

Аннотация

В выпускной квалификационной работе (ВКР) была рассмотрена действующая схема электроснабжения и схема с повышением потребляемой мощности электроприемников технологического цеха БК-3 на предприятии ООО «СИБУР-Тольятти».

В процессе работы был произведен расчет электрических нагрузок по производству с введением в эксплуатацию более мощных электроприемников, заменены трансформаторного оборудования на ГПП-2, а также в трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ, обеспечивающих электроэнергией не только потребителей технологического цеха БК-3, но и по всему производству ООО «СИБУР-Тольятти» в целом. Также в работе произведен расчет токов короткого замыкания, выбор основного электротехнического оборудования и проводников на напряжение 110, 10, 0,4 кВ. В дополнение рассмотрен вопрос замены маслоприемника в связи с его разрушением и возникновению угрозы нанесению ущерба окружающей среде.

Выпускная квалификационная работа состоит из 57 страниц, 4 рисунка, 24 таблиц, приложений (А) и 6 чертежей формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение ожидаемых электрических нагрузок технологического цеха БК-3.....	6
2. Выбор числа, мощности и типа силовых трансформаторов для установки на ГПП-2 ООО «СИБУР Тольятти»	14
3. Выбор электрической схемы подстанции.....	21
4. Выбор кабельных линий, распределительных устройств и трансформаторных подстанций.....	22
5. Расчёт токов короткого замыкания.....	24
6. Выбор электрических аппаратов и проводников.....	33
7. Выбор распределительных трансформаторов для цеха предприятия.....	44
8. Маслоотведение силового трансформатора ГПП-2.....	50
Заключение.....	55
Список использованных источников.....	56
Приложение А.....	58

Введение

Нашу жизнь невозможно представить без электроэнергии. Дома, на работе, на улице, везде нас окружают приборы которые работают от электричества.

Самое большое количество энергии потребляют производства различных сфер деятельности. Именно в промышленности при помощи электричества приводятся в действие огромное количество станков, аппаратов, компьютеров, которые позволяют управлять тем или иным технологическим процессом как в автоматическом режиме, так и в ручном, а также не меньше электроэнергии необходимо для освещения любой производственной площадки.

Как всем известно, химические предприятия являются опасными производствами. Это обусловлено веществами, участвующими в процессе создания какого-либо продукта. В связи с этим существует определенная опасность при работе на предприятиях такого рода, а электроснабжение требует особой точности и надежности.

Надо сказать, что прогресс не стоит на месте и от электроснабжения любых промышленных площадок требуется все больше надежности. Такая задача стоит и перед нами. Необходимо верно выбрать оптимальный вариант надежности для электроснабжения трансформаторной подстанции цеха.

Проблема оптимального электроснабжения предприятия является актуальной в наше время.

Актуальность данной проблемы увеличивается с каждым годом в связи с внедрением новых технологий и требований безопасности в промышленности.

Целью бакалаврской работы является электроснабжение цеха БК-3 Тольяттинской промышленной площадки "СИБУР Тольятти".

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- дать краткую характеристику предприятия и об изменениях электроснабжении;

- рассчитать нагрузки новых электроприемников;
- разработать новую схему электроснабжения от трансформаторной подстанции (ТП)
- определиться с выбором трансформатора;
- рассчитать токи короткого замыкания ;
- определиться с выбором оборудования по токам короткого замыкания;
- расчёт маслоотведения.

Объектом исследования является электроснабжение технологического цеха БК-3 «СИБУР Тольятти», основным видом которого является выделение изобутан-изобутиленовой фракции и изобутилена.

Предмет исследования - главная понижающая подстанция № 2, трансформаторная подстанция, распределительные пункты.

Практическая значимость работы заключается в том, что отдельные её положения могут быть использованы специалистами «СИБУР Тольятти» при разработке и реализации мероприятий по электроснабжению цеха БК-3 на предприятии.

Структура и объем работы. Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы из 51 и 2-х приложений. Общий объем работы 55 страниц машинописного текста, с приложениями.

1 Определение ожидаемых электрических нагрузок технологического цеха БК-3

1.1 Расчет электрических нагрузок

Суть данного метода состоит в следующем:

1. Все электроприемники разбиваются на характерные группы с однородным режимом работы и объединяются по месту подключения.

2. Для каждой характерной группы определяют:

а) среднюю активную мощность за наиболее загруженную смену группы электроприемников одинакового режима работы

$$P_{срi} = K_{и} \cdot \sum P_{номi} \quad (1)$$

где $P_{номi}$ – номинальная мощность рабочих электроприемников, $K_{и}$ - групповой коэффициент использования.

б) среднюю реактивную мощность за наиболее нагруженную смену для группы электроприемников одинакового режима работы:

$$Q_{срi} = \sum P_{ср} \cdot tg \varphi, \quad (2)$$

где $tg \varphi$ – соответствует групповому коэффициенту мощности.

3. Находят суммарную среднюю нагрузку по месту подключения электроприемников:

$$P_{ср\Sigma} = \sum_k P_{срi}, \quad (3)$$

$$Q_{ср\Sigma} = \sum_k Q_{срi}. \quad (4)$$

4. Определяют средневзвешанный коэффициент использования для рассматриваемой группы электроприемников:

$$K_{иср} = \frac{P_{ср\Sigma}}{\Sigma P_{ном}}, \quad (5)$$

5. Определяется эффективное или приведенное число электроприемников в группе $n_{\text{э}}$

$$n_{\text{э}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^m n_i \cdot P_{н.эi} \right)}{\sum n_i \cdot P_{н.эi}^2}, \quad (6)$$

где n_i – приведенное число электроприемников; $P_{н.эi}$ – номинальная мощность ”приведенного” электроприемника, которая для i -го узла определяется из соотношения $P_{н.эi} = P_{нi} / n_i$; $P_{нi}$ – суммарная мощность всей группы электроприемников i -го узла.

Если в результате расчета получили, что $n_{\text{э}} > n$, то $n_{\text{э}} = n$.

6. По упорядоченным диаграммам определяют коэффициент максимума:

$$K_{\text{м}} = f(K_{исрi}, n_{\text{э}}). \quad (7)$$

7. Определяется расчетная нагрузка:

$$P_p = K_{\text{м}} \cdot P_{ср\Sigma} \quad (8)$$

$$Q_p = K'_{\text{м}} \cdot Q_{ср\Sigma}, \quad (9)$$

где $K'_{\text{м}} = 1.1$, если $n_{\text{э}} \leq 10$; $K'_{\text{м}} = 1$, если $n_{\text{э}} > 10$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (10)$$

По представленному алгоритму осуществляется расчет нагрузок по действующим подстанциям. Расчет представлен в таблице 1 и приложении А.

1.2 Расчет электрического освещения по п/ст №I

Расчет электрического освещения цеха производится по методу коэффициента использования светового потока.

1. Мощность освещения.

$$P_{OCB} = 39,18 \text{ кВт.}$$

2. Расчетная активная мощность освещения

$$P_p = K_c \cdot P_{cp\Sigma} = 39,18 \cdot 0,55 = 16,03 \text{ кВт,}$$

где $K_c = 0,55$ - для зданий, состоящих из многих отдельных помещений.

3. Расчетная реактивная мощность освещения.

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi = 16,03 \cdot 1,33 = 21,32 \text{ кВар,}$$

где $\cos\varphi = 0,6$, $\operatorname{tg}\varphi = 1,33$.

4. Определение расчетной нагрузки.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{16,03^2 + 21,32^2} = 26,670 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{26,670}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 38,05 \text{ А}$$

Аналогично выполняется расчет освещения по другим подстанциям.

Расчет всех нагрузок сводим в приложении таблицу 1 и приложение А.
Суммарная нагрузка представлена в таблице 2.

Таблица 1 - Расчет электрических нагрузок ТП-I

№	Потребители	Кол-во	$P_{одн.},$ кВт	$P_{всех},$ кВт	m	K_u	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{ср},$ кВт	$Q_{ср},$ кВт	η	K_m	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ вар	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	П/ст №I															
1	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую энергию устройство или система устройств для приведения в движение привода в энергию потока жидкости	2	11	22		0,7	0,87	0,560	15,4	8,624						
2	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия на линии нагнетания	8	3,2	25,6		0,5	0,75	0,880	12,8	11,264						
3	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия на линии всасывания	7	3,2	22,4		0,5	0,75	0,880	11,2	9,856						
4	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия поз.4а	1	1,3	1,3		0,5	0,75	0,880	0,65	0,572						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока	6	5	30		0,5	0,75	0,880	15	13,200						
6	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия фильтра	7	1,3	9,1		0,5	0,75	0,560	4,55	2,548						
7	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока сброса шлама	3	0,18	0,54		0,5	0,75	0,880	0,27	0,238						
8	Запорная арматура на холодной воде	4	1,3	5,2		0,5	0,75	0,880	2,6	2,288						
9	Подвижная конструкция для закрывания водопропускного отверстия на обортной воде	2	5	10		0,5	0,75	0,880	5	4,400						
10	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия	1	17	17		0,5	0,75	0,880	8,5	7,480						
	<i>Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке или тали, которые перемещаются по подвижной стальной конструкции (мосту):</i>															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Совокупность подвижно соединенных частей для главного подъема крана	1	7,5	7,5		0,3	0,6	1,33	2,25	2,993						
13	Совокупность подвижно соединенных частей для передвижения крана	1	2,5	2,5		0,3	0,6	1,33	0,75	0,998						
14	Совокупность подвижно соединенных частей для передвижения тележки	1	1,4	1,4		0,3	0,6	1,33	0,42	0,559						
15	Гидрокомпенсатор, внутри которого установлена подвижная плунжерная пара с шариковым клапаном	1	0,75	0,75		0,3	0,6	1,33	0,225	0,299						
	<i>Вентиляция</i>															
16	Устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха	18	75	1350		0,65	0,8	0,75	877,5	658,12 5						
17	Устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха	9	78	702		0,65	0,8	0,75	456,3	342,22 5						
18	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	4	3	12		0,7	0,8	0,75	8,4	6,300						
19	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	12	2,2	26,4		0,7	0,8	0,75	18,48	13,860						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
20	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	14	0,75	10,5		0,7	0,8	0,75	7,35	5,513						
21	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным.	2	0,75	1,5		0,65	0,8	0,75	0,975	0,731						
22	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным.	4	0,35	1,4		0,65	0,8	0,75	0,91	0,683						
	<i>Освещение</i>															
23	Прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			39,18			0,75	1,33					16,03	21,32	27	38,05
	Итого по ТП №I	108	1,3-78	2298,3	>3	0,63		0,75	1450	1093	32	1,1	1638	1093	1969	2842

Таблица 2 - Общая нагрузка

№ п/п	Наименование ЭП	Кол-во приемников эл.эн.	Мощность одного приемника эл.эн, кВт	Мощность всех приемников эл.эн, кВт	m	Ku	cosφ	tgφ	Pcp, кВт	Qcp, кВт	Km	Pp, кВт	Qp, вар	Sp, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Итоговая нагрузка по ПС-I	108	1,3-78	2298,27	> 3	0,631		0,754	1449,53	1092,754	1,13	1637,969	1092,754	1969,023
2	Итоговая нагрузка по ПС-II	379	0,75 - 200	4729,5	> 3	0,650		0,664	3074,557 5	2041,357	1,13	3474,250	2041,357	4029,585
3	Итоговая нагрузка по ПС-III	83	0,25 - 100	1325,99	> 3	0,664		0,663	880,683	583,950	1,15	1012,785	583,950	1169,073
4	Итоговая нагрузка по ПС-IV	209	0,014 - 315	3030,492	> 3	0,594		0,703	1800,931	1266,735	1,15	2071,071	1266,735	2427,746
5	Итоговая нагрузка по ПС-V	429	0,25 - 100	5042,39	> 3	0,638		0,789	3215,645	2538,143	1	3215,645	2538,143	4096,650
6	Итоговая нагрузка по ПС-VI	196	0,75 - 200	5565,74	> 3	0,565		0,755	3143,82	2374,557	1,12	3521,078	2374,557	4246,942
7	Итоговая нагрузка по ПС-VII	167	0,18 - 250	3181,79	> 3	0,286		0,558	910,5957	507,709	1,61	1466,059	507,709	1551,482
8	Итоговая нагрузка по синхр.двиг	6	1600	9600	< 3	0,900	0,850	0,620	8640	5356,800	1,07	9244,800	5356,800	10684,645
	<u>Всего по комплексу</u>	1577	0,014-1600	34774,17	<3	0,665	0,850	0,682	23116	15762	-	25643,657	15762,0047	30100,46
	<u>Доп.нагрузка</u>													65158,54
	<u>Итого по ГПП</u>													108059

2 Выбор числа, мощности и типа силовых трансформаторов для установки на ГПП №2 «СИБУР Тольятти»

2.1 Выбор типа силового трансформатора

ООО «СИБУР Тольятти» осуществляет питание различных производств и через нее протекают значительные мощности, что является причиной больших токов короткого замыкания. Поэтому для ограничения токов короткого замыкания и осуществления питания потребителей от различных секций шин ЗРУ-6 кВ (обеспечение разделение нагрузок и надежности), выбираем тип трансформатора ТРДН.

Существующие трансформаторы введены в эксплуатацию в 1971г. Срок службы трансформаторов, по паспорту, составляет 25-30 лет. На сегодняшний день срок эксплуатации трансформаторов составляет 45 лет.

Согласно таблице 1,2 [3] для трансформаторов мощностью от 40000 до 200000 кВА одинаково возможны к реализации системы охлаждения Д, ДЦ, Ц. Учитывая перспективный коэффициент загрузки 0,675 и современные разработки в трансформаторостроении, для ГПП №2 ООО «СИБУР Тольятти» будет достаточна система охлаждения Д, что также выгодно и с экономической точки зрения.

Для определения необходимости замены трансформатора на более мощный осуществим расчет трансформаторов на мощность 80 МВА и 125 МВА

2.2 Выбор количества и расчет мощности трансформатора объекта проектирования

Существующая схема распределительного устройства 110 кВ ГПП №1 уже предусматривает установку 2-ух трансформаторов. Нецелесообразно уменьшать количество трансформаторов на ГПП №2 (т.к. на ГПП

присутствуют потребители преимущественно 1-ой категории электроснабжения), но и не требуется увеличения количества, т.к. согласно [НТП ПС 35-750] установка более 2-х трансформаторов не рекомендована и экономически не выгодна, и требует аргументированное обоснование.

Мощность трансформаторов рассчитывается и выбирается исходя из множества факторов:

- расчетной нагрузки на данный момент и перспективной (с учетом роста нагрузок);
- удельной плотности нагрузок;
- перетоков требуемой мощности к нагрузке в нормальном режиме и в аварийном режиме;
- минимальных приведенных затрат.

Т.к. основные потребители электроэнергии на предприятии «СИБУР Тольятти» являются потребителями с 1 категорией электроснабжения, то мощность устанавливаемых трансформаторов необходимо выбирать исходя из условий перегрузки трансформатора (допустимой, согласно ГОСТ 14209-85) в аварийном режиме. Расчетная формула представлена далее:

$$S_{\text{ном.ТР}} \geq \frac{S_{\text{max пс}} \cdot k_{1-2}}{k_{\text{пер}} (n - 1)} \quad (11)$$

где k_{1-2} – коэффициент, определяющий участие потребителей 1-ой категории электроснабжения в нагрузке (для ГПП №2 ООО «СИБУР Тольятти» принимаем 0,9) [6];

$k_{\text{пер}}$ – коэффициент учитывающий работу одного из трансформаторов на полную мощность ГПП, принимаем равным 1,4;

n – количество трансформаторов, работающих на ГПП параллельно, которое равно, соответственно, 2-ум;

$S_{\text{max пс}} = 108059,1336$ кВА – нагрузка ПС с учетом перспективы ее роста.

$$S_{\text{ном.ТР}} = \frac{108059 \cdot 0,9}{1,4(2 - 1)} = 69466,59 \text{ кВА}$$

Согласно рекомендация, указанным в [6], для рассмотрения необходимо принять два трансформатора большей мощности, однако, на данный момент, промышленностью не выпускаются трансформаторы с расщепленными обмотками на номинальную мощность 100 МВА [5]. Поэтому принимаются к рассмотрению ТРДН-80 МВА и следующий по мощности трансформатор ТРДЦН-125 МВА.

Критериями выбора номинальной мощности трансформатора является, во первых, перспективное увеличение мощностей, во вторых, что является следствием первого, увеличении нагрузки, которая может превысить номинальную мощность трансформатора, что отрицательно скажется на самом трансформаторе, т.к. трансформаторы очень чувствительны к перегрузкам, особенно систематическим. Такие систематические перегрузки, которые не укладываются в пределы, указанные в [13] приводят к увеличению плотности потока рассеяния, увеличению объема электрически напряженной изоляции, повышенному нагреву и выходу из строя [3].

2.3 Технико-экономический расчет номинальной мощности и сравнение трансформаторов для установки на ГПП №2 ООО «СИБУР Тольятти»

Перед началом расчетов приведем их паспортные данные в таблице 3.

Таблица 3 – Паспортные данные трансформаторов

Параметр	ТРДН-80000	ТРДЦН-125000
Потери холостого хода $\Delta P_{\text{х.х.}}$, кВт	58	105
Потери короткого замыкания $\Delta P_{\text{к.}}$, кВт	310	400
Ток холостого хода $I_{\text{х.х.}}$, %	0,45	0,55
Напряжение короткого замыкания $u_{\text{к.}}$, %	10,5	11

Для расчета и сравнения необходимо рассчитать потери электроэнергии и приведенные затраты. Сначала рассчитываются потери, по формуле, представленной далее:

$$\Delta W_{\text{подст}} = \sum n_j \cdot P'_{xx} \cdot T_j + \sum_{t=1}^k (1/n \cdot P'_{k.vys} \cdot k_{3.vysj}^2 \cdot T_j + 1/n \cdot P'_{k.niz1} \cdot k_{3.niz1j}^2 \cdot T_j + 1/n \cdot P'_{k.niz2} \cdot k_{3.niz2j}^2 \cdot T_j) \quad (12)$$

где $P'_{xx} = \Delta P_{x.x} + k_{ип} \cdot Q_{x.x}$ – потери активной мощности трансформатора, приведенные, кВт;

$k_{ип} = 0,075$ кВт/квар – коэффициент изменения потерь, зависящий от расстояния до источника питания и определяемый по [6];

$Q_{x.x} = (I_{x.x}/100) \cdot S_{\text{ном.тр}}$ – потери мощности трансформатора реактивные в режиме холостого хода, квар;

$k_{3.vys}, k_{3.niz1}, k_{3.niz2} = S_j / S_{\text{ном.тр}}$ (S_j – мощность соответствующей обмотки) – коэффициенты загрузки обмоток различных напряжений трансформатора;

$P'_{k.vys}, P'_{k.niz1}, P'_{k.niz2} = P_{k.j} + k_{ип} \cdot Q_{k.j}$ – приведенные потери активной мощности короткого замыкания соответствующей обмотки;

$P_{k.j}$ – потери активной мощности КЗ соответствующей обмотки, причем для трансформатора с расщепленной по низкой стороне обмоткой $P_{k.vys} = 0$; $P_{k.niz1} = P_{k.niz2} = 2 \cdot \Delta P_k$;

$Q_{k.vys}, Q_{k.niz1}, Q_{k.niz2} = (U_{k.j}/100) \cdot S_{\text{ном.тр}}$, причем для трансформатора с расщепленной по низкой стороне обмоткой $U_{k.vys} = 0,125 \cdot u_k$; $U_{k.niz1} = U_{k.niz2} = 1,75 \cdot u_k$;

n_j – число трансформаторов, находящихся в работе на j -ой ступени годового графика, которое соответствует экономической нагрузке трансформатора $S_{\text{экон.подст}}$;

$$S_{\text{экон.подст}} = S_{\text{ном.тр}} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1) \cdot \frac{P'_{xx}}{P'_{k.vys}}} - \text{экономическая нагрузка}$$

трансформаторов на ГПП;

T_j – продолжительность нахождения нагрузки на j -ой ступени графика нагрузки трансформатора.

Нагрузка протекает по расщепленным обмоткам трансформаторов в соотношении 50/50.

Расчет параметров, необходимых для расчета потерь электроэнергии, представлен в таблице 4.

Расчет потерь электроэнергии для наглядности целесообразно также представить в виде таблиц. Расчет представлен в таблице 5 и таблице 6 для ТРДН-80000 кВА и ТРДЦН-125000 кВА, соответственно.

Таблица 4 – Расчет параметров

Параметр	ТРДН-80000	ТРДЦН-125000
$Q_{x.x}$, квар	360	687,5
P'_{xx} , кВт	85	139,375
$k_{3.vys}$	1,35	0,864
$k_{3.niz1} = k_{3.niz2}$	0,675	0,432
$P_{k.niz1} = P_{k.niz2}$, кВт	620	800
$U_{k.vys}$, %	1,3125	1,375
$U_{k.niz1} = U_{k.niz2}$, %	18,375	19,25
$Q_{k.vys}$, квар	1050	1718,75
$Q_{k.niz1} = Q_{k.niz2}$, квар	14700	24062,5
$P'_{k.vys}$, кВт	78,75	128,906
$P'_{k.niz1} = P'_{k.niz2}$, кВт	1722,5	2604,688
$S_{экон.подст}$	117540,94	183814,97

Расчет потерь электроэнергии ТРДН-80000 кВА сведен в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчет потерь электроэнергии ТРДН-80000 кВА

i	S_{vysj} , МВА	S_{niz1j} , МВА	S_{niz2j} , МВА	n_j	T_j , ч	$K_{3.vy}$, s_j	$K_{3.niz}$, l_j	$K_{3.niz}$, z_j	$\Delta W_{k.vysj}$, кВт*ч	$\Delta W_{k.niz1j}$, кВт*ч	$\Delta W_{k.niz2j}$, кВт*ч	ΔW_{xj} , кВт*ч
1	108059	54029	54029	2	750	1,82	0,46	0,46	17960	121015	121015	67500
2	97253	48626	48626	2	2000	1,48	0,37	0,37	38793	261393	261393	180000
3	86447	43223	43223	2	1750	1,17	0,29	0,29	26820	180716	180716	157500
4	79244	39622	39622	2	2750	0,98	0,25	0,25	35415	238629	238629	247500
5	43223	21611	21611	2	1510	0,29	0,07	0,07	5785	38983	38983	135900
								Σ	124773	840736	840736	788400
									$\Delta W_{подст} = 2594648$			

Расчет потерь электроэнергии ТРДН-125000 кВА сведен в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчет потерь электроэнергии ТРДН-125000 кВА

i	S _{vysj} , МВА	S _{niz1j} , МВА	S _{niz2j} , МВА	n _j	T _j , ч	K _{з,vy} s _j	K _{з,niz} 1j	K _{з,niz} 2j	ΔW _{к.высj} , кВт*ч	ΔW _{к.низ1j} , кВт*ч	ΔW _{к.низ2j} , кВт*ч	ΔW _{хj} , кВт*ч
1	108059	54029	54029	2	750	0,75	0,19	0,19	11585	74881	74881	98625
2	97253	48626	48626	2	2000	0,61	0,15	0,15	25024	161743	161743	263000
3	86447	43223	43223	2	1750	0,48	0,12	0,12	17301	111822	111822	230125
4	79244	39622	39622	2	2750	0,40	0,10	0,10	22845	147657	147657	361625
5	43223	21611	21611	2	1510	0,12	0,03	0,03	3732	24122	24122	198565
								Σ	80486,69	520223,6	520223,6	1151940
									ΔW _{podst} = 2272874			

Потери электроэнергии в трансформаторах различных мощностей отличаются достаточно мало, поэтому можно сделать предварительный вывод о нецелесообразности установки трансформатора большей мощности, т.к. эффект незначителен.

После расчета потерь электроэнергии необходимо окончательно выбрать трансформатор по экономической целесообразности. Экономическая целесообразность определяется методом приведенных затрат и рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{привед}} = E_{\text{норм.диск}} \cdot K + I_{\text{изд}} = E_{\text{норм.диск}} \cdot K + I_{\text{отчисл}} + I_{\text{пот.ЭЭ}} \quad (13)$$

где K – стоимость трансформатора, руб;

$E_{\text{норм.диск}} = 0,25$ – коэффициент дисконтирования нормативный (срока окупаемости вложений);

$I_{\text{пот.ЭЭ}} = \Delta W_{\text{podst}} \cdot C_{\text{Э}}$ - стоимость годовых потерь ЭЭ в трансформаторе, руб.;

$C_{\text{Э}} = \frac{\alpha \cdot 12}{T_{\text{М}}} + \beta$ - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии;

$\alpha = 3,85$ [1];

$\beta = 0,18$ [2];

$T_{\text{М}} = 6300$ [2]

$I_{\text{отчисл}} = 0,094 \cdot K$ [6] – годовые отчисления, руб.

Расчет параметров, необходимых для расчета приведенных затрат, а также расчет приведенных затрат по формуле (13) представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет приведенных затрат

Параметр	ТРДН-80000	ТРДЦН-125000
К, руб	50 000 000	100 000 000
$E_{\text{норм.диск}}$	0,25	0,25
$C_{\text{э}}$	0,187	0,187
$I_{\text{пот.ЭЭ}}$, руб	459577	434118
$I_{\text{отчисл}}$, руб	4 700 000	9 400 000
Приведенные затраты $Z_{\text{привед}}$, руб	17 659 577	34 834 118

Согласно расчетам потерь электроэнергии и приведенных затрат, представленных в таблицах 4, 5, 6, рациональная номинальная мощность трансформаторов ГПП №2 составляет 80 МВА.

3 Выбор электрической схемы подстанции

Схема существующей ГПП №2 имеет глухой ввод со стороны 110 кВ без мостика с выключателем и перемычки. Для повышения надежности выбрана схема с мостиком с выключателем на стороне 110 кВ. Номер схема 5АН [18].

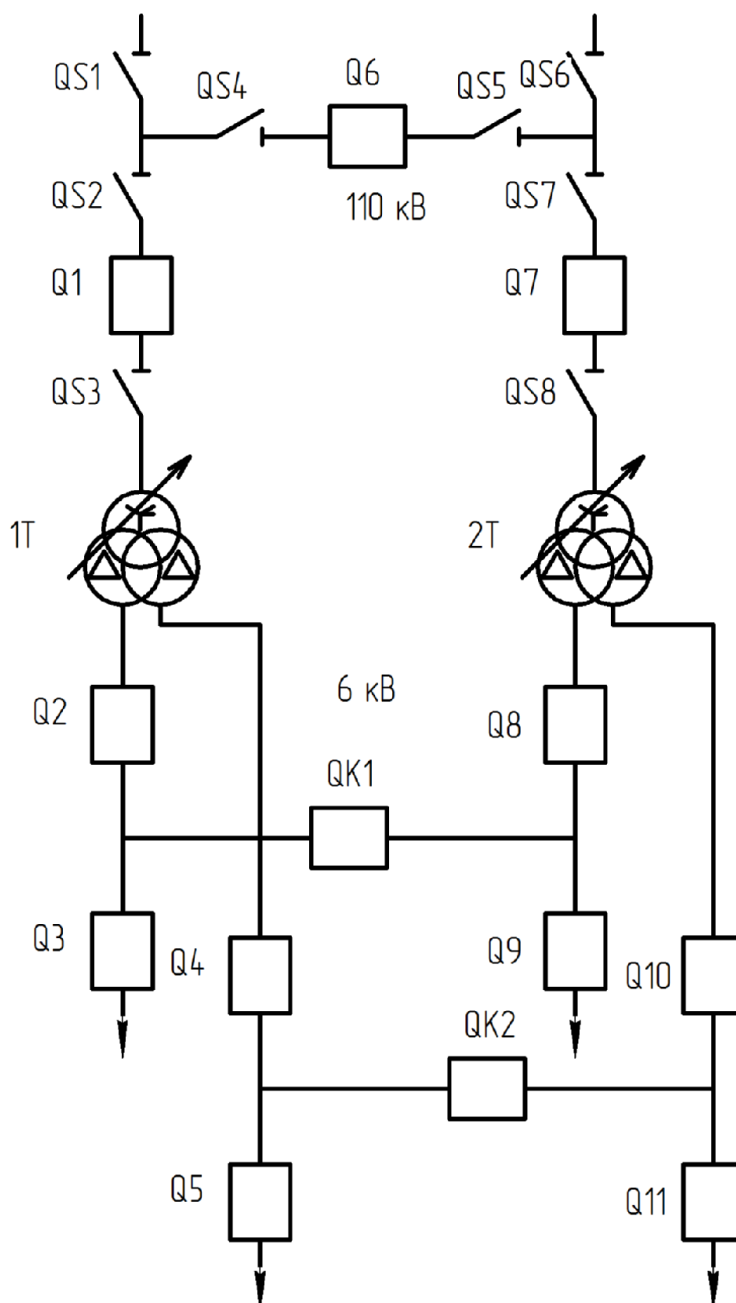


Рисунок 1 – Упрощенная принципиальная схема подстанции

4 Выбор кабельных линий распределительных устройств и трансформаторных подстанций

4.1 Выбор и проверка кабелей на 10 кВ

Выбор кабельных линий 10 кВ сведен в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета по выбору КЛ 10 кВ

Трансформаторная подстанция	$S_{ТП}, \text{кВА}$	$I_{доп}, \text{А}$	Расч.сеч, мм^2	Стандартное сечения, мм^2	Длит. доп. ток, $I_{доп}, \text{А}$	Факт. длит. доп. ток $I_{идоп}, \text{А}$	Условия токораспред. в доавар.режиме, $I_{до.ав}, \text{А}$	$L, \text{км}$	$r_0, \text{МОМ/м}$	$\Delta U_{л}, \%$	КЛ	Кол-во КЛ
ТП №I	2* 1600	123,17	102,64	120	185	193	251	1	0,258	0,52	АСБГ	2
ТП №II	2* 2500	192,45	160,38	185	235	245	319	0,75	0,167	0,23	АСБГ	2
ТП №III	2* 1000	76,98	64,15	70	130	135	176	0,85	0,443	0,32	АСБГ	2
ТП №IV	2* 2500	192,45	160,38	185	235	245	319	1,1	0,167	0,48	АСБГ	2
ТП №V	2* 2500	192,45	160,38	185	235	245	319	0,8	0,167	0,34	АСБГ	2
ТП №VI	2* 1600	123,17	102,64	120	185	193	251	0,9	0,258	0,47	АСБГ	2
ТП №VII	2* 1600	123,17	102,64	120	185	193	251	0,94	0,258	0,48	АСБГ	2
СД	6* 1600	123,17	102,64	120	185	193	251	0,9	0,258	0,47	АСБГ	2

4.2 Выбор и проверка кабелей 0,4 кВ от ТП до распределительных пунктов (РП)

Выбор кабельных линий 0,4 кВ сведен в таблицу 9.

Таблица 9 - Результаты расчета по выбору КЛ 0,4 кВ

ТП –РП (0,4кВ)	Расч.сеч, мм ²	Стандартное сечения, мм ²	Длит. доп. ток, I _{доп} , А	КЛ	Кол-во КЛ
ТП №I	2368,367	185	340	ВБбШв	13
ТП №II	4846,837	185	340	ВБбШв	27
ТП №III	1406,177	185	340	ВБбШв	8
ТП №IV	2920,125	185	340	ВБбШв	16
ТП №V	4927,505	185	340	ВБбШв	27
ТП №VI	2554,138	185	340	ВБбШв	14
ТП №VII	1886,143	185	340	ВБбШв	11
СД	2368,367	185	340	ВБбШв	13

К установке принимаем медные кабели ВБбШв (3*185+1*95)

5 Расчет токов короткого замыкания

5.1 Расчёт тока КЗ на шинах 110 кВ

Расчетная схема и схема замещения участка сети для расчёта тока КЗ представлена на рисунках 2, 3.

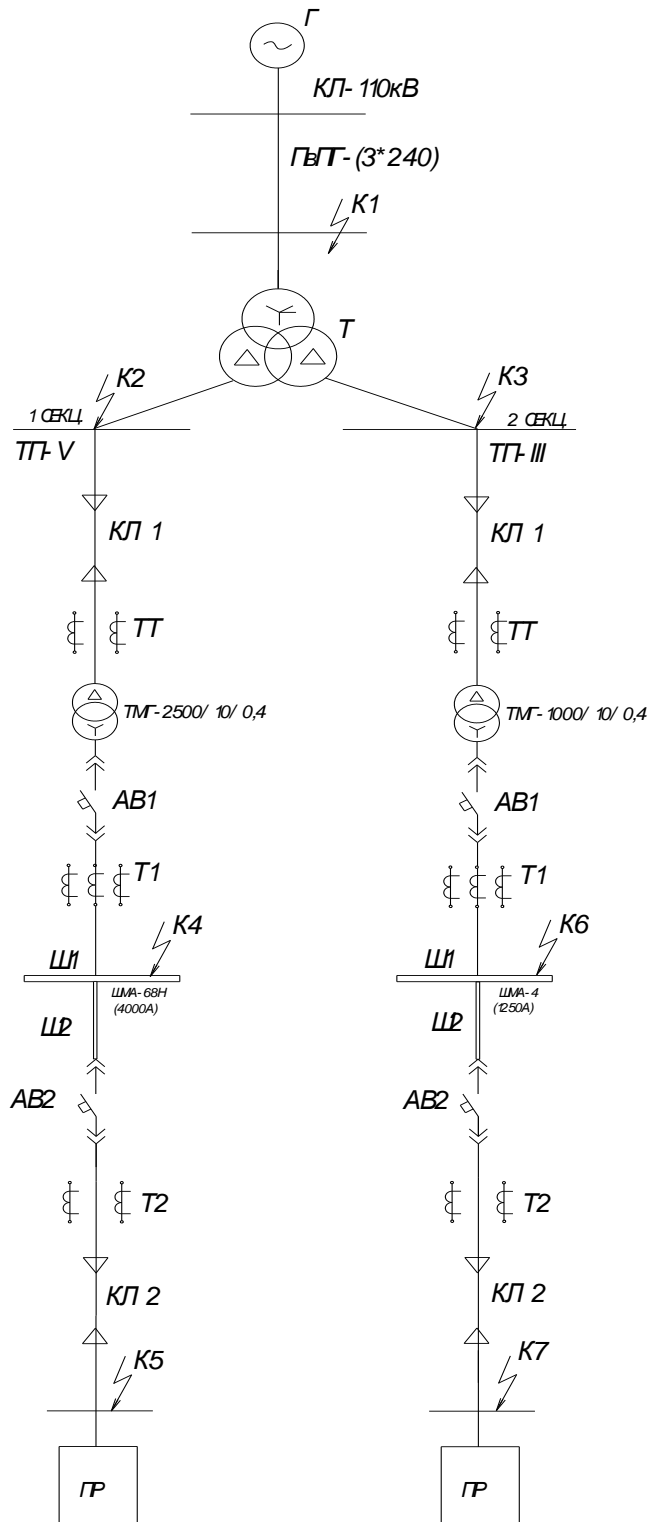


Рисунок 2 – Расчетная схема

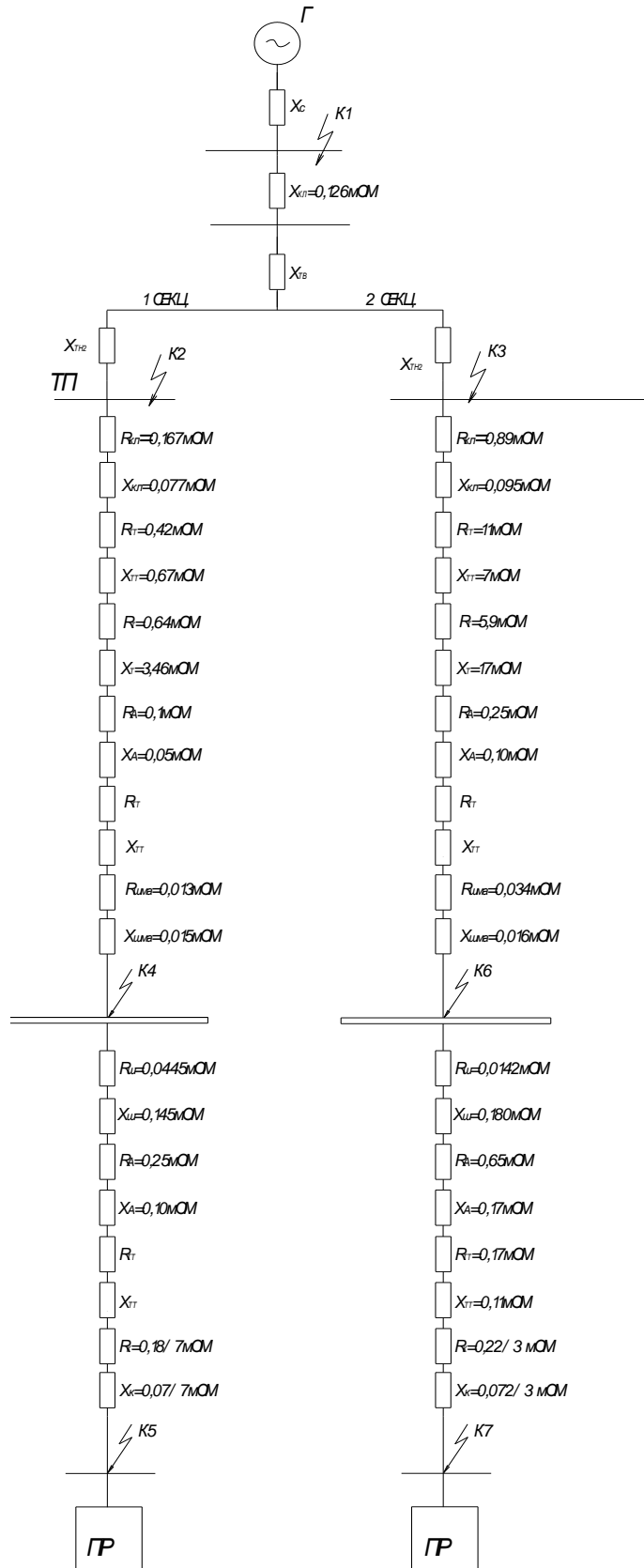


Рисунок 3 – Схема замещения

5.1.1 Расчет тока трехфазного К.З.

1. Система:

$$U_H = 115 \text{ кВ}$$
$$S_{\bar{\sigma}} = 100 \text{ МВА}$$
$$S_{\kappa} = 2100 \text{ МВА}$$
$$U_K = 10.5\%$$
$$S_{НОМ} = 80 \text{ МВА}$$

$$X_c = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{\kappa}} \quad (14)$$

$$X_c = \frac{100}{2100} = 0.0476 \text{ О.е.}$$

2. Кабельная линия: $x_0 = 0,124 \text{ Ом / км}$;

$$R_0 = 0,41 \text{ Ом / км};$$

$$l = 25 \text{ км};$$

$$U_H = 115 \text{ кВ.}$$

$$x_{* \text{ КЛ1}} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_H^2} \quad (15)$$

$$x_{* \text{ КЛ1}} = 0,124 \cdot 25 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,0234 \text{ О.е.}$$

3. Трансформатор: $S_H = 40 \text{ МВА}$:

$$x_{* \text{ ТБ}} = \frac{U_{\text{кв}}}{100} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{\text{мн}}} \quad (16)$$

$$x_{* \text{ ТБ}} = \frac{1,3125}{100} \cdot \frac{100}{80} = 0,016 \text{ О.е.}$$

$$x_{*TH} = \frac{U_{кнн}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{мн}} \quad (17)$$

$$x_{*TH} = \frac{18,375}{100} \cdot \frac{100}{40} = 0,23 \text{ O.e.}$$

$$U_{кв} = U_{к} \cdot 0,125 \quad (18)$$

$$U_{кв} = 10,5 \cdot 0,125 = 1,3125$$

$$U_{кн} = U_{к} \cdot 1,75 \quad (19)$$

$$U_{кн} = 10,5 \cdot 1,75 = 18,375$$

В точке К₁:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_l \quad (20)$$

$$X_{\Sigma} = 0.0476 + 0.0234 = 0.071 \text{ O.e.}$$

$$I_c'' = \frac{E_c}{X_{\Sigma}} \quad (21)$$

$$I_c'' = \frac{1}{0.071} = 14,08 \text{ O.e.}$$

$$I_{кз}^{(3)} = I_c'' \cdot \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (22)$$

$$I_{кз}^{(3)} = 14,08 \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 7,069 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{кз} \quad (23)$$

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 7,069 \cdot 1.8 = 17,994 \text{ кА},$$

где: $K_y = 1.8$ – ударный коэффициент [9].

Действующее значение ударного тока:

$$I_{y\kappa 1} = I_{кз}^3 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{y\delta} - 1)^2} \quad (24)$$

$$I_{y\kappa 1} = 7,069 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1.8 - 1)^2} = 10,673 \text{ кА}.$$

Мощность КЗ для точки К₁:

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{k3} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 7,069 = 1408,04 \text{ МВА}$$

В точке К₂, К₃:

Применяя тоже алгоритм рассчитаем требуемые параметры для точек К₁ и К₂. Результаты сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Показатели значений токов для точек КЗ

	Номинальное напряжения	$I^3_K,$ кА	$I^1_K,$ кА	$I_{ук},$ кА	Ударный коэф.	Ударное значение тока короткого замыкания _у , кА	Мощность короткого замыкания S _к , МВА
Точка короткого замыкания <u>К₁</u>	115	7,069	5,79	10,673	1,8	17,994	1408,04
Точка короткого замыкания <u>К₂</u>	10,5	9,749	9,49	15,999	1,92	26,472	177,3
Точка короткого замыкания <u>К₃</u>	10,5	9,749	9,49	15,999	1,92	26,472	177,3

5.2 Расчёт токов КЗ на шинах 10 кВ и 0,4 кВ трансформаторных подстанций (ТП №5)

5.2.1 Параметры расчетной схемы

Система:

$$S_k = 177,3 \text{ МВА}; U_{н.бн.} = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$X_c = \frac{U_{н.нн.}^2}{S_k} \cdot 1000 \quad (25)$$

$$X_c = \frac{0,4^2}{177,3} \cdot 1000 = 0,902 \text{ мОм}$$

Кабельная линия КЛ-0,4 кВ: АСБГ (3×185)

$$R_{1КЛ} = 0,167 \cdot 800 = 133,6 \text{ мОм}$$

$$X_{1КЛ} = 0,077 \cdot 800 = 61,6 \text{ мОм}$$

Трансформатор тока ТТ1: (ТПЛ- 200/5)

$$K_{ТТ} = 200 / 5$$

$$R_{ТТ} = 0,42 \text{ мОм}$$

$$X_{ТТ} = 0,67 \text{ мОм}$$

Трансформатор распределительный: (ТМГ – 2500/10/0,4 кВА):

$$U_{н.вн} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{н.нн} = 0,4 \text{ кВ}$$

$$U_{\kappa} = 5,5\%$$

Автоматический выключатель АВ1: (тип ВА-75):

$$I_n = 4000 \text{ А}$$

$$R_{a1} = 0,1 \text{ мОм}$$

$$X_{a2} = 0,05 \text{ мОм}$$

Магистральный шинопровод Ш1: (ШМА 68Н-4000А)

$$l = 15 \text{ м}$$

$$R_{1ш} = 0,013 \text{ мОм / м}$$

$$X_{1ш} = 0,015 \text{ мОм / м}$$

Шина Ш2: (60×8 - 1025А):

$$l = 3 \text{ м}$$

$$R_{2ш} = 0,074 \text{ мОм / м}$$

$$X_{2ш} = 0,163 \text{ мОм / м}$$

Автоматический выключатель АВ2: (ВА-53)

$$I_n = 1000 \text{ А}$$

$$R_{a2} = 0,25 \text{ мОм}$$

$$X_{a2} = 0,10 \text{ мОм}$$

Кабельная линия КЛ2: (до ПР-1) 3 кабеля (ВБбШв 3×185+1×70):

$$l = 200 \text{ м}$$

$$R_{кл2} = 0,115 \text{ мОм / м}$$

$$X_{кл2} = 0,069 \text{ мОм / м}$$

5.2.2 Расчёт параметров схемы замещения

Все сопротивления схемы приводятся к $U_{\text{баз}}=0,4\text{кВ}$

Трансформатор:

$$r_m = \frac{\Delta P_k \cdot U_{\text{HH}}^2}{S_{\text{H}}^2} \quad (26)$$

$$r_m = \frac{25 \cdot 0,4^2}{2500^2} = 0,64 \text{ мОм.};$$

$$z_m = \frac{U_k \cdot U_{\text{HH}}^2}{S_{\text{HT}}}; \quad (27)$$

$$z_m = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{2500} \cdot 10^4 = 3,52 \text{ мОм.};$$

$$x_m = x_2 = \sqrt{z_{\text{T}}^2 - r_{\text{T}}^2}; \quad (28)$$

$$x_m = x_2 = \sqrt{3,52^2 - 0,64^2} = 3,46 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ2:

$$R_{\text{КЛ2}} = 0,115 \cdot 200 / 3 = 7,66 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{КЛ2}} = 0,069 \cdot 200 / 3 = 4,6 \text{ мОм}$$

Шинопровод Ш1: (ШМА 68Н-4000А)

$$l = 15 \text{ м}$$

$$R_{\text{ш1}} = 0,013 \cdot 15 = 0,195 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{ш1}} = 0,015 \cdot 15 = 0,225 \text{ мОм}$$

Шина Ш2: (60×8 - 1025А):

$$l = 3M$$

$$R_{2u} = 0,074 \cdot 3 = 0,222 \text{ мОм}$$

$$X_{2u} = 0,163 \cdot 3 = 0,489 \text{ мОм}$$

5.2.3 Трехфазное металлическое К.З.в точке \underline{K}_4 :

1. Суммарное активное сопротивление

$$r_s = r_{TT1} + r_{кз1} + r_T + r_{шма1} + r_{A1} \quad (29)$$

$$r_s = 0,42 + 133,6 + 0,64 + 0,195 + 0,1 = 134,955 \text{ мОм}.$$

2. Суммарное индуктивное сопротивление

$$x_1 = x_c + x_{кз1} \quad (30)$$

$$x_1 = 0,902 + 61,6 = 62,502 \text{ мОм}$$

$$x_s = x_1 + x_{TT1} + x_T + x_{шма1} + x_{A1} \quad (31)$$

$$x_s = 62,05 + 0,67 + 3,46 + 0,225 + 0,05 = 66,445 \text{ мОм}.$$

3. Полное суммарное сопротивление до точки \underline{K}_4 :

$$Z_{\Sigma}^3 = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} \quad (32)$$

$$Z_{\Sigma}^3 = \sqrt{134,955^2 + 66,445^2} = 150,429 \text{ мОм}.$$

4. Ток металлического трехфазного К.З. $I_{км(3)}$ определяется:

$$I_{км}^3 = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 150,429} = 1,53 \text{ кА}$$

5. Ток трехфазного дугового КЗ определяется по формуле:

$$I_{кд}^3 = I_{км}^3 \cdot K_c \quad (33)$$

$$I_{кд}^3 = 1,53 \cdot 0,94 = 1,44 \text{ кА при } t_{кз} \approx 0$$

$$I_{к0}^3 = 1,53 \cdot 0,83 = 1,27 \text{ кА при } t_{к2} \geq 0,05 \text{ с}$$

6. Ударный ток КЗ определяется по формуле:

$$i_{y2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{км2}^3, \quad (34)$$

где K_y – ударный коэффициент, который определяется по графику.

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{66,445}{134,995} \approx 0,49$$

Этому значению соответствует $K_y=1,0$ [9,рис.4.6]

Определяем $i_y = 1,0 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,53 = 2,164 \text{ кА}$

Аналогичным образом ведем расчет для точки K_5, K_6, K_7 . Результаты расчета сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты расчётов

№	Точка короткого замыкания	Номинальное напряжение, кВ	Полное сопротивление, мОм	$I_k, \text{ кА}$	$I_y, \text{ кА}$	Ударный коэф.
1	<u>K_4</u>	0,4	150,429	1,53	2,164	1,0
2	<u>K_5</u>	0,4	160,052	1,44	2,036	1,0
3	<u>K_6</u>	0,4	267,549	0,86	1,220	1,0
4	<u>K_7</u>	0,4	284,469	0,81	1,145	1,0

6 Выбор электрических аппаратов и проводников

6.1 Выбор кабелей на 110кВ

а) Определение расчетного тока в нормальном режиме

$$I_{i\text{расч.}} = 281 \text{ А}$$

б) Выбор сечения жил кабелей по экономической плотности тока

$$F_{\text{э}} = I_{\text{р.л}} / j_{\text{эк}}, \quad (33)$$

Результаты расчетов занесены в таблицу 12.

Таблица 12

Расчет поперечного сечения проводника, мм ²	Каталожные данные, мм ²	Длительно-допустимое значение тока, А
$F_{\text{э}1} = 281, / 1,2 = 234,2$	240	533

Выбираем кабель ПвПГ 3(1×240)

6.2 Выбор кабелей на 10 кВ

Таблица 13

№ пп	Потребитель	Расч. ток, А	Расчетные сечения, мм ²	Кабель	Длительно допустимый ток, А
1	ТП №I	123,17	102,64	АСБГ (3*120)	185
2	ТП №II	192,45	160,38	АСБГ (3*185)	235
3	ТП №III	76,98	64,15	АСБГ (3*70)	130
4	ТП №IV	192,45	160,38	АСБГ (3*185)	235
5	ТП №V	192,45	160,38	АСБГ (3*185)	235
6	ТП №VI	123,17	102,64	АСБГ (3*120)	185
7	ТП №VII	123,17	102,64	АСБГ (3*120)	185
8	СД 1600 кВт	123,17	102,64	АСБГ (3*120)	185

6.3 Выбор трансформатора тока на 110кВ

Трансформатор тока выбирается по следующим параметрам:

1. Номинальному напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

$$U_{уст} = 110 \leq U_{ном} = 110 \text{кВ}$$

2. Номинальному длительному току

$$I_{норм} \leq I_{ном}$$

$$I_{норм} = 281 \text{А}$$

$$I_{ном} = 300 \text{А}$$

$$I_{норм} = 281,14 \text{А} \leq I_{ном} = 300 \text{А}$$

3. Предельному сквозному току к.з. – на электродинамическую стойкость

$$I_{н.о} \leq I_{нр.с}; i_{уд} \leq i_{нр.с}$$

$$i_{уд} = 10,673 \text{кА}$$

$$i_{нр.с} = 25 \text{кА}$$

$$i_{уд} = 10,673 \leq i_{нр.с} = 25 \text{кА}$$

4. Тепловому импульсу – на термическую стойкость

$$B_{к} \leq B_{ном}$$

$$B_{к} = I_n^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 7,069^2 \cdot (0,085 + 0,05) = 6,49 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{ном} = I_{ном}^2 \cdot t_m \cdot K_m^2 = 300^2 \cdot 25^2 \cdot 3 = 168,75 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \quad (34)$$

где t_m – длительность протекания тока термической устойчивости;

$$t_{отк} = 0,085 \text{с}; T_a = 0,05 \text{с}. B_{к} = 6,49 \leq B_{ном} = 168,75 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблица 14

Условие для выполнения	Расчётные данные	Справочные параметры
$U_{уст} \leq U_{ном}$	110 кВ	110 кВ
$I_{РАБ} \leq I_{НОМ}$	281,14 А	300 А
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$	15,378 кА	25 кА
$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T = B_{к.ном}$	6,49 кА ² ·с	168,75 кА ² ·с

Выбираем трансформатор тока **ТВТ-110 –300/5**

6.4 Выбор ограничителей перенапряжения

На напряжение:

- 110 кВ – **ОПНп-110/550/56 –УХЛ1;**
- 10 кВ – **ОПНп -10/550/10,5- УХЛ1**

Выбор заземлителей

Для создания искусственного короткого замыкания в нейтрали трансформатора устанавливается однополюсный заземлитель.

Таблица 15

Критерий	Условие для выполнения	Расчётные данные	Справочные параметры
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, кВ$	110	110
Электродинамическая стойкость	$i_{уд} \leq i_{пр.с}, кА$	10,673	80
Термическая стойкость	$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T, кА^2 \cdot с$	6,49	576

К установке принимаем заземлитель **ЗОН-110М**.

6.5 Выбор ячеек КРУ и выключателей на 10кВ

Для установки принимаем КРУ серии К – 63 Самарского завода “Электроцит”.

В ячейке КРУ «К- 63» устанавливается вакуумный выключатель, выбираемый по следующим параметрам:

1. Номинальному напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$
$$U_{уст} = 10 \leq U_{ном} = 10 \text{ кВ}$$

2. Номинальному длительному току

$$I_{норм} \leq I_{ном}$$
$$I_{норм} = \frac{1,4 \cdot 40000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 1539,6 \text{ А}$$
$$I_{ном} = 1600 \text{ А}$$
$$I_{норм} = 1539,6 \leq I_{ном} = 1600 \text{ А}$$

3. Отключающей способности:

а) на симметричный ток отключения.

$$I_{n\tau} \leq I_{откл.ном}$$
$$I_{n\tau} = I_{n,o} = 9,749 \text{ кА}$$
$$I_{откл.ном} = 20 \text{ кА}$$
$$I_{n\tau} = 9,749 \leq I_{откл.ном} = 20 \text{ (кА)}$$

б) на отключение аperiodической составляющей тока к.з.

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{откл.ном}$$

где $\beta_{ном} \approx 0.35$ – номинальное значение относительного содержания аperiodической составляющей .

$$i_{a.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{откл.ном} = \sqrt{2} \cdot 0.35 \cdot 20 = 9,89 \text{ кА}$$

$$i_{a.\tau} = \beta \cdot \sqrt{2} \cdot I_{n.\tau} = \sqrt{2} \cdot 0.35 \cdot 9,749 = 4,82 \text{ кА}$$

$$i_{a.\tau} = 4,82 \leq i_{a.ном} = 9,89 \text{ кА}$$

4. Предельному сквозному току к.з. – на электродинамическую стойкость

$$I_{n.o} \leq I_{нр.с} \quad i_{yд} \leq i_{нр.с}$$

где $i_{нр.с} = 52 \text{ кА}$ – предельный сквозной ток (выбирается из справочника; $i_{yд} = 26,472 \text{ кА}$ – наибольшее начальное действующее значение периодической составляющей тока к.з.

$$i_{yд} = 27,4 \leq i_{нр.с} = 52 \text{ кА}$$

5. Тепловому импульсу – на термическую стойкость

$$B_k \leq B_{ном}$$

$$B_k = I_n^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 9,749^2 \cdot (0.03 + 0.01) = 3,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{ном} = I_{тер}^2 \cdot t_m = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

где $I_{тер}$ – предельный ток термической устойчивости (по справочнику);

t_m – длительность протекания тока термической устойчивости.

$$t_{отк} = 0,03 \text{ с}$$

$$T_a = 0,01 \text{ с}$$

$$B_k = 3,8 \leq B_{ном} = 1200 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$$

Таблица 16

Выполнение требуемых условий ункциионирования	Расчетные параметры	Справочные данные
$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ	10 кВ
$I_{РАБ} \leq I_{ном}$	1539,6 А	1600 А
$I_{n.o} \leq I_{нр.с}$	26,472 кА	52 кА
$I_{n.\tau} \leq I_{откл.ном}$	9,749 кА	20 кА
$i_{a.\tau} \leq i_{a.ном}$	4,82 кА	9,89 кА
$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T = B_{к.ном}$	3,8 кА ² ·с	1200 кА ² ·с

Выбираем вакуумный выключатель ВБУ- 10 -20/1600

6.6 Выбор КРУ и выключателя потребителей 10кВ

Таблица 17 – Выбор ячеек КРУ-10 кВ

№	Потребитель	Расч. ток, А	Выключатель	Кол -во	КРУ
1	ТП №I (1600/10/0,4)	123,17	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
2	ТП №II (2500/10/0,4)	192,45	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
3	ТП №III (1000/10/0,4)	76,98	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
4	ТП №IV (2500/10/0,4)	192,45	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
5	ТП №V (2500/10/0,4)	192,45	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
6	ТП №VI (1600/10/0,4)	123,17	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
7	ТП №VII (1600/10/0,4)	123,17	ВБУПЗ-10-20/1000	2	К-63
8	СД 1600 кВт	123,17	ВБУПЗ-10-20/1000	12	К-63

6.7 Выбор трансформатора тока на 10 кВ

1. Номинальному напряжению

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

$$U_{уст} = 10 \leq U_{ном} = 10 \text{ (кВ)}$$

2. Номинальному длительному току

$$I_{норм} \leq I_{ном}$$

$$I_{норм} = \frac{1,4 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1,4 \cdot 40000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 1539,6 \text{ А}$$

$$I_{ном} = 3000 \text{ А}$$

$$I_{норм} = 1539 \leq I_{ном} = 3000 \text{ (А)}$$

3. Предельному сквозному току к.з. – на электродинамическую стойкость

$$I_{н.о} \leq I_{нр.с} \quad i_{уд} \leq i_{нр.с.}$$

где: $I_{нр.с} = 128 \text{ кА}$ – предельный сквозной ток (выбирается из справочника;

$I_{н.о} = 26,472 \text{ кА}$ – наибольшее начальное действующее значение периодической составляющей тока к.з.

$$I_{n.o} = 26,472 \leq I_{np.c} = 128 \text{ (кА)}$$

4. тепловому импульсу – на термическую стойкость

$$B_k \leq B_{ном}$$

$$B_k = I_n^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 9,749^2 \cdot (0.075 + 0.01) = 8,079 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{ном} = I_{ном}^2 \cdot t_m \cdot K_m^2 = 3000^2 \cdot 40^2 \cdot 3 = 43200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

где: t_m – длительность протекания тока термической устойчивости.

$$t_{отк} = 0,075 \text{ с}$$

$$T_a = 0,01 \text{ с}$$

$$B_k = 8,079 \leq B_{ном} = 43200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблица 18

Выполнение требуемых условий ункционирования	Расчетные параметры	Справочные данные
$U_{уст} \leq U_{ном}$	10,5 кВ	10,5 кВ
$I_{РАБ} \leq I_{ном}$	1539,6 А	3000 А
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$	26,472 кА	128 кА
$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T \cdot K_m^2 = B_{к.ном}$	8,079 кА ² ·с	43200 кА ² ·с

Выбираем трансформатор тока **ТПЛ– 10 - 3000/5.**

Выбор трансформаторов тока потребителей 10 кВ сведен в таблицу 19.

Таблица 19 - Выбор трансформаторов тока

№	Потребитель	Расч. ток, А	ТТ	Кол-во	Параметры
1	ТП №I (1600/10/0,4)	123,17	ТПЛ-10	2	150/5
2	ТП №II (2500/10/0,4)	192,45	ТПЛ-10	2	200/5
3	ТП №III (1000/10/0,4)	76,98	ТПЛ-10	2	100/5
4	ТП №IV (2500/10/0,4)	192,45	ТПЛ-10	2	200/5
5	ТП №V (2500/10/0,4)	192,45	ТПЛ-10	2	200/5
6	ТП №VI (1600/10/0,4)	123,17	ТПЛ-10	2	150/5
7	ТП №VII (1600/10/0,4)	123,17	ТПЛ-10	2	150/5
8	СД 1600 кВт	123,17	ТПЛ-10	12	150/5

6.8 Выбор аппаратов и оборудования на 0.4 кВ

Автоматический выключатель выбирается по следующим параметрам:

1. Номинальному напряжению: $U_{уст} \leq U_{ном}$

$$0,4 = 0,4 \text{ кВ.}$$

2. Номинальному току: $I_p \leq I_{ном}$

$$I_p = \frac{S_{н.т.}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2309,4 \text{ А}$$

$$I_{ном} = 2500 \text{ А}$$

$$2309,4 \leq 2500 \text{ А}$$

3. Конструктивному исполнению:

Для установки предлагается выключатель ВА-47 характеристиками:

- непрерывный рабочий ток $I_n = 2500 \text{ А}$;
- настраиваемый расцепитель перегрузки $(0,4 - 1) I_n$;
- настраиваемый расцепитель КЗ $(1,5 - 10) I_n$;

Для установки в цехах принимаются КТП Самарского завода «Электроцит». РУ 0,4 кВ выполняется шкафами ШН – 4. Шкафы ШН – 4 в зависимости от заказа, можно укомплектовать необходимым оборудованием.

Таблица 20 – Основное оборудование ТП-10/0,4 кВ

Потребитель	Значения расчетного тока, А	Тип распределительной линии электропередачи	Тип вводного коммутационного аппарата	Трансформатор тока	Тип секционного коммутационного аппарата	Тип питающей линии электропередачи	Шкаф
ПС I	2309,4	ШМА-4 (3200А)	ВА-75 (2500А)	ТШН-0.66 (2500/5)	ВА-53 (1600А)	13 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.
ПС II	3608,44	ШМА-68Н (4000А)	ВА-75 (4000А)	ТШН-0.66 (4000/5)	ВА-75 (2500А)	27 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.
ПС III	1443,37	ШМА-4 (1600А)	ВА-53 (1600А)	ТШН-0.66 (1500/5)	ВА-53 (1000А)	8 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.
ПС IV	3608,44	ШМА-68Н (4000А)	ВА-75 (4000А)	ТШН-0.66 (4000/5)	ВА-75 (2500А)	16 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.
ПС V	3608,44	ШМА-68Н (4000А)	ВА-75 (4000А)	ТШН-0.66 (4000/5)	ВА-75 (2500А)	27 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.
ПС VI	2309,4	ШМА-4 (3200А)	ВА-75 (2500А)	ВА-75 (2500А)	ВА-53 (1600А)	14 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.
ПС VII	2309,4	ШМА-4 (3200А)	ВА-75 (2500А)	ТШН-0.66 (2500/5)	ВА-53 (1600А)	11 ВББШв (3*185+1*95)	ШН – 4.

Таблица 21 – Распределение нагрузки по фидерам

Потребитель	Кол-во фидеров 1 с.ш.	Кол-во кабелей	Кол-во кабелей на 1 фидер	Кол-во фидеров 1 с.ш	Кол-во кабелей	Кол-во кабелей на 1 фидер	Итого фидеров в ТП
ПС I	6	13	1 ВБбШв (3*185+1*95)	6	13	1 ВБбШв (3*185+1*95)	12
ПС II	9	27	3 ВБбШв (3*185+1*95)	9	27	3 ВБбШв (3*185+1*95)	18
ПС III	4	8	2 ВБбШв (3*185+1*95)	4	8	2 ВБбШв (3*185+1*95)	8
ПС IV	8	16	2 ВБбШв (3*185+1*95)	8	16	2 ВБбШв (3*185+1*95)	16
ПС V	9	27	3 ВБбШв (3*185+1*95)	9	27	3 ВБбШв (3*185+1*95)	18
ПС VI	7	14	2 ВБбШв (3*185+1*95)	7	14	2 ВБбШв (3*185+1*95)	14
ПС VII	5	11	1 ВБбШв (3*185+1*95)	5	11	1 ВБбШв (3*185+1*95)	10

Ниже представлен выбор автоматических выключателей, устанавливаемых в распределительных пунктах 0,4 кВ.

Так как на технологической установке была произведена установка электроприёмников на более новое и эффективное оборудование, с помощью которого удалось повысить $\cos \phi$ энергосистемы технологического цеха. При замене оборудования так же была проведена автоматических выключателей, с помощью которых оборудование получает электрическую энергию. Коммутационное оборудование электродвигателей насосов устарело, что приводит к постоянным остановкам электродвигателей, выходам из строя оборудования. Было принято решение замены контакторов и автоматов.

Мощность и тип автоматических выключателей сведен в таблицу 22.

Таблица 22 – информация о коммутационной аппаратуре РП-0,4 кВ

Название оборудования	I_n, A	Автоматический выключатель
Автоматический выключатель Электродвигателя 90 кВт	157	Фирмы АВВ. Модель Т1В 160 TMD160-1600 3р
Автоматический выключатель Электродвигателя 75 кВт	144	Фирмы АВВ. Модель А2N 250 TMF 150-1500 3р F F
Автоматический выключатель Электродвигателя 55 кВт	80	Фирмы АВВ. Модель S283 C80 3P 80A (C) 6kA
Автоматический выключатель Электродвигателя 15 кВт	30	Фирмы АВВ. Модель SH203L C32 3P 32A (C) 4,5kA
Автоматический выключатель Электродвигателя 5.5 кВт	8	Фирмы АВВ. Модель SH203L C10 3P 10A (C) 4,5kA
Контактор Электродвигателя 90 кВт	157	Фирмы Siemens. Модель 3RT1056-2AB36 185 a
Контактор Электродвигателя 75 кВт	144	Фирмы Siemens. Модель 3RT1055-6LA06
Контактор Электродвигателя 55 кВт	80	Фирмы Siemens. Модель 3RT1045-1AL26
Контактор Электродвигателя 15 кВт	30	Фирмы Siemens. Модель 3RT1034-3AR60
Контактор Электродвигателя 5.5 кВт	8	Фирмы Siemens. Модель 3RH2122-2LF40-1AA0 10 a

6.8.1. Проверка выбранных автоматических выключателей осуществляется по следующим параметрам:

1) По номинальному напряжению

Номинальное рабочее напряжение АВ должно соответствовать напряжению сети.

$$U_{нAB} \geq U_c$$

2) По номинальному току

Номинальный ток отключения АВ должен быть больше тока защищаемого им оборудования или линии.

$$I_{расцAB} \geq I_{расч.л}$$

Номинальный ток эл.приемника находится по формуле:

$$I_n = \frac{P_n}{\cos\varphi_n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (35)$$

где U_n - номинальное напряжение питающей сети, P_n - номинальная мощность эл.приемника, $\cos\varphi_n$ - номинальный косинус фи указанный в паспорте эл.приемника.

Расчёт номинального тока оборудования производится по формуле 4.1 и полученные данные заносятся в таблицу 23:

Таблица 23 - расчёт номинальных токов и выбор выключателей

Название оборудования	I_n , А	Автоматический выключатель
Автоматический выключатель РП 1	600	ABB Tmax Автоматический выключатель T5H 630 TMA 500-5000 3p F F
Автоматический выключатель РП 2	600	ABB Tmax Автоматический выключатель T5H 630 TMA 500-5000 3p F F 70кА
Автоматический выключатель РП 3	600	ABB Tmax Автоматический выключатель T5H 630 TMA 500-5000 3p F F70кА
Автоматический выключатель РП 4	600	ABB Tmax Автоматический выключатель T5H 630 TMA 500-5000 3p F F70кА
АВР Секции Т1-Т2 0.4кВ		ABB ATS021
Секционный автомат Трансформаторной подстанции Секции 1-2 0.4 кВ	2500	Фирмы АBB. Модель E3N 2500 PR121/P-LSI 3P F HR (Рисунок 14).

7. Выбор распределительных трансформаторов для цеха предприятия с учётом компенсации реактивной мощности

Предприятие СИБУР – Тольятти является потребителем 1 категории электроснабжения. Технологический цех рассматриваемый в данной ВКР так же является потребителем 1 категории. Текущая схема электроснабжения представляет собой 1 трансформаторную подстанцию в которой установлено 2 трансформатора модели ТМЗ-1000 кВА. Данные трансформаторы из-за долгого срока эксплуатации считаются устаревшими, так как они были произведены и установлены в 1976г. Последние замеры изоляции, производимые на трансформаторах ТМЗ-1000 кВА, показали, что изоляция фаза-фаза и фаза-земля ниже требуемых норм. Было принято решение заменить устаревшие трансформаторы.

Выбор силовых трансформаторов будет производиться с учетом новых электроприёмников в цехе. При выборе новых силовых трансформаторов главным критерием оценки будет значение технико-экономических показателей.

Мощность новых цеховых трансформаторов подстанции зависит от нагрузки потребляемой электроприёмниками данного цеха, их категории по надежности электроснабжения. Совместно с заменой трансформаторов будет произведена установка новых, более мощных электроприёмников.

Исходные данные:

$$P_p = 802.2$$

$$Q_p = 1283.5 \text{ кВар}$$

$$S_p = 1513.6 \text{ кВА}$$

Формула расчёта количества трансформаторов:

$$N_m = \frac{P_p}{k_z \cdot S_n} \quad (36)$$

$$N_m = \frac{802.2}{0.3 \cdot 1600} = 1,7$$

где k_3 - коэффициент загрузки трансформатора, N_T - количество трансформаторов, S_H - мощность трансформатора.

Исходя из расчетов, выбираем 2 трансформатора ТМГ 1600/10-У1 (Рисунок 4) с параметрами, указанными в таблице 2.



Рисунок 4. Трансформатора ТМГ 2500/10-У1

Таблица 24 – Параметры трансформатора ТМГ-2500/10-У1

Название	Характеристики
ΔP_{xx}	1.5 кВт
$\Delta P_{кз}$	16.5 кВт
U_K	6%
i_x	0.16%

Потери в трансформаторе:

$$\Delta P_m = N_m \cdot \Delta P_{xx} + k_3^2 \cdot \Delta P_{кз} \quad (37)$$

$$\Delta P_m = 2 \cdot 1.5 + 0.3^2 \cdot 16.5 = 5.9 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = N_m \cdot i_{xx} + k_3^2 \cdot U_{кз} \cdot \frac{S_H}{100} \quad (38)$$

$$\Delta Q_m = 2 \cdot 0.16 + 0.3^2 \cdot 6 \cdot 16 = 48 \text{ кВар}$$

Расчётная нагрузка цеха с учётом потерь в трансформаторе:

$$P_p = P_{\Sigma p} + \Delta P_m \quad (39)$$

$$P_p = 802.2 + 5.9 = 808.1 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{\Sigma p} + \Delta Q_m \quad (40)$$

$$Q_p = 1283.5 + 48 = 1331.5 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{min} = 0.5 \cdot 1283.5 = 641.8 \text{ кВт}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума:

$$Q'_{\text{э1}} = Q_p - 0.7 \cdot Q_{\text{сд}} = 641.8 \text{ кВт} \quad (41)$$

$$Q''_{\text{э1}} = \alpha \cdot P_p \quad (42)$$

$$Q''_{\text{э1}} = 0.28 \cdot 802.2 = 224.6 \text{ кВт}$$

где α - расчетный коэффициент, соответствующий установленным предприятию условиям получения от энергосистемы мощностей P_m и $Q_{\text{э1}}$, $\alpha = 0,28$; $Q_{\text{сд}} = 0$.

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений: $Q_{\text{э1}} = 224.6 \text{ кВт}$.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э2}} = Q_{min} + Q_k \quad (43)$$

$$Q'_{\varepsilon 2} = 641.8 + 0 = 641.8 \text{кВар}$$

$$Q''_{\varepsilon 2} = Q_{min} - Q_p - Q_{\varepsilon 1} \quad (44)$$

$$Q''_{\varepsilon 2} = 641.8 - 1283.5 - 224.6 = -417.1 \text{кВар}$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q_{min} = 641.8 \text{кВар}$

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку_{max}} = 1.1 \cdot Q_p - Q_{\varepsilon 1} \quad (45)$$

$$Q_{ку_{max}} = 1.1 \cdot 1283.5 - 224.6 = 1187.3 \text{кВар}$$

$$Q_{ку_{min}} = Q_{min} - Q_{\varepsilon 2} \quad (46)$$

$$Q_{ку_{min}} = 641.8 - 641.8 = 0 \text{кВар}$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемые.

Компенсация реактивной мощности, стоимость затрат на компенсирующие установки и трансформатор.

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 6 кВ в сеть с напряжением до 1 кВ:

$$Q_m = \sqrt{(N_m \cdot k_3 \cdot S_m)^2 - P_p^2} = 119.6 \text{кВар} \quad (47)$$

Мощность КУ на стороне до 1кВ:

$$Q_{ку_n} = Q_p - Q_m \quad (48)$$

$$Q_{ку_n} = 1283.5 - 119.6 = 1164 \text{кВар}$$

Мощность КУ на стороне 6 кВ :

$$Q_{KV.б} = Q_{KV.max} - Q_{KV.н} \quad (49)$$

$$Q_{KV.б} = 1187.3 - 1164 = 23.3 \text{кВар}$$

На стороне до 1000В КУ требуются, так как Q более 50кВар , а на стороне свыше 1000В КУ не требуются $Q < 800 \text{кВар}$

$$Z_{KV.н} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U}{U_{БК}} \right)^2 \cdot Q + C_0 \cdot P_{БК} \cdot Q + E_p \cdot K_p \cdot 1$$

$$Z_{KV.н} = 0.223 \cdot 510 \cdot \left(\frac{1}{1} \right)^2 \cdot 0.295 + 4.8 \cdot 4.5 \cdot 0.15 + 0.27 \cdot 1 \cdot 16 = 44 \text{тыс.руб.}$$

где $E=0.223$; $C_0=4800 \text{руб/кВт}$; $U_{БК}=1$; $U=1$; $K_p=16000 \text{руб}$; $P_{БК}=4.5 \text{кВт/Мвар}$; $Q=0.295 \text{квар}$; $K_y=510 \text{тыс.руб/Мвар}$; $E_p=0.27$

Приведённые затраты на трансформатор:

$$C_0 = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (50)$$

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau, \quad (51)$$

где α – основная ставка двухставочного тарифа, $\alpha=36 \text{руб/кВт}$, β – дополнительная плата за 1 кВт·час потреблённой электроэнергии, $\beta=0,9 \text{руб/кВт·час}$, T_p – время работы трансформатора в году, $T_p=8760 \text{ч}$, T_M – время использования максимальной нагрузки предприятия в год, $T_M=4000 \text{ч}$, τ – время максимальных потерь.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot T_p; \quad (52)$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ ч},$$

$$C_0 = \left(\frac{36 \cdot 10^{-3}}{4000} + 0,9 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 157,68 \text{ руб/кВт·год},$$

$$C = \left(\frac{36 \cdot 10^{-3}}{4000} + 0,9 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 2405 = 43,3 \text{ руб/кВт·год}.$$

Стоимость трансформатора ТМГ 2500/10-У1 по данным 2016 года составляет 800000. тыс. руб.

$$E=0,223$$

$$C_{T2}=1600000 \text{ руб.} 356800$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{XX} + C \cdot K_s^2 \cdot \Delta P_{K3} = 300.3 \quad (53)$$

$$Z_T = E \cdot C_{T2} + C \cdot \Delta P_T = 0.223 \cdot 1600000 + 300.8 \cdot 5.9 = 358.6 \text{ тыс.руб.} \quad (54)$$

Суммарные затраты:

$$Z_{\text{общие}} = Z_{KV} + Z_T = 44 + 358.6 = 402.6 \text{ тыс.руб.}$$

8 Масловодоотведение силового трансформатора ГПП-2

Установка трансформатора ТРДН 80000/110/10 производится на существующий фундамент. Реконструкция маслоприемника не требуется, так как

габарит трансформатор-маслоприемник удовлетворяет требованиям ПУЭ 7 изд. п. 4.2.69.1.

Установка емкости маслосборника 30 м производится вместо существующего маслосборника 15 м. Предусматривается маслопровод из электротехнической стальной трубы 219x5 мм длиной 13 м от колодца у трансформатора Т-1 до вновь устанавливаемой емкости.

8.1 Расчет маслопровода и маслоприемника

1. Расчет объема маслоприемника

Согласно п. 4.2.69.2 ПУЭ-7 расход воды на тушение трансформатора принимаем как 80% воды для орошения площадей маслоприемника и боковых поверхностей трансформатора (реактора) с интенсивностью 0,2 л/с м в течение 30 мин.

Площадь боковой поверхности трансформатора, м:

$$S_{бок} = 2 \cdot h \cdot (a + b), \quad (55)$$

где h - высота бака трансформатора, м; a - ширина бака трансформатора; b - глубина бака трансформатора.

Для трансформатора ТРДН-80000/110/10 площадь боковой поверхности, м²:

$$S_{бок} = 2 \cdot 3,69 \cdot (9,5 + 2,35) = 57,93 \text{ м}^2.$$

Площадь дна маслоприемника, м²:

$$S_{дна..м/н} = a \cdot b + 2a \cdot h + 2b \cdot h \quad (56)$$

$$S_{дна..м/н} = 9,6 \cdot 7,4 + 2 \cdot 9,6 \cdot 0,5 + 2 \cdot 7,4 \cdot 0,5 = 88,04 \text{ м}^2,$$

где h - высота маслоприемника, м; a - ширина маслоприемника; b - глубина маслоприемника.

Объем маслоприемника, м³:

$$V_{м/н} = a \cdot b \cdot h \quad (57)$$

$$V_{м/н} = 9,6 \cdot 7,4 \cdot 0,5 = 35,52 \text{ м}^3.$$

Объем масла в трансформаторе, м³:

$$V_{масла} = \frac{m_{масла}}{\rho_{масла}}, \quad (58)$$

$$V_{масла} = \frac{15000}{0,895 \cdot 1000} \approx 17,$$

где $m_{масла}$ – масса масла трансформатора, кг; $\rho_{масла}$ – плотность масла.

Объем воды при тушении, м³:

$$V_{воды} = (S_{бок} + S_{дна}) \cdot I \cdot t_{туш} \cdot \frac{60}{1000}, \quad (59)$$

$$V_{воды} = (7,93 + 88,04) \cdot 0,2 \cdot 30 \cdot \frac{60}{1000} = 52,55 \text{ м}^3,$$

где I – интенсивность орошения площадей водой, $\frac{\text{л}}{\text{см}^2}$ (по ПУЭ $0,2 \frac{\text{л}}{\text{см}^2}$);

$t_{туш}$ – время тушения, мин (по ПУЭ 30 мин).

Расчетный объем маслоприемника, м³:

$$V_{м/н}^{расч} = V_M \cdot V_{воды} \cdot 0,2 \quad (60)$$

$$V_{м/н}^{расч} = 17 \cdot 52,55 \cdot 0,2 = 27,51 \text{ м}^3,$$

где 0,2- доля учитываемой воды по ВНПБ 29-14.

8.2 Расчет маслопровода

Поступление воды, л/с:

$$Q_1 = (S_{бок} + S_{дна.м/п}) \cdot H, \quad (61)$$
$$Q_1 = (7,93 + 88,04) \cdot 0,2 = 29,19.$$

Характеристика маслопровода:

- Внутренний диаметр, $d=0,209$ м;
- Длина, $l=13$ м;
- Разница высот, $h=0,65$ м.

Скорость движения воды в трубе, м/с:

$$g = \sqrt{\frac{31,2 \cdot h \cdot d^{0,625}}{l}}, \quad (62)$$
$$g = \sqrt{\frac{31,2 \cdot 0,65 \cdot 0,209^{0,625}}{13}} = 0,77 \text{ м/с}.$$

Максимальный расход воды по трубе, м³/с:

$$Q_{\max} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot g}{4}, \quad (63)$$
$$Q_{\max} = \frac{3,14 \cdot 0,209^2 \cdot 0,77}{4} = 0,026 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный расход воды по трубе, л/с:

$$Q_2 = Q_{\max} \cdot 1000 \cdot 0,9 \quad (64)$$
$$Q_2 = 0,026 \cdot 1000 \cdot 0,9 = 23,64 \text{ л/с}.$$

Согласно п.4.2.69.7 ПУЭ 50 % масла трансформатора и полный объем воды должны удаляться из маслоприемника за 15 мин.

За указанное время тушения в маслоприемнике накопится (Q_1-Q_2)

литров воды и масла, л:

$$A = \frac{V_{\text{масла}} \cdot 1000}{2} + (Q_1 - Q_2) \cdot t_{\text{муш}} \cdot 60, \quad (65)$$

$$A = \frac{17 \cdot 1000}{2} + (9,19 - 23,64) \cdot 30 \cdot 60 = 18490 \text{ л.}$$

Через трубу указанного диаметра этот объем воды уйдет за время, мин:

$$t = \frac{A}{Q_2 \cdot 60} \quad (66)$$

$$t = \frac{18490}{23,64 \cdot 60} = 13,04 \text{ мин.}$$

Таким образом, для маслоотвода принята труба с внутренним диаметром 209 мм, наружным диаметром 219 мм по ГОСТ 10704-91 «Электросварные трубы».

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра была произведена реконструкция ГПП №2 ООО "СИБУР Тольятти". Изменена главная электрическая схема подстанции.

Данная схема не имела перемычки со стороны высокого напряжения, что снижало гибкость подстанции при различных аварийных режимах. Потребители, подключенные к шинам 10 кВ, относятся к первой категории по надежности электроснабжения, поэтому необходимо обеспечить их питанием при любых аварийных режимах. Решено изменить схему на стороне 110 кВ. Сконструирована схема 5АН, имеющая секционный выключатель на 110 кВ, что повышает надежность электроснабжения. Для того чтобы распределительное устройство разместить в стесненной территории, решено установить комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией, которое намного компактнее, по сравнению с открытым распределительным устройством, к тому же оно защищено от воздействия химических веществ. Произведена замена масляного оборудования на стороне 10 кВ, установлены новые ячейки комплектного распределительного устройства 10 кВ с вакуумными выключателями.

Произведена замена силового трансформатора на новый без изменения мощности. Произведена реконструкция маслоприемника.

Предложенные комплексные решения соответствуют нормам технологического проектирования. В случае их реализации обеспечат надежное электроснабжение потребителей.

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 104 с.
2. Ополева, Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов. Учебное пособие/ Г. Н. Ополева. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. - 416 с.
3. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / ред. Б.Н. Неклепаев. М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 144 с.
4. Титков, В.В. Перенапряжения и молниезащита. Учебное пособие / В.В. Титков, Ф.Х Халилов. - Лань, 2016. – 224 с.
5. Сибикин, Ю.Д. Электрические подстанции. Учебное пособие / Ю.Д Сибикин. – РадиоСофт, 2014. – 416 с.
6. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии. Учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – КноРус, 2014. – 648 с.
7. РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений. Часть 3. Грозозащита линий и подстанций. – 184 с
8. РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений. Часть 2. Защита от внутренних перенапряжений электрических сетей 6-35 кВ.
9. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 - 35 кВ и 110 - 1150 кВ. Том 10. / Е.Ф. Макаров. – Альвис, 2013. – 816 с.
10. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 - 35 кВ и 110 - 1150 кВ. Том 1. / Е.Ф. Макаров. – Альвис, 2013. – 624 с.
11. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 - 35 кВ и 110 - 1150 кВ. Том 1. / Е.Ф. Макаров. – Альвис, 2013. – 608 с.
12. Воропай, Н.И. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. / Н.И. Воропай, Г.Ф. Ковалев. – Энергия, 2013. – 304 с.
13. Кудрин, Б.И. Электроснабжение. / Б.И. Кудрин. - М. : Academia, 2012. - 352 с.

14. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование. / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисова. – Лань, 2014. – 192 с.
15. Сибикин, Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. / Ю.Д. Сибикин. - Форум, Инфра-М, 2015. – 384 с.
16. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. Учебное пособие. / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков. - Форум, Инфра-М, 2015. – 368 с.
17. Wadhva, C. L. Electrical power systems (7th ed.)/ C. L. Wadhva – 7th ed - New Age International Publishers, 2016. – 970 p.
18. Rajput, Er. R.K. A Textbook of Power System Engineering / Er. R.K. Rajput – 2 ed - Laxmi Publications, 2015. – 1174 p.
19. Gowda, H.N.S. Power Transformers Technology and Practice / H.N.S. Gowda, P. Ramachandran - HNS Gowda, 2014. – 826 p.
20. Padilla, E. Substation Automation Systems: Design and Implementation / E. Padilla - Wiley-Blackwell, 2015. – 304 p.
21. Koch, H. J. Gas Insulated Substations / H. J. Koch - Wiley-Blackwell, 2014. – 490 p.

Приложение А

Приложение А 1 – Расчет электрических нагрузок подстанций

№ п/п	Наименование ЭП	Число ЭП n	Уст. мощность, приведенная к ПВ=100%		m	Ku	cosφ	tgφ	Средние нагрузки		nэ	Km	Расчетные нагрузки			Ip, А
			Одного ЭП, кВт	Всех ЭП Pн, кВт					Pср, кВт	Qср, кВт			Pp, кВт	Qp, вар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	<i>П/ст №II</i>															
1	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	1,1	6,6		0,7	0,75	0,88	4,62	4,066						
2	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	1,5	4,5		0,7	0,87	0,56	3,15	1,764						
3	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	25	2,8	70		0,7	0,87	0,56	49	27,440						
4	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	65	4	260		0,7	0,87	0,56	182	101,920						
5	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	19	4,5	85,5		0,7	0,75	0,88	59,85	52,668						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	7	5,5	38,5		0,7	0,88	0,54	26,95	14,553						
7	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	14	7,5	105		0,7	0,88	0,54	73,5	39,690						
8	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	10	11	110		0,7	0,87	0,56	77	43,120						
9	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	13	13	169		0,7	0,75	0,88	118,3	104,10 4						
10	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	14	42		0,7	0,6	1,33	29,4	39,102						
11	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	15	15	225		0,7	0,89	0,51	157,5	80,325						
12	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	14	18,5	259		0,7	0,89	0,51	181,3	92,463						
13	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	22	44		0,7	0,79	0,78	30,8	24,024						
14	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	45	180		0,7	0,81	0,72	126	90,720						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
15	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	55	220		0,7	0,8	0,75	154	115,50 0						
16	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	110	440		0,7	0,83	0,67	308	206,36 0						
17	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	132	528		0,7	0,82	0,69	369,6	255,02 4						
18	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости плунжерный передвижной	2	160	320		0,8	0,85	0,62	256	158,72 0						
19	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости консольный	4	55	220		0,75	0,9	0,48	165	79,200						
20	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости 5Ф-6	2	40	80		0,75	0,8	0,75	60	45,000						
21	Совокупность устройств, предназначенных для приведения в действие ротора аппарата	2	7,5	15		0,5	0,8	0,75	7,5	5,625						
22	Оборудование или часть оборудования для смешивания, перемешивания, диспергирования, циркуляции веществ	4	5,5	22		0,5	0,8	0,75	11	8,250						
23	Совокупность устройств, предназначенных для приведения в действие мешалки	4	3	12		0,5	0,75	0,88	6	5,280						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
24	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока УФ23021-13	2	1,1	2,2		0,5	0,75	0,88	1,1	0,968						
25	Мультипликатор	3	200	600		0,46	0,83	0,67	276	184,920						
26	Агрегат предназначенный для напорного перемещения мультипликатора	6	0,8	4,8		0,7	0,5	1,73	3,36	5,813						
27	Камера	2	55	110		0,46	0,79	0,78	50,6	39,468						
	<i>Вентиляция</i>															
28	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	8	15	120		0,7	0,8	0,75	84	63,000						
29	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	5	2,2	11		0,7	0,8	0,75	7,7	5,775						
30	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	59	0,75	44,25		0,7	0,8	0,75	30,98	23,231						
31	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	31	7,5	232,5		0,65	0,8	0,75	151,1	113,344						
32	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	22	0,75	16,5		0,65	0,8	0,75	10,73	8,044						
33	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным из подс. Помещений	11	0,35	3,85		0,65	0,8	0,75	2,503	1,877						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	<i>Освещение</i>															
34	Прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			128,3			0,75	1,33					70,56	93,85	117,41 6	169,47 6
	Итого по ТП №II	379	0,75- 200	4729,5	>3	0,650		0,664	3075	2041,3 57	60	1,13	3474,2 50	2041,3 57	4029,5 85	5816,2 04
	<i>П/ст № III</i>															
1	Маслоагрегат предназначенный для напорного перемещения масла вспомогательный	4	0,25	1			0,7	0,4	2,29	0,7	1,603					
2	Устройство для нагрева (обогрева) регенерации газа	4	60	240			0,82	0,99	0,14	196,8	27,552					
3	Возбуд.агрегат главного устройства или системы устройств для приведения в движение	3	37	111			0,67	0,8	0,75	74,37	55,778					
4	Устройство или система устройств для приведения в движение устройства валоповорота	3	1,5	4,5			0,5	0,6	1,33	2,25	2,993					
5	Агрегат предназначенный для напорного перемещения смазки подшипников	3	5,5	16,5			0,67	0,7	1,02	11,055	11,276					
6	Механизм перемещения	2	2,2	4,4			0,82	0,86	0,6	3,608	2,165					
7	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости для сбора гряз.вод.	1	1,5	1,5			0,7	0,6	1,33	1,05	1,397					
8	Устройство или система устройств для приведения в движение вспомогат. Компрессора	2	22	44			0,5	0,77	0,83	22	18,260					
9	Тельфер	1	1,1	1,1			0,4	0,75	0,88	0,44	0,387					
10	Агрегат предназначенный для напорного перемещения масла	3	7,5	22,5			0,7	0,71	0,99	15,75	15,593					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока охл.воды	2	4	8		0,7	0,71	0,99	5,6	5,544						
12	Подъемник	1	1,1	1,1		0,5	0,6	1,33	0,55	0,732						
13	Запорная арматура моторная	6	1,7	10,2		0,5	0,6	1,33	5,1	6,783						
14	Совокупность подвижно соединенных частей для главного подъема	1	10	10		0,3	0,6	1,33	3	3,990						
15	Совокупность подвижно соединенных частей для тонкого подъема	1	1,5	1,5		0,3	0,6	1,33	0,45	0,599						
16	Совокупность подвижно соединенных частей для передв. крана	1	1	1		0,3	0,6	1,33	0,3	0,399						
17	Совокупность подвижно соединенных частей для передв.	1	0,75	0,75		0,3	0,6	1,33	0,225	0,299						
18	Гидрокомпенсатор, внутри которого установлена подвижная плунжерная пара с шариковым клапаном	1	0,75	0,75		0,3	0,6	1,33	0,225	0,299						
19	Аппарат	2	63	126		0,7	0,98	0,2	88,2	17,640						
20	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока холодной воды	4	100	400		0,7	0,71	0,99	280	277,20 0						
21	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	1,5	3		0,7	0,75	0,88	2,1	1,848						
22	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	5,5	11		0,7	0,76	0,85	7,7	6,545						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
23	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую энергию привода в энергию потока жидкости	2	13	26		0,7	0,75	0,88	18,2	16,016						
24	Нагнетатель воздуха	2	4	8		0,65	0,8	0,75	5,2	3,900						
	<i>Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке или тали, которые перемещаются по подвижной стальной конструкции (мосту)</i>															
25	Совокупность подвижно соединенных частей для главного подъема	1	15	15		0,3	0,6	1,33	4,5	5,985						
26	Совокупность подвижно соединенных частей для тонкого подъема	1	1,5	1,5		0,3	0,6	1,33	0,45	0,599						
27	Гидрокомпенсатор, внутри которого установлена подвижная плунжерная пара с шариковым клапаном	1	0,75	0,75		0,3	0,6	1,33	0,225	0,299						
28	Совокупность подвижно соединенных частей для передв. Тележки	1	0,6	0,6		0,3	0,6	1,33	0,18	0,239						
29	Совокупность подвижно соединенных частей для передв. крана	1	1,1	1,1		0,3	0,6	1,33	0,33	0,439						
	<i>Вентиляция</i>								0	0,000						
30	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	2	22	44		0,7	0,8	0,75	30,8	23,100						
31	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	5	5,5	27,5		0,7	0,8	0,75	19,25	14,438						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
32	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	5	5,5	27,5		0,7	0,8	0,75	19,25	14,438						
33	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	4	2,2	8,8		0,7	0,8	0,75	6,16	4,620						
34	Циркуляционная система	2	22	44		0,65	0,8	0,75	28,6	21,450						
35	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	3	2,2	6,6		0,65	0,8	0,75	4,29	3,218						
36	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	2	0,75	1,5		0,65	0,8	0,75	0,975	0,731						
37	Устройство для поддержания оптимальных климатических условий	1	32	32		0,65	0,8	0,75	20,8	15,600						
	<i>Освещение</i>															
38	прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			61,34		0,75	1,33						33,737	44,87	56,138	81,029
	Итого по ТП № III	83	0,25 - 100	1326	>3	0,664		0,663	880,68	584	21	1,15	1013	584	1169	1687
	<i>П/ст №IV</i>															
1	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	1	1,5	1,5		0,7	0,7	1,02	1,05	1,071						
2	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	3	6		0,7	0,85	0,62	4,2	2,604						
3	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	4	24		0,7	0,85	0,62	16,8	10,416						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	5,5	22		0,7	0,76	0,85	15,4	13,090						
5	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	7,5	45		0,7	0,76	0,85	31,5	26,775						
6	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	10	30		0,7	0,76	0,85	21	17,850						
7	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	13	52		0,7	0,75	0,88	36,4	32,032						
8	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	17	15	255		0,7	0,8	0,75	178,5	133,87 5						
9	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	17	102		0,7	0,83	0,67	71,4	47,838						
10	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	17	18,5	314,5		0,7	0,83	0,67	220,15	147,50 1						
11	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	30	90		0,7	0,83	0,67	63	42,210						
12	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	90	180		0,7	0,9	0,48	126	60,480						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
13	Агрегат предназначенный для напорного перемещения масла	2	90	180		0,57	0,85	0,62	102,6	63,612						
14	Электро-нагреватель	26	0,75	19,5		0,6	0,98	0,2	11,7	2,340						
15	Каретка	1	1,6	1,6		0,4	0,75	0,88	0,64	0,563						
16	Технологическое устройство для перемещения газа	2	315	630		0,6	0,8	0,75	378	283,500						
17	Технологическое устройство для перемещения газа	4	75	300		0,6	0,8	0,75	180	135,000						
18	Технологическое устройство для перемещения газа	2	30	60		0,6	0,8	0,75	36	27,000						
19	Технологическое устройство для перемещения газа	1	13	13		0,6	0,8	0,75	7,8	5,850						
20	Сушильная камера	2	7,5	15		0,8	0,81	0,72	12	8,640						
21	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия шлюзовой	2	0,55	1,1		0,5	0,6	1,33	0,55	0,732						
22	Устройство, предназначенное для открытия, закрытия или регулирования потока	24	0,18	4,32		0,5	0,73	0,94	2,16	2,030						
23	Окомкователь	2	3	6		0,8	0,8	0,75	4,8	3,600						
24	Камера мойки	3	0,8	2,4		0,8	0,8	0,75	1,92	1,440						
25	Транспортер	2	4	8		0,4	0,75	0,88	3,2	2,816						
26	Устройство или система устройств для приведения в движение центрифуги	4	30	120		0,4	0,87	0,57	48	27,360						
27	Агрегат предназначенный для напорного перемещения масла выс.давл. гидравлический	4	30	120		0,7	0,87	0,57	84	47,880						
28	Компьютер	4	2,2	8,8		0,4	0,8	0,75	3,52	2,640						
29	Тельфер	1	12,5	12,5		0,4	0,75	0,88	5	4,400						
	<i>Кран разгрузочный</i>															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
31	Устройство или система устройств для приведения в движение двигателя	1	9,5	9,5		0,3	0,6	1,33	2,85	3,791						
32	Главное устройство или система устройств для приведения в движение	1	11	11		0,3	0,86	0,6	3,3	1,980						
33	Устройство или система устройств для приведения в движение подъема стрелы	1	2,5	2,5		0,3	0,6	1,33	0,75	0,998						
34	Устройство или система устройств для приведения в движение скребк.	1	15	15		0,3	0,6	1,33	4,5	5,985						
35	Конвейер лент.	1	7,5	7,5		0,3	0,75	0,88	2,25	1,980						
36	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия бункерный	1	0,55	0,55		0,5	0,6	1,33	0,275	0,366						
37	Устройство или система устройств для приведения в движение спуска качающегося	3	0,014	0,042		0,5	0,6	1,33	0,021	0,028						
38	Транспортер	2	11	22		0,4	0,75	0,88	8,8	7,744						
39	Транспортер	2	7,5	15		0,4	0,75	0,88	6	5,280						
40	Тельфер	1	2,2	2,2		0,5	0,6	1,33	1,1	1,463						
41	Устройство или система устройств для приведения в движение тележки сбрасывающей	2	1,5	3		0,5	0,6	1,33	1,5	1,995						
42	Электроковш	1	37	37		0,4	0,8	0,75	14,8	11,100						
43	Механизм поъемный	1	12,7	12,7		0,4	0,75	0,88	5,08	4,470						
44	Устройство или система устройств для приведения в движение лебедки	2	25	50		0,4	0,75	0,88	20	17,600						
	<i>Вентиляция</i>															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
45	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	2	7,5	15		0,7	0,8	0,75	10,5	7,875						
46	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	3	5,5	16,5		0,7	0,8	0,75	11,55	8,663						
47	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	3	2,2	6,6		0,7	0,8	0,75	4,62	3,465						
48	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	7	1,1	7,7		0,7	0,8	0,75	5,39	4,043						
49	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	1	22	22		0,65	0,8	0,75	14,3	10,725						
50	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным в т.ч. и аварийная	2	7,5	15		0,65	0,8	0,75	9,75	7,313						
51	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	12	0,75	9		0,65	0,8	0,75	5,85	4,388						
52	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	2	0,35	0,7		0,65	0,8	0,75	0,455	0,341						
	<i>Освещение</i>															
53	прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			125,78			0,75	1,33					69,179	92	115	166,
	Итого по ТП №III	209	0,014 - 315	3030,4 92	>3	0,594		0,703	1800,9	1267	30	1,15	2071	1267	2428	3504
	<i>И/ст №IV</i>															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	1,1	2,2		0,7	0,75	0,88	1,54	1,355						
2	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	2,2	13,2		0,7	0,7	1,02	9,24	9,425						
3	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	23	3	69		0,7	0,72	0,96	48,3	46,368						
4	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	13	4	52		0,7	0,71	0,99	36,4	36,036						
5	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	99	5,5	544,5		0,7	0,76	0,85	381,15	323,97 8						
6	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	21	7,5	157,5		0,7	0,76	0,85	110,25	93,713						
7	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	10	60		0,7	0,76	0,85	42	35,700						
8	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	13	13	169		0,7	0,75	0,88	118,3	104,10 4						
9	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	14	15	210		0,7	0,8	0,75	147	110,25 0						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	14	18,5	259		0,7	0,83	0,67	181,3	121,47 1						
11	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	10	22	220		0,7	0,8	0,75	154	115,50 0						
12	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	11	30	330		0,7	0,83	0,67	231	154,77 0						
13	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	35	140		0,7	0,76	0,86	98	84,280						
14	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	37	148		0,7	0,81	0,72	103,6	74,592						
15	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	5	40	200		0,7	0,81	0,72	140	100,80 0						
16	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	50	150		0,7	0,8	0,75	105	78,750						
17	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	75	450		0,7	0,72	0,96	315	302,40 0						
18	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	5	100	500		0,7	0,83	0,67	350	234,50 0						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
19	БОУ	12	14,5	174		0,65	0,8	0,75	113,1	84,825						
20	Устройство или система устройств для приведения в движение рег. угла атаки лопост. ВВО	12	0,1	1,2		0,65	0,4	2,29	0,78	1,786						
21	Устройство или система устройств для приведения в движение аппарата тонкоплечного	2	5	10		0,5	0,8	0,75	5	3,750						
22	Устройство или система устройств для приведения в движение аппарата тонкоплечного	2	7,5	15		0,5	0,8	0,75	7,5	5,625						
23	Устройство или система устройств для приведения в движение аппарата тонкоплечного	8	18,5	148		0,5	0,8	0,75	74	55,500						
24	Устройство или система устройств для приведения в движение аппарата тонкоплечного	8	22	176		0,5	0,8	0,75	88	66,000						
25	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока (вакуумная)	30	0,25	7,5		0,5	0,8	0,75	3,75	2,813						
26	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока на линии	7	1,1	7,7		0,5	0,6	1,33	3,85	5,121						
27	Устройство или система устройств для приведения в движение мешалки аппарата	2	4,2	8,4		0,5	0,5	1,73	4,2	7,266						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
28	Устройство или система устройств для приведения в движение мешалки	4	17	68		0,5	0,6	1,33	34	45,220						
29	Совокупность подвижно соединенных частей для главного подъема	3	10	30		0,3	0,6	1,33	9	11,970						
30	Совокупность подвижно соединенных частей для тонкого подъема	3	1,5	4,5		0,3	0,6	1,33	1,35	1,796						
31	Совокупность подвижно соединенных частей для передв. Крана	3	1	3		0,3	0,6	1,33	0,9	1,197						
32	Совокупность подвижно соединенных частей для передв. Тележки	3	0,75	2,25		0,3	0,6	1,33	0,675	0,898						
33	Гидрокомпенсатор, внутри которого установлена подвижная плунжерная пара с шариковым клапаном	3	0,75	2,25		0,3	0,6	1,33	0,675	0,898						
34	Устройство или система устройств для приведения в движение резкстрактора	3	11,5	34,5		0,5	0,78	0,3	17,25	5,175						
35	Тельфер	1	12,75	12,75		0,4	0,75	0,88	5,1	4,488						
	<i>Вентиляция</i>															
36	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	11	15	165		0,7	0,8	0,75	115,5	86,625						
37	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	4	7,5	30		0,7	0,8	0,75	21	15,750						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
38	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	4	5,5	22		0,7	0,8	0,75	15,4	11,550						
39	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	14	2,2	30,8		0,7	0,8	0,75	21,56	16,170						
40	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	6	0,75	4,5		0,7	0,8	0,75	3,15	2,363						
41	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным в т.ч. и аварийная	2	22	44		0,65	0,8	0,75	28,6	21,450						
42	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	10	7,5	75		0,65	0,8	0,75	48,75	36,563						
43	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	5	5,5	27,5		0,65	0,8	0,75	17,875	13,406						
44	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	3	0,75	2,25		0,65	0,8	0,75	1,4625	1,097						
45	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	5	0,35	1,75		0,65	0,8	0,75	1,1375	0,853						
	<i>Освещение</i>															
46	прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			260,14			0,75	1,33					143	190	238	343
	Итого по ТП №IV	429	0,25 - 100	5042	>3	0,638		0,789	3216	2538	147	1	3216	2538	4097	5913
	<i>И/ст №V</i>															
1	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	1,5	3		0,7	0,7	1,02	2,1	2,142						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода а в энергию потока жидкости	1	2,2	2,2		0,7	0,7	1,02	1,54	1,571						
3	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	3	6		0,7	0,72	0,96	4,2	4,032						
4	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	1	5,5	5,5		0,7	0,76	0,85	3,85	3,273						
5	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	9	7,5	67,5		0,7	0,76	0,85	47,25	40,163						
6	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	10	30		0,7	0,76	0,85	21	17,850						
7	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	6	15	90		0,7	0,8	0,75	63	47,250						
8	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	5	18,5	92,5		0,7	0,83	0,67	64,75	43,383						
9	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	11	22	242		0,7	0,8	0,75	169,4	127,05 0						
10	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	15	30	450		0,7	0,83	0,67	315	211,05 0						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	55	110		0,7	0,8	0,75	77	57,750						
12	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	2	75	150		0,7	0,72	0,96	105	100,80 0						
13	Газодувка	7	200	1400		0,57	0,75	0,88	798	702,24 0						
14	Устройство или система устройств для приведения в движение мешалки аппапата	3	10	30		0,5	0,72	0,96	15	14,400						
15	Устройство или система устройств для приведения в движение мешалки реактора	19	110	2090		0,5	0,82	0,7	1045	731,50 0						
16	Агрегат предназначенный для напорного перемещения масла	19	1,1	20,9		0,7	0,75	0,88	14,63	12,874						
17	Устройство или система устройств для приведения в движение мешалки реактора	2	3	6		0,5	0,63	1,23	3	3,690						
18	Сушильный шкаф	13	12	156		0,75	0,95	0,33	117	38,610						
19	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока	7	1,1	7,7		0,5	0,6	1,33	3,85	5,121						
	<i>Кран разгрузочный</i>															
21	Совокупность подвижно соединенных частей для главного подъема	2	10	20		0,3	0,6	1,33	6	7,980						
22	Совокупность подвижно соединенных частей для тонкого подъема	2	1,5	3		0,3	0,6	1,33	0,9	1,197						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
23	Совокупность подвижно соединенных частей для передв. тележки	2	1	2		0,3	0,6	1,33	0,6	0,798						
24	Совокупность подвижно соединенных частей для передв.	2	0,75	1,5		0,3	0,6	1,33	0,45	0,599						
25	Гидрокомпенсатор, внутри которого установлена подвижная плунжерная пара с шариковым клапаном	2	0,75	1,5		0,3	0,6	1,33	0,45	0,599						
	<i>Вентиляция</i>															
26	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	5	30	150		0,7	0,8	0,75	105	78,750						
27	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	2	15	30		0,7	0,8	0,75	21	15,750						
28	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	1	7,5	30		0,7	0,8	0,75	21	15,750						
29	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	6	5,5	33		0,7	0,8	0,75	23,1	17,325						
30	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	11	2,2	24,2		0,7	0,8	0,75	16,94	12,705						
31	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	14	0,75	10,5		0,7	0,8	0,75	7,35	5,513						
32	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	4	22	88		0,65	0,8	0,75	57,2	42,900						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
33	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	2	7,5	15		0,65	0,8	0,75	9,75	7,313						
34	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	3	0,75	2,25		0,65	0,8	0,75	1,4625	1,097						
35	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	9	0,35	3,15		0,65	0,8	0,75	2,0475	1,536						
	<i>Освещение</i>															
36	прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			192,34			0,75	1,33					105,78	140,7	176,02 8	254,07 5
	Итого по ТП №VI	196	0,75 - 200	5565,7 4	>3	0,565		0,755	3144	2374	52	1,12	3521	2374	4247	6130
	<i>П/ст №VII</i>															
1	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	3	0,25	0,75			0,7	0,7	1,02	0,5355	0,546					
2	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	5	3	15			0,7	0,85	0,62	6,51	4,036					
3	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	1	4	4			0,7	0,85	0,62	1,736	1,076					
4	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	1	5,5	5,5			0,7	0,76	0,85	3,2725	2,782					
5	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	9	7,5	67,5			0,7	0,88	0,54	25,515	13,778					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	1	17	17		0,7	0,83	0,67	7,973	5,342						
7	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	8	22	176		0,7	0,89	0,51	62,832	32,044						
8	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	4	30	120		0,7	0,9	0,48	40,32	19,354						
9	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	10	40	400		0,7	0,88	0,54	151,2	81,648						
10	Гидравлический аппарат, преобразующий механическую юнергию привода в энергию потока жидкости	1	45	45		0,57	0,83	0,67	17,186	11,514						
11	Воздуходувка	8	250	2000		0,46	0,91	0,46	423,2	194,62						
12	Электро-нагреватель	4	4,8	19,2		0,6	0,99	0,75	8,64	6,480						
13	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока на линии	10	3	30		0,5	0,73	0,94	14,1	13,254						
14	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока на линии	27	2,2	59,4		0,5	0,73	0,94	27,918	26,243						
15	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока на линии	8	1,3	10,4		0,5	0,6	1,33	6,916	9,198						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
16	Трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается перпендикулярно оси потока на линии	7	0,18	1,26		0,5	0,73	0,94	0,5922	0,557						
17	Подвижная конструкция для полного или частичного закрывания водопропускного отверстия на линии	20	0,6	12		0,5	0,73	0,94	5,64	5,302						
	<i>Вентиляция</i>															
18	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	2	5,5	33		0,7	0,8	0,75	23,1	17,325						
19	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	6	5,5	33		0,7	0,8	0,75	23,1	17,325						
20	Система подачи внутрь здания свежего наружного воздуха при помощи специальных воздухонагнетающих устройств	5	2,2	11		0,7	0,8	0,75	7,7	5,775						
21	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	2	5,5	33		0,7	0,8	0,75	23,1	17,325						
22	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	2	7,5	15		0,65	0,8	0,75	9,75	7,313						
23	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	3	4	12		0,65	0,8	0,75	7,8	5,850						
24	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	4	3	12		0,65	0,8	0,75	7,8	5,850						
25	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным	2	0,75	1,5		0,65	0,8	0,75	0,975	0,731						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
26	Система удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным из подсобн. помещ.	14	0,35	4,9		0,65	0,8	0,75	3,185	2,389						
	<i>Освещение</i>															
27	прибор, перераспределяющий свет с лампой ДРЛ			43,38			0,75	1,33					23,859	31,732	39,701	57,303
	Итого по ТП №VII	167	0,18 - 250	3181,79	>3	0,286		0,558	910,6	507,709	19	1,6	1466,059	507,709	1551,482	2239,372