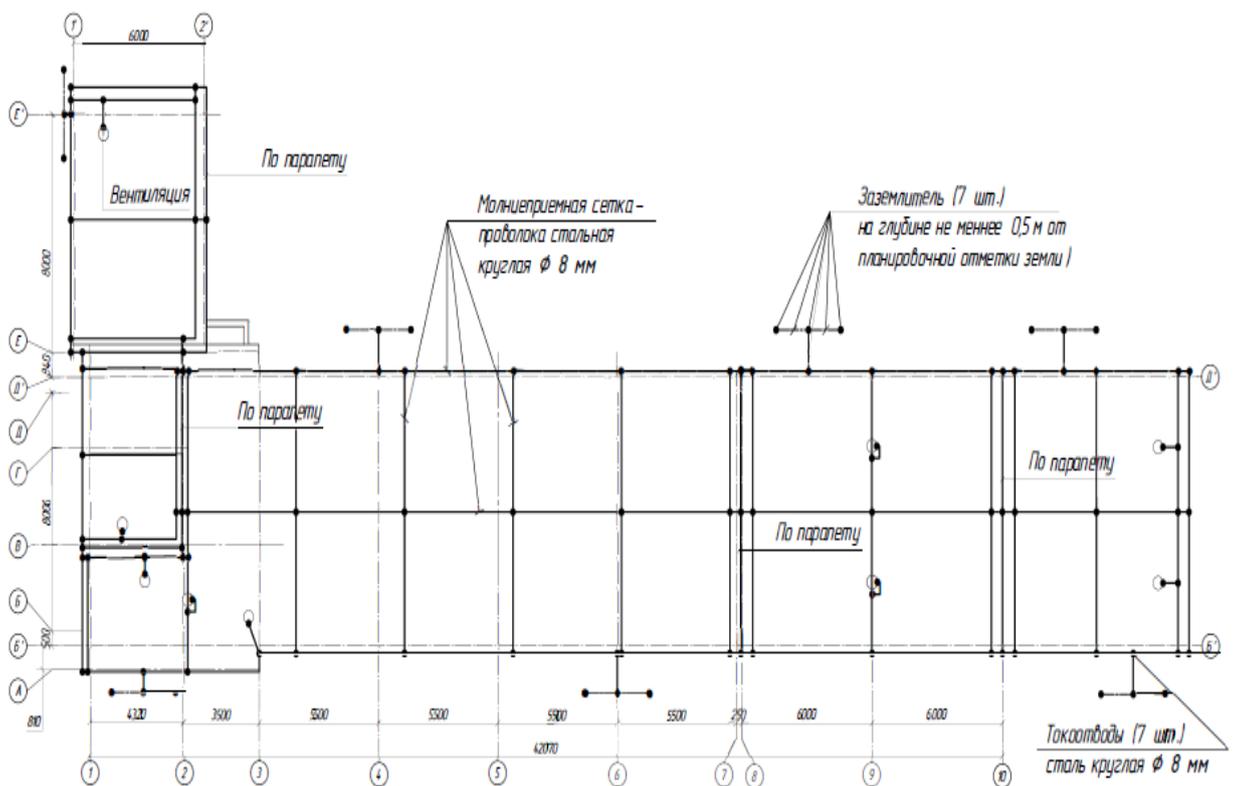


Рисунок 6 – Молниезащита насосной станции

5.3 Расчет контура заземления помещения КТП здания насосной станции

Важнейшим мероприятием по технике безопасности в электротехнических установках является применение защитного заземления. Защитным заземлением называют заземление частей электроустановки с целью обеспечения:

- в электроустановках с изолированной нейтралью - безопасного значения напряжения прикосновения и ток через человека при замыкании фазы сети на заземленные части;

- в электроустановках с глухо заземленной нейтралью - срабатывание защиты на отключение поврежденного участка в минимально короткий срок.

Заземляющее устройство КТП принято общим для напряжений 6 и 0,4 кВ. Сопротивление заземляющего устройства в любое время года с учетом сопротивления всех присоединенных естественных заземлителей должно быть не более 4 Ом и удовлетворять требованиям [1].

Заземлитель в помещении КТП выполнен из полосовой стали. Полоса проложена по периметру помещения КТП по стене. К ней присоединяются все металлоконструкции, которые могут находиться под напряжением, полосовой сталью 40x4 мм.

Заземляющее устройство выполняется в виде контура из полосы 40x4 мм, проложенной на глубине 0,6 м и стержней диаметром 20 мм и длиной 4м.

Сопротивление горизонтальной соединительной полосы контура определяется по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{P \cdot K_c}{2\pi \cdot L_{\Gamma}} \cdot LG\left(\frac{2 \cdot L_{\Gamma}^2}{b \cdot T}\right) \quad (59)$$

где L_{Γ} – длина полосы, м;

b – ширина полосы, м;

t – глубина заложения контура, м;

k_c – повышающий коэффициент.

Район относится ко второй климатической зоне. Для учета высыхания или промерзания грунта принимается для уголков повышающий коэффициент равный 1,7 [27]. Длина полосы равна 31,24 м. Грунт в районе зданий имеет удельное сопротивление $\rho = 100$ Ом·м (суглинок).

Сопротивление горизонтальной соединительной полосы контура здания пристроя равно:

$$R_{\Gamma} = \frac{100 \cdot 1,7}{6,28 \cdot 31,24} \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 31,24^2}{0,04 \cdot 0,6}\right) = 4,25 \text{ Ом}$$

С учетом коэффициента использования:

$$R_{\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{H_{\Gamma}}, \quad (60)$$

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

где η_{Γ} – коэффициент использования соединительной полосы в контуре из вертикальных электродов. При расстоянии между электродами и длине электродов равном 4 м, а также предварительно принятом числе электродов равном 10, коэффициент использования составляет 0,62 [27].

Тогда:

$$R_{\Gamma} = \frac{4,25}{0,62} = 6,85 \text{ Ом}$$

Необходимое сопротивление вертикальных заземлителей с учетом соединительной полосы:

$$R_{\text{В}} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_3}{R_{\Gamma} - R_3} = \frac{6,85 \cdot 4}{6,85 - 4} = 9,61 \text{ Ом}$$

Сопротивление одного вертикального заземлителя определяется по выражению:

$$R'_{\text{В}} = \frac{\rho \cdot K_{\text{С}}}{2\pi \cdot L_{\text{В}}} \cdot \left[\text{LG} \left(\frac{2 \cdot L_{\text{В}}}{D} \right) + \frac{1}{2} \text{LG} \left(\frac{4 \cdot T + L_{\text{В}}}{4 \cdot T - L_{\text{В}}} \right) \right], \quad (61)$$

где $L_{\text{В}}$ – длина стержня, м;

d – диаметр стержня, м;

t – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя, м.

$$R'_{\text{В}} = \frac{100 \cdot 1,7}{6,28 \cdot 4} \cdot \left[\text{lg} \left(\frac{2 \cdot 4}{0,02} \right) + \frac{1}{2} \text{lg} \left(\frac{4 \cdot 2,6 + 4}{4 \cdot 2,6 - 4} \right) \right] = 18,8 \text{ Ом}$$

Количество вертикальных заземлителей:

$$N_{\text{В}} = \frac{R'_{\text{В}}}{R_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{В}}}, \quad (62)$$

где $\eta_{\text{В}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей, размещенных по контуру без учета влияния полосы связи, $\eta_{\text{В}} = 0,54$ [27].

Тогда:

$$n_{\text{В}} = \frac{18,8}{9,61 \cdot 0,54} = 3,62$$

Устанавливается 4 вертикальных заземлителя.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

5.4 Экологическая безопасность

Основным источником загрязнения окружающей среды на насосной станции является затопление водой территории прилегающих к насосной станции и магистральным водоводам в случае порывов водопроводных сетей. Применение на насосной станции частотно – регулируемого привода позволяет исключить гидроудары, а следовательно значительно сократить количество аварий связанных с затоплением прилегающих территорий, а так же уменьшить количество аварийно – восстановительных работ связанных с проведением земляных работ.

Проблема защиты водных ресурсов требует системного решения. На сегодняшний день на государственном уровне принято несколько основополагающих документов, которые в комплексе регулируют эту сферу:

- Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 года №74-ФЗ;
- Федеральный закон от 7 декабря 2011 года №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»;
- Постановление Правительства РФ от 5 сентября 2013 года №782 «О схемах водоснабжения и водоотведения».

Водное законодательство России регулирует отношения в области использования и охраны водных объектов в целях обеспечения прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержание оптимальных условий водопользования; качества поверхностных и подземных вод в соответствии с санитарными и экологическими требованиями; защиты водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; сохранения биологического разнообразия водных экосистем.

Согласно водному кодексу РФ, использование водных объектов для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения является приоритетным. Для этих водоснабжений должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения поверхностные и подземные водные объекты. Известно, что одним из постоянных источников концентрированного загрязнения поверхностных водоемов являются сбрасываемые без обработки воды, образующиеся в результате промывки фильтровальных сооружений станций водоочистки. Вещества и компоненты технологических материалов, а также бактериальные загрязнения, попадая в водоем, увеличивают мутность воды, сокращают доступ света в глубину, и, как следствие, снижают интенсивность фотосинтеза, что в свою очередь приводит к уменьшению сообщества, способствующего процессам самоочищения.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия на водоем в процессе водоподготовки необходимо использование ресурсосберегающей, природоохранной технологии повторного использования промывных вод фильтров.

Данная технология позволяет повысить экологическую безопасность водного объекта, исключив сброс промывных вод в водоем.

При эксплуатации ВОС предлагается использовать технологии без применения хлора. Вместо жидкого хлора планируется использовать новые эффектив-

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

ные обеззараживающие реагенты (гипохлорит натрия) совместно с предеммонированием воды сульфатом аммония. Это позволит не только улучшить качество питьевой воды, практически исключив содержание высокотоксичных хлорорганических соединений в питьевой воде, но и повысить безопасность производства до уровня, отвечающего современным требованиям, за счет исключения из обращения опасного вещества – жидкого хлора.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассмотрены вопросы, связанные с реконструкцией системы электроснабжения здания насосной станции завода.

Для правильного выбора мощности трансформаторов был произведен расчет электрических нагрузок здания от силовых электроприемников и нагрузки от осветительных установок помещений здания. Для питания электроприемников была применена комплектная двухтрансформаторная подстанция, так как имеются ЭП первой категории по надежности электроснабжения.

После составления баланса активных и реактивных мощностей была проверена необходимость установки средств компенсации реактивной мощности. Устанавливаются 2 конденсаторные установки, которые подключаются к каждой секции трансформаторной подстанции.

Для предложенной радиальной схемы электроснабжения выполнен электрический расчет. Произведенный расчет позволил оценить качество доставляемой до потребителей электрической энергии, которое полностью соответствовало требованиям нормативных документов.

Проведенный сметно-финансовый расчет определил сметную стоимость реконструкции внешнего электроснабжения с учетом заработной платы основных рабочих, стоимости материалов и эксплуатации машин.

Раздел техники безопасности в полной мере освещает безопасные методы обслуживания электроустановок. Произведенный расчет устройств молниезащиты позволил защитить здание от прямого попадания молнии, а расчет заземляющих устройств подстанции – определить размеры заземляющих сооружений.

В качестве специального вопроса был рассмотрен тема вопрос применения частотного регулирования в системах водоснабжения. Применение преобразователей частоты является одним из способов экономии электроэнергии.

										13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							70

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учебник-М./ Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. ФОРУМ; НИЦ ИНФА-М, 2012 – 84 с. (Высшее образование)
2. Ардатовский светотехнический завод. Светильники для производственных и общественных помещений, наружного освещения, пускорегулирующие аппараты. Каталог 2012 – 48 с.
3. Бенерман В.И. Проектирование силового электрооборудования промышленных предприятий./ Бенерман В.И., Ловцкий Н.Н – М.: Государственное энергетическое издательство, 1960 – 42 с.
4. Вакуумные выключатели ВВ/TEL. Каталог фирмы «Таврида Электрик», 2013.
5. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Национальный стандарт РФ, 2010. – Группа Т86.8, дата введения 01.01.2013.
6. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений, – Москва ГНИЭИ им. Кржижановского, 1987 – 87 с.
7. Капунцов Ю.Д. Электрооборудование и электропривод промышленных установок/ Капунцов Ю.Д., Елисеев В.А., Ильяшенко Л.А.: Учебник для вузов/Под ред. проф. М.М. Соколова. – М.: Высш. школа, 1979 – 103 с.
8. Каталог трансформаторов: <http://transform74.ru/tr/31/324/>
9. Каталог трансформаторов : http://uztt.ru/suhoj_transformator_tsz_630_6-10023
10. Каталог ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод» Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 1, 6, 10, 20, 35, 64/110 кВ, - изд. 3.
11. Каталог кабельной продукции: <http://korporacia.ru>
12. Каталог продукции Schneider Electric: <http://www.schneider-electric.com>
13. Каталог обогревателей <http://www.bester54.ru/cms.php?type=page&id=22>
14. Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий). Выпуск 3-4 (63-64). – М.; НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2011 – 73 с.
15. Киреева Э.А. Электроснабжение цехов промышленных предприятий./ Киреева Э.А., Орлов В.В., Старкова Л.Е. Выпуск 12 (60). – М.; НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2009 – 82 с.
16. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения./ Г.М. Кнорринг, И.М. Фадеев, В.Н. Сидоров – 2-е изд., перераб. доп. СПб: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1992 – 103 с.
17. МДК 5-01.01 Рекомендации по нормированию труда работников энергетического хозяйства. Часть 3.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71

18. ООО «Миркон». Прайс-лист от 01.04.2014 г.
19. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов: Учеб. пособие для студентов электроэнергет. спец. вузов, 2-е изд., перераб. и доп./В.М. Блок, Г.К. Обушев, Л.Б. Паперно и др.; Под ред. В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 1990 – 62 с.
20. Правила устройств электроустановок. – 7-е изд. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2003 – 73 с.
21. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, «Энергосервис», Москва, 2015 – 25 с.
22. Применение частотно – регулируемого привода для управления насосными агрегатами <https://driveka.ru/resheniya/709.html>
23. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект - Москва, 2007 – 89 с.
24. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования – Московский энергетический институт (технический университет), 1998. – УДК 621.311.014.7.001.24 + 621.311.002.51.004.17
25. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. - Москва, 2011 – 56 с.
26. Федоров А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / Федоров А. А., Старкова Л. Е Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2003 – 58 с.
27. Федоров А.А. Теоретические основы электроснабжения промышленных предприятий/ Федоров А.А.// – М., «Энергия», 1976 – 61 с.
28. Шабад М.Ю. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей./ Шабад М.Ю.// Изд. 2-е, перераб, и доп. Л., «Энергия», 1976 – 37 с.

					13.03.02.2020.079.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72