

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и
учреждений
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция электрооборудования и электрохозяйства
цеха № 5 ООО «Тольяттинский Трансформатор»

Студент(ка)

А.С. Миридонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В. Шлыков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

«_____» _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

В выпускной квалификационной работе (ВКР) была произведена реконструкция электрооборудования и электрохозяйства сварочного производства ООО "Тольяттинский Трансформатор".

В процессе ВКР был произведен расчет электрических нагрузок по производству, заменены силовые трансформаторы на ТП в связи с износом межфазовой изоляции. Для выбора трансформаторов был произведен технико-экономический расчет для различных трансформаторов разных мощностей. По окончании расчетов ТП выбран наиболее приемлемый вариант по технико-экономическим показателям.

Произведена замена осветительных установок по всему сварочному производству, расчет будет производиться с помощью программного обеспечения DIALux. Расчет осветительных установок производиться согласно нормам освещенности рабочих мест (СНиП).

Так же произведен расчет токов для выбора шинных магистралей (ШМА), которые питают электроприемники. После расчетов ШМА произведен выбор автоматических выключателей, трансформаторов тока, распределительного устройства, вводных выключателей и кабелей.

На следующем этапе производится расчет короткого замыкания (КЗ) для проверки выбранного оборудования.

В конце ВКР произведен расчет заземления производства согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) и выбор молниезащиты.

ВКР состоит из 54 страниц, 6 рисунков, 4 таблиц, приложения А и 6 чертежей формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение ожидаемых электрических нагрузок токарного цеха.....	6
2 Расчёт осветительной нагрузки цеха.....	24
3 Выбор трансформаторов для цеха предприятия с учётом компенсации реактивной мощности.....	25
4 Выбор трансформаторов тока, автоматических выключателей, шинопроводов и кабелей.....	36
5 Расчёт токов короткого замыкания.....	41
6 Расчет заземления и молниезащиты производства.....	47
Заключение.....	51
Список использованных источников.....	52
Приложение А.....	55

Введение

Системы электроснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать следующее: экономичность, надежность электроснабжения, безопасность и удобство эксплуатации, качество электрической энергии, максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей.

При создании системы электроснабжения необходимо учитывать категорию электроприемников по надежности электроснабжения. При этом надо избегать необоснованного отнесения электроприемников к более высокой категории. Электроприемники и отделения цехов разной категории рассматриваются как объекты с разными условиями резервирования.

Надежность электроснабжения потребителя обеспечивается требуемой степенью резервирования. Электроприемники первой и второй категории должны иметь резервные источники питания. Резервирование необходимо для продолжения работы основного производства в послеаварийном режиме. Питание электроприемников третьей категории не требует резервирования.

Схема электроснабжения должна обеспечивать необходимое качество электрической энергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013 «нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». На промышленных предприятиях могут быть установлены электроприемники с резкопеременными графиками нагрузок, однофазные электроприемники, электроприемники, нарушающие синусоидальность токов и напряжений. Это приводит к возникновению колебаний напряжения, к нарушению симметрии токов и напряжений, к появлению высших гармоник.

Трансформаторные и распределительные подстанции следует максимально приближать к электроустановкам потребителей электроэнергии, сокращая число ступеней трансформации путем внедрения

глубоких вводов, повышенных напряжений питающих и распределительных сетей, дальнейшего развития принципа разукрупнения подстанций, внедрения магистральных токопроводов.

Объектом ВКР является сварочный цех №5 предприятия ООО "Тольяттинский Трансформатор".

Завод "Тольяттинский трансформатор" занимается выпуском силовых трансформаторов, которые в дальнейшем обеспечивают надёжную работу энергосистем. Производство является единичным. Каждый изготовленный трансформатор не является типовым и собирается по требуемым характеристикам заказчика, поэтому на заводе необходимо иметь высококвалифицированный персонал и надежное оборудование. Так же важно обеспечить грамотное электроснабжение оборудования на заводе для выпуска качественных трансформаторов. В ВКР была переоборудована система электроснабжения сварочного цеха, так как сварочный цех является одним из самых важных цехов на производстве. От качества сварки зависит дальнейшая работа деталей трансформатора.

Целью работы является повышение экономической эффективности системы электрооборудования и электрохозяйства сварочного производства.

Для достижения поставленной цели, в работе необходимо решить следующие задачи:

- 1) Определение электрических нагрузок цеха
- 2) Расчет осветительной нагрузки
- 3) определение количества и мощности цеховых трансформаторов.

1 Определение ожидаемых электрических нагрузок сварочного цеха

Расчет выполняется методом упорядоченных диаграмм (коэффициента максимума). Расчет необходим для выбора мощности цеховых трансформаторов, а также сечений проводников питающих линий к РУ или ШРА. Следовательно, при выборе трансформаторов ведем общий расчет по цеху. А при выборе ШРА и сечений проводников – по узлам сети присоединений электроприемников.

В ходе расчета ожидаемых нагрузок найдем суммарную мощность и ток по всему цеху, что необходимо для выбора количества и мощности цеховых трансформаторов, используя следующие формулы:

$$P_{n\Sigma} = P_n \cdot n, \quad (1.1)$$

где $P_{n\Sigma}$ - мощность потребляемая группой одинаковых электроприемников, P_n - паспортная мощность одного электроприемника, n - количество электроприемников.

$$m = \frac{P_{n\max}}{P_{n\min}}, \quad (1.2)$$

где m - отношение паспортных мощностей наиболее мощного и наименее мощного электроприемников. Данный коэффициент находится относительно всех ЭП данного цеха.

$$\kappa_{u\text{ } \textit{гp}} = \frac{\sum P_{\textit{сm}}}{\sum P_{\textit{н}}}, \quad (1.3)$$

где $\kappa_{u\text{ } \textit{гp}}$ - коэффициент использования групповой, $\sum P_{\textit{сm}}$ - сумма среднесменных мощностей, $\sum P_{\textit{н}}$ - сумма паспортных мощностей.

$$P_{\textit{сm}} = \kappa_{\textit{и}} \cdot P_{\textit{н}}, \quad (1.4)$$

где $P_{\textit{сm}}$ - среднесменная мощность электроприемника, $\kappa_{\textit{и}}$ - коэффициент использования электроприемника.

$$Q_{\textit{сm}} = \textit{tg}\phi \cdot P_{\textit{сm}}, \quad (1.5)$$

где $Q_{\textit{сm}}$ - реактивная среднесменная мощность электроприемника, $\textit{tg}\phi$ - отношение реактивной мощности к активной мощности электроприемника.

$$\textit{tg}\phi_{\textit{гp}} = \frac{\sum Q_{\textit{сm}}}{\sum P_{\textit{сm}}}, \quad (1.6)$$

где $\text{tg}\phi_{\text{гp}}$ - групповой коэффициент реактивной мощности, $\Sigma Q_{\text{см}}$ - суммарная среднесменная реактивная мощность электроприемников, $\Sigma P_{\text{см}}$ - суммарная среднесменная активная мощность электроприемников.

Так как при расчётах групповой коэффициент использования равен 0.28 и коэффициент m больше 3, расчёт эффективного числа ЭП ведётся по формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \Sigma P_{\text{н}\Sigma}}{P_{\text{н.мах}}}, \quad (1.7)$$

где $P_{\text{н}\Sigma}$ - мощность потребляемая группой одинаковых электроприемников, $P_{\text{н.мах}}$ - наибольшая номинальная мощность одного электроприемника.

После расчёта эффективного числа электроприемников необходимо найти коэффициент максимума. Данный коэффициент определяется по таблице исходя из расчётов группового коэффициента использования и эффективного числа ЭП.

После определения коэффициента максимума необходимо рассчитать активную мощность по формуле:

$$P_{\text{р}} = \Sigma P_{\text{см}} \cdot \kappa_{\text{ма}}, \quad (1.8)$$

где $P_{\text{р}}$ - расчетная мощность электроприемников, $\kappa_{\text{ма}}$ - коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных $n_{\text{э}}$ и m .

Расчетная реактивная мощность определяется следующим образом: в зависимости от значения $n_{\text{э}}$:

$$\text{при } n_{\text{э}} \leq 10 \quad Q_p = 1.1 \sum_{i=1}^n Q_{CM} ; \quad (1.9)$$

$$\text{при } n_{\text{э}} \geq 10 \quad Q_p = \sum_{i=1}^n Q_{CM} , \quad (1.10)$$

где Q_p - расчётная реактивная мощность, Q_{CM} - реактивная среднесменная мощность.

Для определения расчётного тока необходимо рассчитать расчётную полную мощность по формуле:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} , \quad (1.11)$$

где S_p - полная расчетная мощность всех электроприёмников, P_p - расчетная активная мощность электроприемников, Q_p - расчетная реактивная мощность электроприемников.

Расчётный ток определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} , \quad (1.12)$$

где I_p - расчетный ток, U_n - номинальное напряжение, $U_n = 0,4$ кВ.

Все расчёты производятся с помощью формул 1.1.....1.12. Полученные результаты записываются в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет нагрузки по цеху

№	Наименование электроприемников	Количество ЭП	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		Ки	m	$\frac{\cos \phi}{\operatorname{tg} \phi}$	Средняя нагрузка		n _э	K _μ	Расчетная нагрузка			I _p , А
			Одного ЭП	Всех ЭП				P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Сварочный полуавтомат Kemppi S500	13	26.1	339.3	0.35	-	0.87 / 0.57	119	67.8						
2	Сварочный полуавтомат ESAB AristoMig500	17	11.6	197.2	0.35	-	0.75 / 0.88	69	6.5						
3	Сварочный выпрямитель Kemppi	1	26.1	26.1	0,6	-	0.7 / 1.02	15.6	15.9						
4	Сварочный выпрямитель ESAB	2	11.6	23.2	0.6	-	0.7/ 1.02	14	14.3						
5	Сварочный полуавтомат Kemppi FastMig	8	26.1	208.8	0.35	-	0.7 / 1.02	72.8	74						
6	Колонна сварочная	13	0.4	5.2	0.1	-	0.65 / 1.17	0.52	0.6						
7	Сварочный трактор	2	0.18	0.36	0.08	-	0.5/ 1.7	0.03	0.05						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	Сварочный трактор Noboruder	1	0.06	0.06	0.08	-	0.5/ 1.73	0.005	0.008						
9	Машина листогибочная	1	28	28	0.14	-	0.5/ 1.73	4	7						
10	Сварочный выпрямитель ВГД- 303	1	15	15	0.6	-	0.7 / 1.02	9	9.2						
11	Сварочный выпрямитель ВГД- 506	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7 / 1.02	1.5	1.53						
12	Сварочный выпрямитель Selma	1	0.3	0.3	0.6	-	0.7 / 1.02	0.2	0.204						
13	Сварочный полуавтомат Kemppi ManaicMig	1	2.58	2.58	0.35	-	0.87 / 0.57	0.9	0.5						
14	Вальцы листогибочные УВ1800/12	1	7.3	7.3	0.4	-	0.7 / 1.02	2.9	3						
15	Автомат абразивно- отрезной 2В242	1	33	33	0.2	-	0.65 / 1.17	6.6	7.7						
16	Станок трубогибочный ГСГМ-21М	1	6.4	6.4	0.6	-	0.7 / 1.02	4	4.1						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	Манипулятор позиционный	1	0.37	0.37	0.06	-	0.65 /1.1	0.02	0.023						
18	Сварочный трактор Noboruder	1	0.06	0.06	0.08	-	0.5/ 1.73	0.005	0.008						
19	Машина листогибочная	1	28	28	0.14	-	0.5/ 1.73	4	7						
20	Сварочный выпрямитель ВГД- 303	1	15	15	0.6	-	0.7 / 1.02	9	9.2						
21	Сварочный выпрямитель ВГД- 506	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7 / 1.02	1.5	1.53						
22	Сварочный выпрямитель Selma	1	0.3	0.3	0.6	-	0.7 / 1.02	0.2	0.204						
23	Сварочный полуавтомат Kemppi ManaicMig	1	2.58	2.58	0.35	-	0.87 / 0.57	0.9	0.5						
24	Вальцы листогибочные УВ1800/12	1	7.3	7.3	0.4	-	0.7 / 1.02	2.9	3						
25	Автомат абразивно- отрезной 2В242	1	33	33	0.2	-	0.65 / 1.17	6.6	7.7						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
26	Станок трубогибочный ГСГМ-21М	1	6.4	6.4	0.6	-	0.7 / 1.02	4	4.1						
27	Манипулятор позиционный	1	0.37	0.37	0.06	-	0.65 /1.1	0.02	0.023						
28	Станок радиально- сверлильный	1	10.78	10.78	0.13	-	0.5/ 1.7	1.4	2.4						
29	Аппарат РДС Кемррі Minarc 150	1	2.66	2.66	0.35	-	0.87 / 0.57	0.9	0.5						
30	Машина контактной сварки МТ-1210	1	53	53	0.35	-	0.7 / 1.02	18.55	18.9						
31	Кран консольно- поворотный L-4м	2	1.88	3.76	0.06	-	0.65 / 1.17	0.23	0.27						
32	Сварочный Трансформатор ТС- 500	2	68.6	137.2	0.3	-	0.5 / 1.73	41.2	71						
33	Вальцы малые МН- 025	1	2.8	2.8	0.4	-	0.7/ 1.02	1.12	1.14						
34	Сварочный выпрямитель ВДУ- 505	5	21.9	109.5	0.5	-	0.7 / 1.02	54.8	55.9						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
35	Сварочный выпрямитель ВДУ- 505	2	40	80	0.5	-	0.7 / 1.02	40	41						
36	Выпрямитель сварочный ВГСМ	2	68.6	137.2	0.5	-	0.7 / 1.02	68.6	69.9						
37	Выпрямитель св. ВДУ 506СЭ	1	0.4	0.4	0.5	-	0.7/ 1.02	0.2	0.204						
38	Установка подачи и сгиба труб	1	1	1	0.2	-	0.7/ 1.02	0.2	0.204						
39	Машина листогибочная 3х валовая	1	16.1	16.1	0.2	-	0.7 / 1.02	3.22	3.28						
40	Вальцы листогибочные ЯК13.1.02	1	2.8	2.8	0.35	-	0.87 / 0.57	1	0.57						
41	Пресс для рихтовки консолей	1	9.6	9.6	0.17	-	0.65 / 1.17	1.6	1.8						
42	Станов радиально- сверлильный RF-51	1	13.52	13.52	0.14	-	0.5 / 1.73	1.9	3.3						
43	Пресс КД2326	2	4.7	9.4	0.17	-	0.6/ 1.1	1.6	1.9						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
44	Станок обдирочно-шлифовальный	1	2.8	2.8	0.2	-	0.65 / 1.17	0.6	0.7						
45	Станок радиально-сверлильный	1	11.9	11.9	0.13	-	0.5 / 1.73	1.5	2.6						
46	Станок трубогибочный Н-806	1	7.3	7.3	0.6	-	0.7 / 1.02	4.4	4.5						
47	Пресс КБ-2326	1	4.5	4.5	0.17	-	0.6/ 1.3	0.8	1.07						
48	Сварочный аппарат Selma BC-300Б	2	9.18	18.36	0.36	-	0.5/ 1.73	6.6	11.4						
49	Кран-штабелер стеллажный 1Т	1	2.04	2.04	0.06	-	0.5 / 1.73	0.1	0.17						
50	Консоль	2	0.4	0.8	0.5	-	0.7 / 1.02	0.4	0.408						
51	Сушильный шкаф	2	18	36	0.6	-	0.8 / 0.75	21.6	16.2						
52	Станок для намотки сварочной проволоки	1	0.27	0.27	0.6	-	0.6 / 1.33	0.16	0.21						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
53	Сушильный шкаф ЯК0482	1	53.24	53.24	0.6	-	0.8/ 0.75	32	24						
54	Станок для наматывания проволоки	2	0.82	1.64	0.5	-	0.6 / 1.33	0.82	1.1						
55	Станок токарно карусельный 1М553	1	53.24	53.24	0.13	-	0.5 / 1.73	6.9	12						
56	Горизонтально- расточный станок 2620А	1	13.49	13.49	0.14	-	0.5 / 1.73	1.9	3.3						
57	Кран консольный	1	6.83	6.83	0.06	-	0.6/ 1.07	0.4	0.53						
58	Пресс гидравлический	1	20	20	0.2	-	0.6/ 1.07	4	5.32						
59	Станок вертикально- фрезерный 6М	1	11.7	11.7	0.12	-	0.5 / 1.73	1.4	2.4						
60	Станок токарно- винторезный РТ595РФ	1	18.5	18.5	0.14	-	0.5 / 1.73	2.6	4.5						
61	Станок радиально- сверлильный 2А55	2	6.83	13.66	0.13	-	0.5 / 1.73	2.2	3.8						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
62	Станок точно-шлифовальный 3К634	1	5.3	5.3	0.12	-	0.6 / 1.07	0.6	0.8						
63	Станок радиально-сверлильный 2А554	2	8.9	17.8	0.13	-	0.5/ 1.73	2.3	4						
64	Станок вертикально-сверлильный 2А150	1	7.5	7.5	0.12	-	0.5 / 1.73	0.9	1.6						
65	Станок радиально-сверлильный 2М55	2	8.38	16.76	0.13	-	0.5 / 1.73	2.2	3.8						
66	Станок точно-шлифовальный 3Б634	1	5.3	5.3	0.12	-	0.6 / 1.07	0.6	0.8						
67	Пресс однокривошипный	1	43.3	43.3	0.2	-	0.6/ 1.07	8.7	11.6						
68	Пресс кривошипный	1	9	9	0.2	-	0.6/ 1.07	1.8	2.4						
69	Пресс гидравлический П-476	1	4.5	4.5	0.2	-	0.6 / 1.07	0.9	1.2						
70	Пресс кривошипный 250т К 374Б	1	28	28	0.2	-	0.6 / 1.07	5.6	7.5						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
71	Пресс кривошипный 63т КА235	1	10	10	0.2	-	0.65 / 1.17	2	2.34						
72	Пресс кривошипный 250т К 374Б	1	29	29	0.2	-	0.6 / 1.07	5.8	7.7						
73	Пресс кривошипный РЕФ	1	9	9	0.2	-	0.6/ 1.07	1.8	2.4						
74	Пресс однокривошипный КВ2324	1	20	20	0.2	-	0.6 / 1.07	4	5.3						
75	Пресс однокривошипный КД2128К	3	7.87	23.61	0.2	-	0.6 / 1.33	4.7	6.3						
76	Пресс однокривошипный К2130	1	10	10	0.2	-	0.6 / 1.07	2	2.7						
77	Пресс однокривошипный	1	4.7	4.7	0.2	-	0.6/ 1.07	1	1.33						
78	Пресс листогибочный	1	15.6	15.6	0.2	-	0.6/ 1.07	3.12	4.15						
79	Ножницы роликовые НБ 453	1	11.8	11.8	0.12	-	0.5 / 1.73	1.4	2.4						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
80	Ножницы гильотинные НК-3418	1	8.87	8.87	0.12	-	0.5 / 1.73	1	1.73						
81	Пресс гидравлический РКХА-160	2	16.88	33.76	0.2	-	0.65 / 1.17	6.75	7.9						
82	Станок обдирочно- шлифовальный ЗБ634	1	3	3	0.2	-	0.6 / 1.07	0.6	0.9						
83	Станок радиально- сверлильный 2532Л	1	3.69	3.69	0.12	-	0.5/ 1.73	0.44	0.76						
84	Станок вертикальный консольно-фрезер.	1	9.83	9.83	0.13	-	0.5 / 1.73	1.3	2.25						
85	Станок токарно- винторезный 16Д20	1	11.88	11.88	0.12	-	0.6 / 1.07	1.4	1.8						
86	Пресс ножницы- комбинированные НБ5222Б	1	4.8	4.8	0.12	-	0.5 / 1.73	0.6	1						
87	Станок ленточный PEGAS 350x400	2	2	4	0.6	-	0.7/ 1.02	2.4	2.45						
88	Механизм загрузки деталей на рольганг	1	3.7	3.7	0.6	-	0.8/ 0.75	2.2	1.65						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
89	Листоправильная машина UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65 / 1.17	12	14						
90	Ножницы гильотинные STP-16	1	29	29	0.12	-	0.5 / 1.73	3.5	6						
91	Ножницы гильотинные Н-482	1	40.6	40.6	0.12	-	0.5 / 1.73	4.9	8.5						
92	Кромкогиб гидравлический ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65 / 1.17	11.6	13.6						
93	Кромкофрезерная машина	1	3.1	3.1	0.12	-	0.5/ 1.73	0.3	0.5						
94	Плазморежущая машина ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35	-	0.5 / 1.73	21	36.3						
95	Машина термической резки Suprarex P3500	3	110	330	0.2	-	0.9 / 0.5	66	33						
96	Пресс гидравлический ПА 415	1	14	14	0.2	-	0.6 / 1.07	2.8	3.7						
97	Кран-балка 5т	2	24.2	48.4	0.25	-	0.5/ 1.73	12.1	21						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
98	Кран мостовой 10т	1	48.2	48.2	0.25	-	0.5/ 1.73	12.1	21						
100	Кран мостовой г/п - 10т	4	23.3	93.2	0.25	-	0.5/ 1.73	23.3	40.3						
101	Кран мостовой г/п- 5т	1	20.7	20.7	0.25	-	0.5 / 1.73	5.2	9						
102	Кран мостовой г/п- 4т	1	28	28	0.25	-	0.5 / 1.73	7	12.1						
103	Кран мостовой г/п - 20/5т	1	53	53	0.25	-	0.5 / 1.73	13.3	23						
104	Кран мостовой г/п - 50/10т	1	139.5	139.5	0.25	-	0.5/ 1.73	35	60.6						
105	Кран мостовойг/п - 20/5т	1	77	77	0.25	-	0.5 / 1.73	19.25	33.3						
106	Кран мостовой г/п - 20/5т	1	128	128	0.25	-	0.5 / 1.73	32	55.4						
107	Кран мостовой г/п - 10т	1	29.5	29.5	0.25	-	0.5 / 1.73	7.3	12.8						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
108	Кран мостовой 5т	2	24.2	48.4	0.25	-	0.5/ 1.73	12.1	21						
109	Конвейер для сушки радиаторов	1	3	3	0.5	-	0.65 / 1.17	1.5	1.7						
110	Сушильная камера	1	20.9	20.9	0.8	-	0.9/ 0.5	16.7	8.35						
111	Дробеструйная камера ВЕИЛ61.02.7.17	1	130	130	0.5	-	0.65 / 1.17	65	76						
112	Сушильная камера ПЛ13013	1	22	22	0.9	-	0.9 / 0.5	19.8	9.9						
113	Тележка	1	2	2	0.5	-	0.7 / 1.02	1	1.02						
114	Кран мостовой г/п - 4т	1	21	21	0.25	-	0.5/ 1.73	5.25	9						
115	Кран мостовой г/п - 45/10т	1	161.5	161.5	0.25	-	0.5 / 1.73	40.4	69.8						
116	Кран мостовой г/п - 20/5т	1	48.5	48.5	0.25	-	0.5 / 1.73	12.1	21						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
117	Тележка ОН-614	1	10.8	10.8	0.5	-	0.7 / 1.02	5.4	5.5						
118	Кран мостовой 5т	2	20.7	20.7	0.25	-	0.5/ 1.73	5.2	9						
	Итого без освещения	1	161/0.4	4105	0.28	> 3	1.1	1163	1283	51	0.7	815	1283	1520	2194
	Итого с освещением											917	1357	1648	2379
	Итого с дополнительной нагрузкой 17 цеха											1755	1791	2508	3620

2 Расчёт осветительной нагрузки цеха

Расчёт освещения в этом пункте проводился с помощью программы DIALux. Результаты расчёта освежения представлены в приложении Б.

В выпускной квалификационной работе были использованы светильники НВА 400IP65.



Рисунок 1 - Изображение светильника

При проектировании осветительной системы производства были рассмотрены несколько вариантов выполнения осветительной системы. За основной был взят вариант со светильниками НВА 400IP65 , так как это вариант оказался наиболее дешёвым и эффективным.

Светильники типа НВА являются наиболее подходящим вариантом для освещения помещений с высокими потолками таких как: ангары , склады , производственные помещения. Светильники класса НВА предназначены для вертикального подвеса на тросе. Корпус светильника металлический с гидрогерметичными вводами.

3 Выбор трансформаторов для цеха предприятия с учётом компенсации реактивной мощности

Выбор цеховых трансформаторов является одним из самых важных этапов проектирования, который влияет на дальнейшие этапы проектирования электрической системы промышленного предприятия. Выбор цеховых трансформаторов не является простой задачей, так как существует множество вариантов решения данной задачи. Как правило достаточно выполнить несколько вариантов расчётов и из них выбрать наилучший вариант. Основным критерием оценки является значение технико-экономические показатели.

Мощность трансформаторов цеховой ТП зависит от величины нагрузки электроприемников, их категории по надёжности электроснабжения, от размеров площади цеха и т.п. При одной и той же равномерно распределенной нагрузке с увеличением площади цеха должна уменьшаться единичная мощность трансформаторов.

Количество трансформаторов одной подстанции зависит от категории электроприемников по надёжности электроснабжения.

Однотрансформаторные подстанции применяют для питания потребителей 3-й и иногда 2-й и при наличии небольших (до 15...20%) нагрузок 1-й категории при условии резервирования их питания по связям на вторичном напряжении между соседними подстанциями.

На объекте ВКР присутствуют преимущественно потребители 3 категории электроснабжения. Исходя из данных существующей системы электроснабжения, необходимо 2 ТП так как длинна цеха составляет 288м и нагрузка равномерно располагается по всей площади цеха. В существующей системе установлено 2 ТП. Первая ТП оборудована двумя трансформаторами ТМГ-1000 кВА, вторая ТП оборудована одним трансформатором ТМГ-1000 кВА. Установленные трансформаторы являются устаревшими, так как они

были изготовлены в 1970г. И находятся в эксплуатации достаточно долгий срок. Последняя проверка трансформаторов показала, что изоляция фаза-фаза и фаза-земля ниже требуемых норм.

Вариант А

Исходные данные:

$$P_p = 1755 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 1791 \text{ кВар}$$

$$S_p = 2508 \text{ кВА}$$

Количество трансформаторов найдём по формуле:

$$N_m = \frac{P_p}{k_z \cdot S_n} = \frac{1755}{0.8 \cdot 1000} = 2.2 \quad (3.1)$$

где k_z - коэффициент загрузки трансформатора,

N_T - количество трансформаторов,

S_n - мощность трансформатора.

Исходя из расчетов, выбираем 3 трансформатора ТМГ-1000/10 с параметрами указанными в таблице 2.

Таблица 1 – Параметры трансформатора ТМГ-1000/10

Название	ТМГ-1000/10
ΔP_{xx}	1.4 кВт
ΔP_{kz}	10.8 кВт
U_k	5.5%
i_x	1.2%

Потери в трансформаторе:

$$\Delta P_m = N_m \cdot \Delta P_{xx} + k_z^2 \cdot \Delta P_{kz} = 3 \cdot 1.4 + 0.8^2 \cdot 10.8 = 24.9 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = N_m \cdot i_{xx} + k_3^2 \cdot U_{k3} \cdot \frac{S_H}{100} = 3 \cdot 1.2 + 0.8^2 \cdot 5.5 \cdot 10 = 141 \text{кВар} \quad (3.2)$$

Расчётная нагрузка корпуса с учётом потерь в трансформаторе:

$$\begin{aligned} P_p &= P_p + \Delta P_m = 1755 + 24.9 = 1779.9 \text{кВт} \\ Q_p &= Q_p + \Delta Q_m = 1791 + 141 = 1932 \text{кВар} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{min} = 0.5 \cdot Q_p = 0.5 \cdot 1932 = 966 \text{кВар}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума:

$$\begin{aligned} Q'_{\text{э}1} &= Q_p - 0.7 \cdot Q_{cd} = 966 \text{кВар} \\ Q''_{\text{э}1} &= \alpha \cdot P_p = 0.28 \cdot 1779.9 = 498.4 \text{кВар} \end{aligned} \quad (3.5)$$

где α - расчетный коэффициент, соответствующий установленным предприятию условиям получения от энергосистемы мощностей P_m и $Q_{\text{э}1}$, $\alpha=0,28$; $Q_{cd}=0$.

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений: $Q_{\text{э}1} = 498.4 \text{кВар}$.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э}2} = Q_{min} + Q_k = 966 + 0 = 966 \text{кВар}$$

$$Q_{\vartheta 2}'' = Q_{min} - Q_p - Q_{\vartheta 1} = 966 - 1779.9 - 498.4 = -315.5 \text{кВар} \quad (3.6)$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q_{min} = 966 \text{кВар}$

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$\begin{aligned} Q_{\text{КУ} \max} &= 1.1 \cdot Q_p - Q_{\vartheta} = 1.1 \cdot 1932 - 966 = 1159 \text{кВар} \\ Q_{\text{КУ} \min} &= Q_{min} - Q_{\vartheta 2} = 966 - 966 = 0 \text{кВар} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемые.

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

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 10 кВ в сеть с напряжением до 1 кВ:

$$Q_m = \frac{(N_m \cdot k_z \cdot S_m)^2 - P_p^2}{2} = 1637 \text{кВар} \quad (3.8)$$

Мощность КУ на стороне до 1кВ:

$$Q_{\text{КУ} \text{н}} = Q_p - Q_m = 1932 - 1637 = 295 \text{кВар} \quad (3.9)$$

Мощность КУ на стороне 10 кВ :

$$Q_{\text{КУ.6}} = Q_{\text{КУ.макс}} - Q_{\text{КУ.н}} = 1159 - 295 = 864 \text{кВар} . \quad (3.10)$$

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

$$3_{KY.H} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U}{U_{BK}} \right)^2 \cdot Q + C_0 \cdot P_{BK} \cdot Q + E_p \cdot K_p \cdot 1 = 0.223 \cdot 510 \cdot \left(\frac{1}{1} \right)^2 \cdot 0.295 + 4.8 \cdot 4.5 \cdot 0.15 + 0.27 \cdot 1 \cdot 16 = 44 \text{ тыс. руб.}$$

где $E=0.223$;

$C_0=4800 \text{ руб/кВт}$;

$U_{BK}=1$;

$U=1$;

$K_p=16000 \text{ руб}$;

$P_{BK}=4.5 \text{ кВт/Мвар}$;

$Q=0.295 \text{ квар}$;

$K_y=510 \text{ тыс. руб/Мвар}$;

$E_p=0.27$

Приведённые затраты на трансформатор:

$$C_0 = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (3.11)$$

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau, \quad (3.12)$$

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.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot T_p; \quad (3.14)$$

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

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

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

Стоимость трансформатора ТМГ-1000 по данным 2015 года составляет 500000 тыс. руб.

$$E = 0,223$$

$$C_{ТЗ} = 1500000 \text{ руб.}$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{XX} + C \cdot K_s^2 \cdot \Delta P_{KЗ} = 520 \quad (3.15)$$

$$З_T = E \cdot C_{ТЗ} + C \cdot \Delta P_T = 0,223 \cdot 1500000 + 520 = 335 \text{ тыс.руб.} \quad (3.16)$$

Суммарные затраты:

$$З_{общие} = З_{КУ} + З_T = 44 + 335 = 379 \text{ тыс.руб.}$$

Вариант Б

Исходные данные:

$$P_p = 1755 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 1791 \text{ кВар}$$

$$S_p = 2508 \text{ кВА}$$

Количество трансформаторов найдём по формуле:

$$N_m = \frac{P_p}{k_3 \cdot S_H} = \frac{1755}{0,8 \cdot 1600} = 1,37 \quad (3.17)$$

где κ_3 - коэффициент загрузки трансформатора,

N_T - количество трансформаторов,

S_H - мощность трансформатора.

Исходя из расчетов, выбираем 2 трансформатора ТМГ-1600/10 с параметрами указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры трансформатора ТМГ-1600/10

Название	ТМГ-1600/10
ΔP_{xx}	1.9 кВт
$\Delta P_{\kappa 3}$	15.8 кВт
U_{κ}	6%
i_x	1.2%

Потери в трансформаторе:

$$\Delta P_m = N_m \cdot \Delta P_{xx} + \kappa_3^2 \cdot \Delta P_{\kappa 3} = 2 \cdot 1.9 + 0.8^2 \cdot 15.8 = 24 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = N_m \cdot i_{xx} + \kappa_3^2 \cdot U_{\kappa 3} \cdot \frac{S_H}{100} = 2 \cdot 1.2 + 0.8^2 \cdot 6 \cdot 16 = 161 \text{ кВар} \quad (3.18)$$

Расчётная нагрузка корпуса с учётом потерь в трансформаторе:

$$P_p = P_p + \Delta P_m = 1755 + 24 = 1779 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_p + \Delta Q_m = 1791 + 161 = 1942 \text{ кВар} \quad (3.19)$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{min} = 0.5 \cdot Q_p = 0.5 \cdot 1942 = 971 \text{ кВар}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума:

$$Q'_{\text{э}1} = Q_p - 0.7 \cdot Q_{\text{сд}} = 971 \text{кВар}$$

$$Q''_{\text{э}1} = \alpha \cdot P_p = 0.28 \cdot 1779 = 498 \text{кВар} \quad (3.20)$$

где α - расчетный коэффициент, соответствующий установленным предприятию условиям получения от энергосистемы мощностей P_m и $Q_{\text{э}1}$, $\alpha=0,28$; $Q_{\text{сд}}=0$.

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений: $Q_{\text{э}1} = 498 \text{кВар}$.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э}2} = Q_{\text{min}} + Q_k = 971 + 0 = 966 \text{кВар}$$

$$Q''_{\text{э}2} = Q_{\text{min}} - Q_p - Q_{\text{э}1} = 971 - 1779 - 498 = -310 \text{кВар} \quad (3.21)$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q_{\text{min}} = 971 \text{кВар}$

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку} \max} = 1.1 \cdot Q_p - Q_{\text{э}} = 1.1 \cdot 1942 - 971 = 1165 \text{кВар}$$

$$Q_{\text{ку} \min} = Q_{\text{min}} - Q_{\text{э}2} = 971 - 971 = 0 \text{кВар} \quad (3.22)$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемые.

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

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 10 кВ в сеть с напряжением до 1 кВ:

$$Q_m = \frac{(N_m \cdot k_z \cdot S_m)^2 - P_p^2}{P_p} = 1840 \text{кВар} \quad (3.23)$$

Мощность КУ на стороне до 1кВ:

$$Q_{ку_{н}} = Q_p - Q_m = 1942 - 1840 = 102 \text{кВар} \quad (3.24)$$

Мощность КУ на стороне 10 кВ :

$$Q_{КУ.6} = Q_{КУ.макс} - Q_{КУ.н} = 1159 - 295 = 1063 \text{кВар}. \quad (3.25)$$

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

На стороне 10 кВ:

$$\begin{aligned} 3_{КУ.н} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U}{U_{БК}} \right)^2 \cdot Q + C_0 \cdot P_{БК} \cdot Q + E_p \cdot K_p \cdot 1 = 0.223 \cdot 911 \cdot \left(\frac{1.05}{0.95} \right)^2 \cdot 1 + 4.8 \cdot 4.5 \cdot 1 + \\ + 0.27 \cdot 1 \cdot 16 = 238 \text{тыс.руб.} \end{aligned}$$

где $E = 0.223$;

$C_0 = 4800 \text{ руб/кВт}$;

$U_{БК} = 1.05$;

$U = 0.95$;

$K_p = 16000 \text{ руб}$;

$P_{БК} = 4.5 \text{ кВт/Мвар}$;

$Q = 1 \text{ Мвар}$;

$K_y = 911 \text{ тыс. руб/Мвар}$;

$E_p = 0.27$

На стороне 0.4 кВ:

$$\begin{aligned} 3_{КУ.н} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U}{U_{БК}} \right)^2 \cdot Q + C_0 \cdot P_{БК} \cdot Q + E_p \cdot K_p \cdot 1 = 0.223 \cdot 247 \cdot \left(\frac{1}{1} \right)^2 \cdot 1 + 4.8 \cdot 4.5 \cdot 0.1 + \\ + 0.27 \cdot 1 \cdot 16 = 12 \text{тыс.руб.} \end{aligned}$$

где $E=0.223$;

$C_0=4800$ руб/кВт;

$U_{БК}=1$; $U=1$;

$K_p=16000$ руб;

$P_{БК}=4.5$ кВт/Мвар;

$Q=0,1$ Мвар;

$K_y=247$ тыс. руб/Мвар;

$E_p=0.27$

Приведённые затраты на трансформатор:

$$C_0 = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (3.26)$$

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau, \quad (3.27)$$

где α – основная ставка двухставочного тарифа, $\alpha=36$ руб/кВт,

β – дополнительная плата за 1 кВт·час потреблённой электроэнергии,

$\beta=0,9$ руб/кВт·час,

T_p – время работы трансформатора в году, $T_p=8760$ ч,

T_M – время использования максимальной нагрузки предприятия в год,

$T_M=4000$ ч,

τ – время максимальных потерь.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot T_p; \quad (3.28)$$

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

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

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

Стоимость трансформатора ТМГ-1600 по данным 2015 года составляет 895000 тыс. руб.

$$E = 0,223$$

$$C_{T3} = 1790000 \text{ руб.}$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{XX} + C \cdot K_s^2 \cdot \Delta P_{K3} = 736 \quad (3.29)$$

$$Z_T = E \cdot C_{T3} + C \cdot \Delta P_T = 0.223 \cdot 1790000 + 736 = 400 \text{ тыс.руб.} \quad (3.30)$$

Суммарные затраты:

$$Z_{общие} = Z_{КУср} + Z_T + Z_{КУн} = 238 + 400 + 12 = 650 \text{ тыс.руб.}$$

Проведя технико-экономические расчёты двух различных вариантов, с разными трансформаторами, мы видим что вариант с тремя трансформаторами ТМГ-1000 10/0.4 наиболее экономичнее, чем вариант с двумя трансформаторами ТМГ 1600 10/0.4. Следовательно выбираем вариант А с тремя ТМГ 1000 10/0.4.

4 Выбор трансформаторов тока, автоматических выключателей, шинопроводов и кабелей

В этом разделе ВКР будут выбраны магистральные шинопроводы, распределительные устройства 0.4кВ. Так же будут выбраны автоматические выключатели для отдельных электприемников, которые нуждаются в замене.

Расчёты ведутся по формулам 1.1.....1.12 и полученные результаты записываются в таблицу приложения Б

Для выбора распределительного устройства на ТП1 и ТП2 необходимо сложить токи протекающие по ШМА.

$$I_{pnТП1} = I_{ШМА1} + I_{ШМА2} = 976 + 805.4 = 1781.4 \text{ A.}$$

$$I_{pnТП2} = I_{ШМА3} = 851 \text{ A.}$$

На основании расчётов токов выбираем ШМА и РП и кабели. Так как на заводе была произведена замена сварочного оборудования на более новое и эффективное оборудование, с помощью которого удалось повысить $\cos\phi$ энергосистемы сварочного цеха. При замене оборудования так же была проведена замена кабелей и автоматических выключателей, с помощью которых оборудование получает электрическую энергию. Но на производстве присутствует оборудование которое не заменялось в течении долго времени, такое как мостовые краны. При последней проверке оборудование было установлено что автоматические выключатели АЕ нуждаются в замене.

4.1)Выбор автоматических выключателей осуществляется по следующим параметрам:

1) По номинальному напряжению

Номинальное рабочее напряжение АВ должно соответствовать напряжению сети.

$$U_{\text{HAB}} \geq U_{\text{с}}$$

2) По номинальному току

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

$$I_{\text{расцAB}} \geq I_{\text{расч.л}}$$

Номинальный ток эл.приемника находится по формуле:

$$I_{\text{H}} = \frac{P_{\text{H}}}{\cos\varphi_{\text{H}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{H}}}, \quad (4.1)$$

где U_{H} - номинальное напряжение питающей сети, P_{H} - номинальная мощность эл.приемника, $\cos\varphi_{\text{H}}$ - номинальный косинус фи указанный в паспорте эл.приемника.

Расчёт номинального тока оборудования производится по формуле 4.1 и полученные данные заносятся в таблицу 5:

Таблица 4 - расчёт номинальных токов и выбор выключателей

Название оборудования	I_{H} , А	Автоматический выключатель
Кран мостовой 5 т 3шт	69.9	ABB 3-ф FH 200I _H -80A
Кран мостовой 10 т 3 шт.	67	ABB 3-ф FH 200I _H -80A
Кран мостовой 50/10 т 1шт.	397	ABB Tmax 4P 400A T5N I_H-400A
Кран мостовой 45/10т	466	ABB Tmax 4P630A T5N I_H-630A
Кран мостовой 10т	85	ABB TmaxXT1B 100 TMDI _H -100A

Силовые вводные и секционные выключатели которые вводят в работу силовые трансформаторы на ТП выбираются по формуле:

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (4.1)$$

где S_H - номинальная мощность трансформатора, U_H - номинальное напряжение трансформатора(обмотки где устанавливаются ТТ).

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 1445A$$

Исходя из расчетов выбираем выключатели фирмы ABB T7S 1600 PR332/P LSIG $I_n=1600A$ с пиковым током отключения 85кА

Выбранные ШМА:

- 1) Для ШМА 1 - Шинопроводы KLM-S с медными шинами $I_H-1000A$
- 2) Для ШМА 2 - Шинопроводы KLM-S с медными шинами $I_H-1000A$
- 3) Для ШМА 3 - Шинопроводы KLM-S с медными шинами $I_H-1000A$

Распределительные устройства:

- 1) РП ТП1 - РУ0.4 - РУНН - 2000А



Рисунок 2 - Распределительное устройство 0.4кВ 2000А

2) РП ТП2 - РУ0.4 - РУНН - 1000А.

Выбор измерительных трансформаторов тока производится по номинальному току измеряемого участка. В данном случае выбор трансформатора тока будет производиться исходя из расчёта номинального тока трансформаторов на ТП. Номинальный ток трансформатора определяется с помощью формулы:

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (4.1)$$

где S_H - номинальная мощность трансформатора, U_H - номинальное напряжение трансформатора(обмотки где устанавливаются ТТ).

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 1445A$$

На ТП1 установлено 2 трансформатора с мощностями 1000кВА, а на ТП2 установлен 1 трансформатор с мощностью 1000кВА. Соответственно необходимо выбрать 3 трансформатора тока. Соответственно устанавливаем для каждого трансформатора свои трансформаторы тока ТШП-0.66 .



Рисунок 3 - Шинные трансформаторы тока ТСП-0.66 .

Кабели соединяющие ШМА в местах перехода выбираем АВВГ 3х185+1х50.

5 Расчёт токов короткого замыкания

Расчет токов КЗ необходим для проверки выбранного электрооборудования, коммутационных аппаратов, выбора уставок релейной защиты. В данном случае расчет ведется в именованных единицах, т.к. производится он на напряжении до 1 кВ.

В данной работе необходимо провести анализ КЗ, произошедшего на самом близком и мощном потребителе.

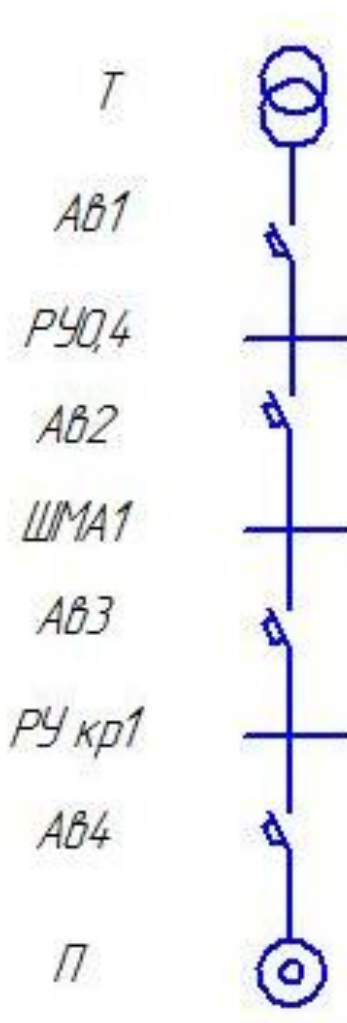


Рисунок 4 - Схема для расчета КЗ .

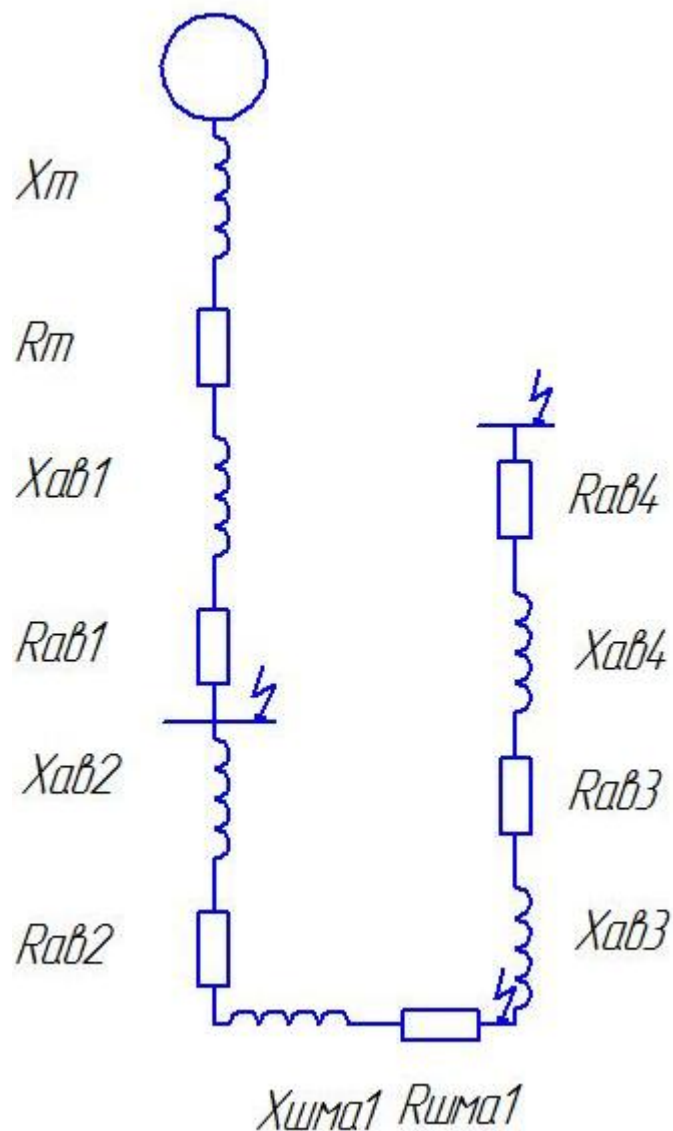


Рисунок 5 - Схема замещения для расчёта КЗ .

Расчет КЗ на стороне ниже 1000В ведется в именованных единицах. При расчете КЗ на стороне ниже 1000В пренебрегать активной составляющей сопротивления нельзя, поэтому для каждого элемента необходимо определить и активное сопротивление и индуктивное сопротивление, как показано на Рисунке 5.

1) Сопротивления трансформаторов определяется по следующей формуле:

$$Z_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T}, \quad (5.1)$$

где U_k - напряжение короткого замыкания в процентах, U_H - номинальное напряжение трансформатора на стороне НН, S_T - номинальная мощность трансформатора.

Для расчёта КЗ необходимо вычислить активное и индуктивное сопротивление трансформатора.

Активное сопротивление вычисляем по формуле:

$$r_T = \Delta P_{KЗ} \cdot \frac{U_H^2}{S_T^2}, \quad (5.2)$$

где $\Delta P_{KЗ}$ - потери короткого замыкания в трансформаторе, U_H - номинальное напряжение трансформатора на стороне НН, S_T - номинальная мощность трансформатора.

Индуктивное сопротивление находится по формуле:

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2}, \quad (5.3)$$

где z_T - полное сопротивление трансформатора, r_T - активное сопротивление трансформатора.

$$z_T = \frac{5.5}{100} \cdot \frac{0.4^2}{1000} \cdot 10^6 = 8.8 \text{ мОм}$$

$$r_T = 10.8 \cdot \frac{0.4^2}{1000^2} \cdot 10^6 = 1.8 \text{ мОм}$$

$$x_T = \sqrt{8.8^2 - 1.8^2} = 8.6 \text{ мОм}$$

2) Сопротивление контактов автоматического выключателя

$$r_{ав} = 0.14 \text{ мОм}$$

$$x_{ав} = 0.08 \text{ мОм}$$

Определяем ток КЗ по формуле:

$$I_{КЗ} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_n}, \quad (5.4)$$

где U_H - номинальное напряжение сети, z_n - полное суммарное сопротивление.

Суммарное сопротивление найдем по формуле:

$$z_n = \sqrt{x_n^2 + r_n^2}, \quad (5.5)$$

Для точки К1:

$$r_{сумк1} = 1.8 + 0.14 = 1.94 \text{ мОм}$$

$$x_{сумк1} = 0.08 + 8.6 = 8.68 \text{ мОм}$$

$$z_n = \sqrt{1.94^2 + 8.68^2} = 8.9 \text{ мОм}$$

$$I_{КЗ} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_n} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0001} = 25 \text{ кА}$$

Найдем ударный ток по формуле:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_k, \quad (5.6)$$

где $K_{y\partial} = 1.4$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1.4 \cdot 25 = 49.5 \text{ кА}$$

Для точки К2:

$$r_{\text{сумк1}} = 1.8 + 0.14 + 0.25 + 0.08 \cdot 5 = 2.34 \text{ мОм}$$

$$x_{\text{сумк1}} = 0.08 + 8.6 + 0.1 + 0.15 = 9.0 \text{ мОм}$$

$$z_n = \sqrt{2.34^2 + 9^2} = 9.3 \text{ мОм}$$

$$I_{\text{К3}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot z_n} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0001} = 24 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1.34 \cdot 25 = 47 \text{ кА}$$

Для точки К3:

$$r_{\text{сумк1}} = 1.8 + 0.14 + 0.25 + 0.08 \cdot 5 + 0.41 + 0.41 = 3.2 \text{ мОм}$$

$$x_{\text{сумк1}} = 0.08 + 8.6 + 0.1 + 0.15 + 0.13 + 0.13 = 9.3 \text{ мОм}$$

$$z_n = \sqrt{1.94^2 + 8.68^2} = 9.8 \text{ мОм}$$

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_n} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0098} = 23 \text{ кА}$$

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot K_{y0} \cdot I_k = \sqrt{2} \cdot 1.2 \cdot 25 = 40 \text{ кА}$$

Условие $I_{K3} < I_{\text{пик.в}}$ выполняется $49.5 \text{ кА} < 85 \text{ кА}$. Выключатель АВВ Т7S 1600 PR332/P LSIG прошел проверку.

6 Расчет заземления и молниезащиты производства

1.1 Расчёт заземления

Все металлические части электроустановок, не находящиеся под напряжением, должны заземляться. Для заземления используются естественные и искусственные заземлители. При контурном заземляющем устройстве электроды заземлителя размещают по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, а также внутри этой площадки. В открытых электроустановках корпуса присоединяют непосредственно к заземлителю проводами. В зданиях прокладывается магистраль заземления, к которой присоединяются заземляющие провода. Магистраль заземления соединяют с заземлителем не менее чем в двух местах. Мы используем искусственные заземлители, к ним относятся: стержни из угловой стали, стальные трубы, прутковая сталь. Заземлители забивают в ряд или по контуру на такую глубину, при которой от верхнего конца заземлителя до поверхности земли остается 0,5-0,8 м. Расстояние между вертикальными заземлителями должно быть не менее 2,5-3 м. Рассчитаем заземляющее устройство для сварочного производства: площадью 288 м на 80 м; вид грунтакчернозём $\rho_{в.с} = \rho_3 = 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства на стороне 0,4 кВ должно быть 4 Ом, которое и будет определяющим для расчета.

Согласно ПУЭ Издание 7 допустимое сопротивление заземляющего устройства с учетом удельного сопротивления грунта:

$$R_{з.ст} = \frac{\rho_{гр}}{l_{ст}} \cdot 0.9, \quad (6.1)$$

где $\rho_{гр}$ - удельное сопротивление грунта, $l_{ст}$ - длина вертикального заземляющего стержня.

$$R_{з.ст} = \frac{50}{2.5} \cdot 0.9 = 18 \text{ Ом}$$

Количество вертикальных заземлителей найдем по формуле:

$$n_{\epsilon} = \frac{R_{з.ст}}{\eta_{\epsilon} \cdot R_3} \quad (6.2)$$

где η_{ϵ} -коэффициент использования заземлителей расположенных по контуру

$$n_{\epsilon} = \frac{18}{0.7 \cdot 4} = 6.5$$

Длинна горизонтального заземлителя определяется по формуле:

$$l_{\epsilon} = a \cdot n_{\epsilon} \quad (6.3)$$

где a - расстояние между вертикальными заземлителями.

Если длинна горизонтального контура заземлителя меньше периметра цеха, то длинна контура берется равной периметру цеха плюс 12.....16м.

$$l_{\epsilon} = 2.5 \cdot 7 = 17.5 \text{ м}$$

Сопротивление растеканию горизонтального заземлителя
(сопротивление заземляющей полосы):

$$R_{\Gamma} = 2.1 \cdot \frac{P}{l_{\Gamma}} \quad (6.4)$$

где P - периметр цеха.

$$R_{\Gamma} = 2.1 \cdot \frac{736}{750} = 2 \text{ Ом}$$

Результирующее сопротивление растеканию тока определяется по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{R_{3.ст} \cdot R_{\Gamma}}{h_n \cdot R_{3.ст} + h_m \cdot R_{\Gamma} \cdot n_B} \quad (6.5)$$

где h_n - коэффициент экранирования, $h_m=1$.

$$R_p = \frac{18 \cdot 2}{0.36 \cdot 18 + 1 \cdot 2 \cdot 7} = 1.90 \text{ Ом}$$

Полученное сопротивление заземляющего устройства равно 1.9 Ом, удовлетворяет условиям (в установках до 1000В сопротивление заземляющего устройства не должно быть больше 4 Ом).

1.2 Молниезащита

В данной ВКР молниезащита будет выполняться с помощью молниезащитной сетки на кровле сварочного производства. Здание относится к 3 категории молниезащиты. На сварочном производстве не присутствуют взрывоопасные материалы.

Согласно руководствам по исполнению молниезащиты утвержденных МЭК, использование молниезащитной сетки разрешено для всех категорий. Различие заключается в исполнении монтажа сетки. Для сооружений 1 категории размеры сетки(ячеек) не должны превышать $5 \times 5 \text{ м}^2$, для 2 и 3 категории сооружений размер не должен превышать $10 \times 10 \text{ м}^2$. На рисунке 6 показан пример исполнения молниезащиты с помощью сетки.



Рисунок 6 - Молниезащитная сетка

В ВКР размер ячейки сетки принят $10 \times 10 \text{ м}^2$

Заключение

В процессе выполнения ВКР была рассчитана суммарная нагрузка по сварочному производству $S_{\text{сум}}=2508$ кВА. Исходя из полученной суммарной нагрузки был произведен выбор трансформаторов. Рассчитав технико-экономические варианты исполнения ТП (вариант А - три трансформатора ТМГ - 1000 кВА, и вариант Б - два трансформатора ТМГ - 1600 кВА) был выбран вариант А.

Рассчитано освещение с помощью программного обеспечения DIALux. Использование программного обеспечения DIALux позволило произвести грамотный расчет осветительных установок, с помощью которых освещенность рабочей плоскости соответствует нормам освещенности рабочих мест на сварочном производстве(200 люкс)

Следующим пунктом был расчет токов, для выбора ШМА (Шинопроводы KLM-S с медными шинами $I_n=1000A$) и РУ0.4кВ. Результаты расчетов записывались в таблицу 4 приложение Б.Так же выбраны трансформаторы тока (Шинные трансформаторы тока ТШП-0.66). Вводные выключатели (ABB T7S 1600 PR332/P LSIG $I_n=1600A$ с пиковым током отключения 85кА).

После расчёта оборудования произвели расчет КЗ, для проверки выбранного оборудования. Расчёт показал, что вводные выключатели способны отключить ток КЗ.

Для обеспечения безопасности работы на производстве был произведен расчет заземления и выбрана молниезащита. Производство относится к 3 категории молниезащиты. Согласно нормативному документу по исполнению молниезащиты, на здания 3 категории разрешена установка молниезащитной сетки на крыше здания с размером ячейки $10 \times 10 \text{ м}^2$.

Список использованных источников

1. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2007.
2. Вахнина, В.В. Проектирование осветительных установок: учебное пособие/ В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2008.
3. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения машиностроительных предприятий: учебное пособие/ В.В. Вахнина, В.Л. Горячева, Ю.В. Стёпкина. – Тольятти: ТГУ, 2004.
4. Вахнина, В.В. Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия: методические указания по курсовому проектированию/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко.–Тольятти: ТГУ, 2008.
5. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/В.В. Вахнина. – Тольятти: ТГУ, 2006.
6. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). – С.Пб.:Энергоатомиздат, 2002 г. – 496 с.
7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И.Кудрин.- М.:Интермет Инжиниринг,2007.-672стр.: ил.
8. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии // Инструктивные материалы Главгосэнергонадзора – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 276 – 326.
9. Карпов Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. – М.: Энергия, 1975. – 184 с.
10. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с

11. Edvard C. Lighting Essentials You Can't Deny [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015.<http://electrical-engineering-portal.com/3-lighting-essentials-you-cant-deny> -(дата обращения 22.02.16)
12. Edvard C. How residual current device (RCD) works?[Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015.<http://electrical-engineering-portal.com/how-residual-current-device-rcd-works> -(дата обращения 25.02.16)
13. Edvard C. Maintenance Of Low Voltage Circuit Breakers Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015.<http://electrical-engineering-portal.com/maintenance-of-low-voltage-circuit-breakers> -(дата обращения 25.02.16)
14. Edvard C. The Case Of Real Time Reactive Compensation[Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015.<http://electrical-engineering-portal.com/the-case-of-real-time-reactive-compensation> -(дата обращения 20.02.16)
15. Edvard C. Types of electrical power distribution systems [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015.<http://electrical-engineering-portal.com/types-of-electrical-power-distribution-systems> - (дата обращения 20.02.16)
16. Каталог электрического оборудования [Электронный ресурс] / интернет сайт компании ABB - Режим доступа: <http://new.abb.com.ru>, свободный (дата обращения 20.02.16)
17. Каталог электрического оборудования[Электронный ресурс] / интернет сайт компании Schneider Electric- Режим доступа: <http://www.schneider-electric.ru>, свободный (дата обращения 20.02.16)
18. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и потребителей.– М.: НИЦ ЭНАС, 2004. – 382 с.
19. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений/ Анчарова, Т.В., Рашевская, М.А., Стебунова, Е.Д.. Учебник. - М.: Форум, 2014. - 416 с.

20. Ерошенко, Г.Н. Эксплуатация электрооборудования./ Ерошенко, Г.Н., Кондратьева, Н.П. Учебник. - М.: Инфра-М, 2014. - 336 с.

Приложение А

Приложение А 1 - Расчёт токов

№	Наименование электроприемников	Ко- ли- чес- тво ЭП	Установленна я мощность, приведенная к ПВ=100%		Ки	m	$\frac{\cos \phi}{\text{tg} \phi}$	Средняя нагрузка		n_p	K_μ	Расчетная нагрузка			Ip, А
			Одного ЭП	Всех ЭП				P _{см} , кВт	Q _{см} ,к вар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35	-	0.75 / 0.88	4.06	3.6	-	-				
2	Колонна сварочная	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65 / 1.17	0.04	0.047	-	-				
3	Сварочный трактор KOIKE	1	0.18	0.18	0.08	-	0.5/ 1.7	0.01	0.025	-	-				
4	Сварочный трактор Noboruder	1	0.06	0.06	0.08	-	0.5 1.73	0.005	0.008	-	-				
5	Сварочный полуавтомат Kemppi	1	26.1	26.1	0.35	-	0.87 / 0.57	9.1	5.2	-	-				
6	Сварочный выпрямитель ESAB	1	11.6	11.6	0.6	-	0.7 1.02	7	7.1	-	-				
7	Итого по РП1				0.4	> 3		20.6	16.1	3.8	1.06	21.8	16.1	27	39

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Сварочный полуавтомат Kemppi	2	26.1	52.2	0.35	-	0.87 / 0.57	18.3	10.4						
2	Сварочный полуавтомат ESAB	2	11.6	23.2	0.35	-	0.75 / 0.88	8.1	7.14						
3	Машина листогибочная	1	28	28	0.14	-	0.5 / 1.73	3.9	6.8						
4	Сварочный выпрямитель ESAB	1	11.6	11.6	0.6	-	0.7/ 1.02	7	7.1						
5	Итого по РП2				0.35			37.1	31.4	3.5	1.19	44	34.5	56	80.7
1	Сварочный полуавтомат Kemppi	4	26.1	104.4	0.35	-	0.87 / 0.57	36.5	20.8						
2	Колонна сварочная	2	0.4	0.8	0.1		0.65 / 1.17	0.08	0.09						
3	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75 / 0.88	4.06	3.6						
4	Итого по РП3				0.34			39.7	24.5	6.8	0.94	37.3	27	46	66.4
1	Колонна сварочная	2	0.4	0.8	0.1		0.6/ 1.17	0.08	0.09						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Сварочный полуавтомат Kemppi	4	26.1	104.4	0.35	-	0.87 / 0.57	36.5	20.8	-	-	-	-	-	-
2	Сварочный полуавтомат ESAB	2	11.6	23.2	0.35	-	0.75 / 0.88	8.1	7.14	-	-	-	-	-	-
3	Сварочный выпрямитель	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7 / 1.02	1.55	1.58	-	-	-	-	-	-
4	Итого по РП4				0.35			46.15	29.5	8.9	0.9	41.53	32.45	52.7	76
1	Колонна сварочная	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65 / 1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
2	Сварочный выпрямитель	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7 / 1.02	1.55	1.58	-	-	-	-	-	-
3	Сварочный выпрямитель	1	15	15	0.6		0.7 / 1.02	9	9.2						
4	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75 / 0.88	4.06	3.6						
4	Итого по РП5				0.5			14.65	14.43	3.8	1.04	15.2	15.8	22	31.7

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Сварочный выпрямитель Selma	1	0.3	0.3	0.6		0.7 / 1.02	0.18	0.2						
2	Колонна сварочная	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65 / 1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
3	Сварочный полуавтомат ESAB	3	11.6	34.8	0.35	-	0.75 / 0.88	12.2	10.7	-	-	-	-	-	-
4	Автомат абразивно-отрезной	1	33	33	0.2	-	0.65 / 1.17	6.6	7.7	-	-	-	-	-	-
5	Станок трубогибочный	1	6.4	6.4	0.6		0.7 / 1.02	3.84	3.9	-	-	-	-	-	-
6	Итого по РП6				0.3	> 3		22.9	22.55	4.3	1.19	27.3	24.8	37	53.2
1	Манипулятор позиционный	1	0.37	0.37	0.06	-	0.65 / 1.17	0.02	0.023	-	-	-	-	-	-
2	Станок радиально сверлильный	1	10.78	10.78	0.13		0.5/ 1.73	1.32	2.29						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75 / 0.88	4.06	3.6						
4	Сварочный полуавтомат Kemppi	1	26.1	26.1	0.35		0.87 / 0.57	9.14	5.2						
5	Итого по РП7				0.3	> 3		14.5	11.1	2.6	1.42	20.6	12.2	24	34.5
1	Сварочный полуавтомат Kemppi	6	26.1	156.6	0.35	-	0.87 / 0.57	54.8	31.2	-	-	-	-	-	-
2	Аппарат РДС Kemppi	1	2.66	2.66	0.35	-	0.87 / 0.57	0.7	0.38	-	-	-	-	-	-
3	Сварочный трактор Noboruder	1	0.18	0.18	0.08		0.5/ 1.73	0.01	0.025	-	-	-	-	-	-
4	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75 / 0.88	4.06	3.6	-	-	-	-	-	-
5	Итого по РП8				0.35	> 3		59.6	35.2	8.8	0.9	53.6	38.7	66.1	95.4
1	Сварочный полуавтомат Kemppi	1	26.1	26.1	0.35		0.87 / 0.57	9.14	5.2						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75 / 0.88	4.06	3.6						
3	Выпрямитель сварочный	1	0.4	0.4	0.6		0.7 / 1.02	0.24	0.25						
4	Колонна сварочная	1	0.4	0.4	0.35	-	0.65 / 1.17	0.14	0.16	-	-	-	-	-	-
5	Вальцы малые	1	2.8	2.8	0.4	-	0.7 / 1.02	1.12	1.14	-	-	-	-	-	-
4	Итого по РП9				0.36	-		14.7	10.35	3.2	1.23	18	11.4	21.3	30.7
1	Трансформатор сварочный	1	68.9	68.9	0.3		0.5 / 1.73	20.6	35.6	-	-	-	-	-	-
2	Сварочный выпрямитель Selma	1	0.3	0.3	0.6		0.7 / 1.02	0.18	0.2	-	-	-	-	-	-
3	Колонна сварочная	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65 / 1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Итого по РП10				0.3			20.82	35.85	1	2.67	55.6	39.4	68.1	98.4
1	Колонна сварочная	2	0.4	0.8	0.1		0.65 / 1.17	0.08	0.09						
2	Сварочный полуавтомат ПДГ- 309	1	9.18	9.18	0.35		0.87 / 0.57	3.2	1.83						
4	Сварочный полуавтомат ESAB	1	11.6	11.6	0.35	-	0.75 / 0.88	4.06	3.6	-	-	-	-	-	-
5	Пресс для рихтовки консолей	1	9.6	9.6	0.17	-	0.65 / 1.17	1.6	1.8	-	-	-	-	-	-
6	Пресс однокривошипный	1	4.7	4.7	0.17	-	0.65 / 1.17	0.8	0.9	-	-	-	-	-	-
7	Сварочный выпрямитель	1	21.9	21.9	0.5		0.7 / 1.02	10.95	11.1	-	-	-	-	-	-
8	Итого по РП11				0.36	> 3		20.7	19.3	5.3	0.98	20.3	21.23	29.4	42.4
1	Установка подачи и сгиба труб	1	1	1	0.22	-	0.7 / 1.02	0.22	0.224	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Пресс КД2326	1	4.5	4.5	0.17		0.65 / 1.17	0.8	0.9						
3	Станок трубогибочный	1	7.3	7.3	0.6		0.7 / 1.02	4.38	4.5						
4	Итого по РП12				0.4	> 3		5.4	5.6	2.2	1.52	8.2	6.2	10.2	14.8
1	Кран мостовой 45/10т	1	161.5	161.5	0.25	-	0.5 / 1.73	40.4	69.8	-	-	-	-	-	-
2	Кран мостовой 20т	1	139.5	139.5	0.25	-	0.5 / 1.73	34.9	60.3	-	-	-	-	-	-
3	Кран мостовой 10т	2	23.2	46.4	0.25	-	0.5 / 1.73	11.6	20.1	-	-	-	-	-	-
4	Кран мостовой 5т	1	20.7	20.7	0.25		0.5 / 1.73	5.2	7.4	-	-	-	-	-	-
5	Итого по РП-КР				0.25	> 3		92.1	157.6	2.8	1.42	130	173.5	216.7	313
	Итого по ШМА1														976

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Выпрямитель сварочный ВДУ-505	3	21.9	65.7	0.35		0.65 / 1.17	23	26.9						
2	Выпрямитель сварочный ВДУ-505	1	40	40	0.35		0.65 / 1.17	14	16.4						
3	Сварочный полуавтомат Kemppi	1	11.6	11.6	0.35		0.87 / 0.57	4.06	3.6						
4	Машина листогибочная Зхвалковая	1	16.1	16.1	0.2	-	0.7 / 1.02	3.2	3.3	-	-	-	-	-	-
5	Вальцы листогибочные	1	2.8	2.8	0.35	-	0.87 / 0.57	0.98	0.55	-	-	-	-	-	-
6	Сварочный полуавтомат ESAB	3	11.6	34.8	0.35	-	0.75 / 0.88	12.2	10.7	-	-	-	-	-	-
7	Станок радиально- сверлильный	1	13.52	13.52	0.14		0.5 / 1.73	1.9	3.3	-	-	-	-	-	-
8	Сварочный полуавтомат Kemppi	3	26.1	78.3	0.35		0.87 / 0.57	27	15.6	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	Станок обдирочно шлифовальный	1	2.8	2.8	0.2	-	0.65 / 1.17	0.56	0.65	-	-	-	-	-	-
10	Станок радиально сверлильный	1	11.9	11.9	0.13		0.5 / 1.73	1.5	2.6						
11	Станок трубогибочный	1	1.7	1.7	0.6		0.7/ 1.02	1.02	1.04						
12	Выпрямитель сварочный многопостовой	2	68.6	137.2	0.3		0.5 / 1.73	41.2	71.2						
13	Сварочный полуавтомат Selma	2	9.18	18.36	0.36	-	0.5 / 1.73	6.6	11.4	-	-	-	-	-	-
14	Вальцы листогибочные	1	2.8	2.8	0.35	-	0.87 / 0.57	0.98	0.55	-	-	-	-	-	-
15	Кран-штабелер стеллажный 1Т	1	2.04	2.04	0.06	-	0.5 / 1.73	0.12	0.21	-	-	-	-	-	-
16	Сушильный шкаф	2	18	36	0.6		0.8 / 0.75	21.6	16.2	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	Сушильный шкаф	1	53.24	53.24	0.6		0.8 / 0.75	31.9	23.9	-	-	-	-	-	-
18	Трансформатор сварочный	1	68.9	68.9	0.3	-	0.5 / 1.73	24.1	41.7	-	-	-	-	-	-
19	Сварочный полуавтомат Кемppi	6	26.1	156.6	0.35		0.87 / 0.57	54.8	31.2						
20	Станок Токарно- карусельный	1	53.24	53.24	0.13		0.5/ 1.73	6.9	11.9						
21	Горизонтально- расточный станок 2620А	1	13.49	13.49	0.14		0.5 / 1.73	1.9	3.27						
22	Пресс гидравлический	1	20	20	0.2	-	0.6 / 1.07	4	4.16	-	-	-	-	-	-
23	Станок вертикально- фрезерный 6М	1	11.7	11.7	0.12	-	0.5 / 1.73	1.4	2.43	-	-	-	-	-	-
24	Токарный станок	1	23.62	23.62	0.14	-	0.6 / 1.07	3.3	3.53	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
25	Станок радиально-сверлильный 2А554	2	8.9	17.8	0.13		0.5 / 1.73	2.3	3.9	-	-	-	-	-	-
26	Станок вертикально-сверлильный 2А150	1	7.5	7.5	0.12		0.5 / 1.73	0.9	1.6	-	-	-	-	-	-
27	Кран консольный	1	1.88	1.88	0.06	-	0.6 / 1.07	0.11	0.12	-	-	-	-	-	-
28	Кран консольный	1	6.83	6.83	0.06		0.6 / 1.07	0.4	0.43						
29	Станок точильно-шлифовальный	1	5.3	5.3	0.12		0.6/ 1.07	0.6	0.63						
30	Пресс однокривошипный	1	43.3	43.3	0.2		0.6 / 1.07	8.64	9.2						
31	Пресс гидравлический	1	4.5	4.5	0.2	-	0.6 / 1.07	0.9	0.96	-	-	-	-	-	-
32	Пресс кривошипный	1	9	9	0.2	-	0.6 / 1.07	1.8	1.92	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
33	Пресс однокривошипный	1	20	20	0.2	-	0.6 / 1.07	4	4.3	-	-	-	-	-	-
34	Пресс однокривошипный	2	7.87	15.74	0.2		0.6 / 1.07	3.2	3.4	-	-	-	-	-	-
35	Пресс гидравлический	2	16.88	33.76	0.12		0.65 / 0.88	4.05	3.56	-	-	-	-	-	-
36	Станок Обдирочно- шлифовальный	1	3	3	0.2	-	0.6 / 1.07	0.6	0.62	-	-	-	-	-	-
37	Станок радиально- сверлильный 2532Л	1	3.69	3.69	0.12		0.5 / 1.73	0.44	0.77						
38	Станок вертикально консольный фрез.	1	9.83	9.83	0.13		0.5/ 1.73	1.3	2.2						
39	Станок токарно- винторезный 16Д20	1	11.88	11.88	0.12		0.6 / 1.07	1.43	1.5						
40	Пресс ножницы- комбинированные НБ5222Б	1	4.8	4.8	0.12	-	0.5 / 1.73	0.6	1	-	-	-	-	-	-

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
41	Листоправильная машина UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65 / 1.17	11.9	13.9	-	-	-	-	-	-
42	Кромкогиб гидравлический ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65 / 1.17	11.6	13.6	-	-	-	-	-	-
43	Кромкофрезерная машина	1	3.1	3.1	0.12		0.5 / 1.73	0.4	0.64	-	-	-	-	-	-
44	Плазморежущая машина ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35		0.5 / 1.73	21	36.33	-	-	-	-	-	-
45	Машина термической резки SuprarexP3500	1	110	110	0.2	-	0.9 / 0.5	22	11	-	-	-	-	-	-
	Итого без кранов				0.27	> 3		302.3	418	20	0.87	263	418	494	712.8
1	Кран мостовой 5т	3	24.2	72.6	0.25		0.5 / 1.73	18.15	31.4						
2	Кран мостовой 10т	1	23.2	23.2	0.25		0.5 / 1.73	5.8	10						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Итого по РП-КР2				0.25	< 3		23.95	41.4	1.6	1.9	45.5	45.2	64	92.6
	Итого по ШМА 2					-				-	-	-	-	-	805.4
1	Кран мостовой 50/12т	1	128	128	0.25	-	0.5 / 1.73	32	55.4	-	-	-	-	-	-
2	Кран мостовой 15/3т	1	77	77	0.25		0.5 / 1.73	19.25	33.3	-	-	-	-	-	-
3	Кран мостовой 10т	1	29.5	29.5	0.25		0.5 / 1.73	7.4	12.8	-	-	-	-	-	-
4	Кран мостовой 10т	1	48.2	48.2	0.25	-	0.5 / 1.73	12.05	20.8	-	-	-	-	-	-
	Итого по РП-КР3				0.25	> 3		70.7	122	3.1	1.42	99.7	122	157.6	227.5
1	Кран консольный	3	1.88	5.64	0.25		0.7 / 1.02	1.41	1.43						
2	Пресс гидравлический	1	20	20	0.2		0.6 / 1.07	4	4.1						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	Станок токарно- винторезный	1	18.5	18.5	0.14	-	0.5 / 1.73	2.6	4.5	-	-	-	-	-	-
4	Листоправильная машина UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65 / 1.17	11.9	13.6	-	-	-	-	-	-
5	Станок точно- шлифовальный ЗБ634	1	5.3	5.3	0.12	-	0.6 / 1.07	0.6	0.7	-	-	-	-	-	-
6	Станок радиально- сверлильный 2М55	3	8.38	25.14	0.13		0.5 / 1.73	3.3	5.7	-	-	-	-	-	-
7	Плазморежущая машина ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35		0.5 / 1.73	21	36.3	-	-	-	-	-	-
8	Сварочная колонна	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65 / 1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
9	Выпрямитель сварочный ВДУ-505	1	40	40	0.5		0.7 / 1.02	20	20.4						
10	Пресс кривошипный 63т КА235	1	10	10	0.2		0.65 / 1.17	2	2.34						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11	Пресс кривошипный 250т К 374Б	1	29	29	0.2	-	0.65 / 1.17	5.8	6.8	-	-	-	-	-	-
12	Пресс кривошипный	1	9	9	0.2	-	0.6 / 1.07	1.8	1.9	-	-	-	-	-	-
13	Пресс однокривошипный К2130	1	10	10	0.2	-	0.6 / 1.07	2	2.14	-	-	-	-	-	-
14	Пресс листогибочный	1	15.6	15.6	0.2		0.6 / 1.07	3.12	3.34	-	-	-	-	-	-
15	Ножницы роликовые НБ 453	1	11.8	11.8	0.12		0.5 / 1.73	1.4	2.45	-	-	-	-	-	-
16	Ножницы гильотинные НК-3418	1	8.87	8.87	0.12	-	0.5 / 1.73	1.06	1.84	-	-	-	-	-	-
17	Станок ленточный PEGAS 350x400	2	2	4	0.4		0.7 / 1.02	1.6	1.63						
18	Механизм загрузки деталей на рольганг	1	3.7	3.7	0.6		0.8 / 0.75	2.22	1.67						

Продолжение приложения А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
19	Ножницы гильотинные STP-16	1	29	29	0.12	-	0.5 / 1.73	3.5	6	-	-	-	-	-	-
20	Листоправильная машина UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65 / 1.17	11.9	13.9	-	-	-	-	-	-
21	Кромкогиб гидравлический ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65 / 1.17	11.6	13.6	-	-	-	-	-	-
22	Машина термической резки SuprarexP3500	2	110	220	0.2		0.9 / 0.5	44	22	-	-	-	-	-	-
23	Пресс гидравлический ПА 415	1	14	14	0.2		0.6 / 1.07	2.8	3	-	-	-	-	-	-
24	Конвейер для сушки радиаторов	1	3	3	0.5	-	0.65 / 1.17	1.5	1.7	-	-	-	-	-	-
25	Дробеструйная камера ВЕИЛ61.02.7.17	1	130	130	0.5		0.65 / 1.17	65	76						
	Итого			816,6	0.28	> 3		226	247	12	0.85	192	247	312	452
	Итого по ШМА 3 + освещение														851

