

Аннотация

Темой выпускной квалификационной работой является «Электроснабжение корпуса по производству трансформаторов ООО «Тольяттинский Трансформатор».

Работа посвящена разработке мероприятий и технических решений, направленных на обеспечение главного сборочного корпуса по производству силовых трансформаторов электрической энергией.

В своей работе подробно выполнен расчет суммарной нагрузки данного производственного корпуса, основная часть которой составляют сложное высокотехнологическое сварочное и сборочное виды оборудования, а также энергоемкие шкафы для сушки активных частей и обмоток трансформатора.

Работа состоит из пояснительной записки на 58 страницах, включая 9 рисунков, 12 таблиц, списка использованных источников в количестве 22, в том числе 5 источников на иностранном языке, приложения и чертежей на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Расчет электрических нагрузок по объекту.....	6
2 Расчёт освещения объекта.....	36
3 Выбор трансформаторов для цеха предприятия с учётом компенсации реактивной мощности.....	37
4 Выбор оборудования системы электроснабжения	43
5 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения.....	47
6 Расчет системы заземления и молниезащиты объекта.....	52
Заключение	55
Список использованных источников	56
Приложение А	59

Введение

Современные системы электроснабжения и сложные электротехнические комплексы должны отвечать следующим требованиям:

- высокая экономичность и низкие затраты в процессе эксплуатации;
- требуемая степень надежности функционирования систем электроснабжения;
- безопасность и удобство эксплуатации;
- поддержание высокого качества электрической энергии;
- минимальная удаленность источников питания от конечных потребителей электроресурсов.

В процессе проектирования систем электроснабжения следует уделять особое внимание в процессе анализа потребителей электрической энергии и исключать ситуаций искусственного завышения категорий электроприемников, так как данный просчет ведет к резервированию дополнительных мощностей, а, следовательно, к увеличению материальных затрат при строительстве, реконструкции, техническом перевооружении или модернизации электроэнергетического объекта.

Распределительные пункты, трансформаторные подстанции, пункты питания и иные источники электрической энергии следует располагать так, чтобы исключить необходимость в строительстве длинных протяженных линий электропередач, установке дополнительных трансформаторных подстанциях, предназначенных для повышения рабочего напряжения.

Рассмотрение в выпускной квалификационной работе вопрос обеспечения электрической энергией производственного корпуса такого предприятия, как ООО «Тольяттинский Трансформатор» достаточно интересно, так как этот завод проектировался еще советскими инженерами, которые не были стеснены в размерах и площадях территорий. Этот фактор, к сожалению, сказывается не только на протяженностях коммуникаций предприятий советской эпохи, но и на затратах требующихся для

поддержания нормального функционирования коммунальных сетей, в том числе электрических распределительных.

Объектом выпускной квалификационной работы является корпус по производству трансформаторов ООО «Тольяттинский Трансформатор».

Предметом - электрическая часть корпуса напряжения 6 кВ и 0,4 кВ.

Цель работы заключается в обеспечении надежной и безопасной с точки зрения эксплуатации системой электроснабжения корпуса по производству трансформаторов ООО «Тольяттинский Трансформатор».

Представленная работа может быть разделена на следующие взаимосвязанные части: исследование, расчет и анализ нагрузки исследуемого корпуса; разработка технико-экономических мероприятий, направленных на разработку схемы системы электроснабжения; проведение математических расчетов; выбор электрооборудования по полученным значениям требуемых параметров.

Таким образом, в выпускной квалификационной работе было проведено полный комплекс расчетов электрической части, а именно:

- определены ожидаемые электрические нагрузки производственного корпуса завода ООО «Тольяттинский Трансформатор»;
- рассчитаны осветительные нагрузки корпуса на примере цеха сварки;
- осуществлен выбор распределительных трансформаторов ТП 6/0,4 кВ для внутрицехового электроснабжения;
- произведен выбор основных элементов электротехнической системы;
- рассчитаны токи короткого замыкания;
- рассчитано заземляющее устройство подстанции.

Реализация, предложенных в выпускной квалификационной работе, технических решений позволит грамотно спроектировать и обеспечить надёжное функционирование системы электроснабжения, а, следовательно, поддерживать бесперебойный выпуск продукции стратегического назначения Российской Федерации.

1 Расчет электрических нагрузок по объекту

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:

$$P_{n\Sigma} = P_n \cdot n, \quad (1)$$

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

$$m = \frac{P_{n\max}}{P_{n\min}}, \quad (2)$$

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

$$K_{u\text{ эр}} = \frac{\sum P_{cM}}{\sum P_n}, \quad (3)$$

где $\kappa_{u\text{ }gp}$ - коэффициент использования групповой, ΣP_{cm} - сумма среднесменных мощностей, ΣP_n - сумма паспортных мощностей.

$$P_{cm} = \kappa_u \cdot P_n, \quad (4)$$

где P_{cm} - среднесменная мощность электроприемника, κ_u - коэффициент использования электроприемника.

$$Q_{cm} = tg\varphi \cdot P_{cm}, \quad (5)$$

где Q_{cm} - реактивная среднесменная мощность электроприемника, $tg\varphi$ - отношение реактивной мощности к активной мощности электроприемника.

$$tg\varphi_{gp} = \frac{\Sigma Q_{cm}}{\Sigma P_{cm}}, \quad (6)$$

где $tg\varphi_{gp}$ - групповой коэффициент реактивной мощности, ΣQ_{cm} - суммарная среднесменная реактивная мощность электроприемников, ΣP_{cm} - суммарная среднесменная активная мощность электроприемников.

Так как при расчётах групповой коэффициент использования равен 0.28 и коэффициент m больше 3, эффективное число электроприемников определяется:

$$n_3 = \frac{2 \cdot \Sigma P_{n\Sigma}}{P_{n.\text{max}}}, \quad (7)$$

где $P_{n\Sigma}$ - мощность потребляемая группой одинаковых электроприемников, $P_{n.\max}$ - 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 расчётную активную мощность по формуле:

$$P_p = \Sigma P_{cm} \cdot \kappa_{ma}, \quad (8)$$

где P_p - расчетная мощность электроприемников, κ_{ma} - коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных $n_{\text{э}}$ и m .

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

$$\text{при } n_{\text{э}} \leq 10 \quad Q_p = 1.1 \sum_{i=1}^n Q_{cm}; \quad (9)$$

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

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

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

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (11)$$

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:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (12)$$

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

Методика расчета электрических нагрузок представлена формулами 1-12, результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет нагрузки по цеху

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi S500	13	26.1	339.3	0.35	-	0.87/ 0.57	119	67.8						
2	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB AristoMig500	17	11.6	197.2	0.35	-	0.75/ 0.88	69	6.5						
3	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки Kemppi	1	26.1	26.1	0,6	-	0.7 / 1.02	15.6	15.9						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, \text{кВт}$	$Q_{CM}, \text{квар}$			$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ESAB	2	11.6	23.2	0.6	-	0.7/1.02	14	14.3						
5	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi FastMig	8	26.1	208.8	0.35	-	0.7/1.02	72.8	74						
6	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	13	0.4	5.2	0.1	-	0.65/1.17	0.52	0.6						
7	Аппарат для дуговой сварки на самоходной тележке	2	0.18	0.36	0.08	-	0.5/1.7	0.03	0.05						
8	Аппарат для дуговой сварки на самоходной тележке Noboruder	1	0.06	0.06	0.08	-	0.5/1.73	0.005	0.008						
9	Листогиб	1	28	28	0.14	-	0.5/1.7	4	7						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, \text{кВт}$	$Q_{CM}, \text{квар}$			$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ВГД-303	1	15	15	0.6	-	0.7 / 1.02	9	9.2						
11	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ВГД-506	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7 / 1.02	1.5	1.53						
12	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки Selma	1	0.3	0.3	0.6	-	0.7 / 1.02	0.2	0.204						
13	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi ManaicMig	1	2.58	2.58	0.35	-	0.87 / 0.57	0.9	0.5						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, кВт$	$Q_{CM}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	Катки листогибочные УВ1800/12	1	7.3	7.3	0.4	-	0.7 / 1.02	2.9	3						
15	Аппарат для отрезания абразивными кругами проката металлов 2В242	1	33	33	0.2	-	0.65 / 1.17	6.6	7.7						
16	Станок для изгибания труб разного назначения ГСГМ-21М	1	6.4	6.4	0.6	-	0.7 / 1.02	4	4.1						
17	Устройства, которые используются для удобного управления грузозахватным органом	1	0.37	0.37	0.06	-	0.65 / 1.1	0.02	0.023						
18	Аппарат для дуговой сварки на самоходной тележке Noboruder	1	0.06	0.06	0.08	-	0.5 / 1.73	0.005	0.008						
19	Листогиб	1	28	28	0.14	-	0.5 / 1.73	4	7						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, кВт$	$Q_{CM}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ВГД-303	1	15	15	0.6	-	0.7 / 1.02	9	9.2						
21	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ВГД-506	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7 / 1.02	1.5	1.53						
22	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки Selma	1	0.3	0.3	0.6	-	0.7 / 1.02	0.2	0.204						
23	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi ManaicMig	1	2.58	2.58	0.35	-	0.87 / 0.57	0.9	0.5						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_Σ	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, кВт$	$Q_{CM}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
24	Катки УВ1800/12	1	7.3	7.3	0.4	-	0.7 / 1.02	2.9	3						
25	Аппарат для отрезания абразивными кругами проката металлов 2В242	1	33	33	0.2	-	0.65 / 1.17	6.6	7.7						
26	Станок для изгибания труб разного назначения ГСГМ-21М	1	6.4	6.4	0.6	-	0.7 / 1.02	4	4.1						
27	Устройства, которые используются для удобного управления грузозахватным органом	1	0.37	0.37	0.06	-	0.65 / 1.1	0.02	0.023						
28	Станок для создания глухих и сквозных отверстий	1	10.78	10.78	0.13	-	0.5 / 1.7	1.4	2.4						
29	Аппарат ручной дуговой сварки Kemppi Minarc 150	1	2.66	2.66	0.35	-	0.87 / 0.57	0.9	0.5						
30	Сварочный аппарат						0.7								

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фициен т испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	МТ-1210	1	53	53	0.35	-	/ 1.02	18.55	18.9						
31	Электроподъемник L-4м	2	1.88	3.76	0.06	-	0.65 / 1.17	0.23	0.27						
32	Сварочный аппарат ТС-500	2	68.6	137.2	0.3	-	0.5/1.7	41.2	71						
33	Катки МН-025	1	2.8	2.8	0.4	-	0.7/ 1.02	1.12	1.14						
34	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ВДУ-505	5	21.9	109.5	0.5	-	0.7 / 1.02	54.8	55.9						
35	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ВДУ-505	2	40	80	0.5	-	0.7 / 1.02	40	41						
36	Полу-проводниковые вентили ВГСМ	2	68.6	137.2	0.5	-	0.7 / 1.02	68.6	69.9						
37	Сварочный аппарат ВДУ 506СЭ	1	0.4	0.4	0.5	-	0.7/ 1.02	0.2	0.204						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
38	Трубогибочный станок	1	1	1	0.2	-	0.7/ 1.02	0.2	0.204						
39	Листогиб 3х валовая	1	16.1	16.1	0.2	-	0.7 / 1.02	3.22	3.28						
40	Катки ЯК13.1.02	1	2.8	2.8	0.35	-	0.87 / 0.57	1	0.57						
41	Гидравлическая машина для рихтовки консолей	1	9.6	9.6	0.17	-	0.65 / 1.17	1.6	1.8						
42	Станок для создания глухих и сквозных отверстий RF-51	1	13.52	13.52	0.14	-	0.5 / 1.73	1.9	3.3						
43	Гидравлическая машина КД2326	2	4.7	9.4	0.17	-	0.6/ 1.1	1.6	1.9						
44	Станок очистки и шлифовки металла	1	2.8	2.8	0.2	-	0.65 / 1.17	0.6	0.7						
45	Станок для создания глухих и сквозных отверстий	1	11.9	11.9	0.13	-	0.5 / 1.73	1.5	2.6						
46	Станок для изгибания труб разного	1	7.3	7.3	0.6	-	0.7 / /	4.4	4.5						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	назначения Н-806						1.02								
47	Гидравлическая машина 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	Механизм для перемещения грузов 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	Камера сушки	2	18	36	0.6	-	0.8 / 0.75	21.6	16.2						
52	Намоточное устройство стальной проволоки	1	0.27	0.27	0.6	-	0.6 / 1.33	0.16	0.21						
53	Камера сушки ЯК0482	1	53.24	53.24	0.6	-	0.8/ 0.75	32	24						
54	Намоточное						0.6								

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	устройство стальной проволоки	2	0.82	1.64	0.5	-	/ 1.33	0.82	1.1						
55	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов 1М553	1	53.24	53.24	0.13	-	0.5 / 1.73	6.9	12						
56	Станок для обработки заготовок крупных размеров 2620А	1	13.49	13.49	0.14	-	0.5 / 1.73	1.9	3.3						
57	Кран с подвешанным грузозахватным органом на консоли или тележке	1	6.83	6.83	0.06	-	0.6/ 1.07	0.4	0.53						
58	Гидравлическая машина	1	20	20	0.2	-	0.6/ 1.07	4	5.32						
59	Станки для обработки металла с помощью фрезы 6М	1	11.7	11.7	0.12	-	0.5 / 1.73	1.4	2.4						
60	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов РТ595РФ	1	18.5	18.5	0.14	-	0.5 / 1.73	2.6	4.5						
61	Станок для создания						0.5								

№	Электроприемник	Число электроприемни- ков	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф- фици- ент испо- льзо- вани- я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	глухих и сквозных отверстий 2А55	2	6.83	13.66	0.13	-	/ 1.73	2.2	3.8						
62	Станок для удаления заусенцов, организации фасок ЗК634	1	5.3	5.3	0.12	-	0.6 / 1.07	0.6	0.8						
63	Станок вертикального сверления отверстий 2А554	2	8.9	17.8	0.13	-	0.5/ 1.73	2.3	4						
64	Станок для создания глухих и сквозных отверстий 2А150	1	7.5	7.5	0.12	-	0.5 / 1.73	0.9	1.6						
65	Станок для создания глухих и сквозных отверстий 2М55	2	8.38	16.76	0.13	-	0.5 / 1.73	2.2	3.8						
66	Станок для удаления заусенцов, организации фасок ЗБ634	1	5.3	5.3	0.12	-	0.6 / 1.07	0.6	0.8						
67	Гидравлическая машина	1	43.3	43.3	0.2	-	0.6/ 1.07	8.7	11.6						
68	Гидравлическая машина	1	9	9	0.2	-	0.6/ 1.07	1.8	2.4						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
69	Гидравлическая машина П-476	1	4.5	4.5	0.2	-	0.6 / 1.07	0.9	1.2						
70	Гидравлическая машина 250т К 374Б	1	28	28	0.2	-	0.6 / 1.07	5.6	7.5						
71	Гидравлическая машина 63т КА235	1	10	10	0.2	-	0.65 / 1.17	2	2.34						
72	Гидравлическая машина 250т К 374Б	1	29	29	0.2	-	0.6 / 1.07	5.8	7.7						
73	Гидравлическая машина РЕФ	1	9	9	0.2	-	0.6/ 1.07	1.8	2.4						
74	Гидравлическая машина КВ2324	1	20	20	0.2	-	0.6 / 1.07	4	5.3						
75	Гидравлическая машина КД2128К	3	7.87	23.61	0.2	-	0.6 / 1.33	4.7	6.3						
76	Гидравлическая машина К2130	1	10	10	0.2	-	0.6 / 1.07	2	2.7						

№	Электроприемник	Число электроприемни- ков	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф- фици- ент испо- льзо- вани- я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
77	Гидравлическая машина	1	4.7	4.7	0.2	-	0.6/ 1.07	1	1.33						
78	Гидравлический листогиб	1	15.6	15.6	0.2	-	0.6/ 1.07	3.12	4.15						
79	Станок для разрезания, состоящих из двух лезвий, сходящихся в близкорасположенны х параллельных плоскостях НБ 453	1	11.8	11.8	0.12	-	0.5 / 1.73	1.4	2.4						
80	Механическое устройство для резки материалов НК-3418	1	8.87	8.87	0.12	-	0.5 / 1.73	1	1.73						
81	Гидравлическая машина РКХА-160	2	16.88	33.76	0.2	-	0.65 / 1.17	6.75	7.9						
82	Станок для обдирки и зачистки поверхности заготовок методом шлифования ЗБ634	1	3	3	0.2	-	0.6 / 1.07	0.6	0.9						
83	Станок радиально-	1	3.69	3.69	0.12	-	0.5/ 1.07	0.44	0.76						

№	Электроприемник	Число электроприемни- ков	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф- фици- ент испо- льзо- вани- я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_{Σ}	K_{μ}	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	сверлильный 2532Л						1.73								
84	Станки для обработки металла с помощью фрезы	1	9.83	9.83	0.13	-	0.5 / 1.73	1.3	2.25						
85	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов 16Д20	1	11.88	11.88	0.12	-	0.6 / 1.07	1.4	1.8						
86	Гидравлическая машина НБ5222Б	1	4.8	4.8	0.12	-	0.5 / 1.73	0.6	1						
87	Ленточно-пильное устройство PEGAS 350x400	2	2	4	0.6	-	0.7/ 1.02	2.4	2.45						
88	Механический подъемник	1	3.7	3.7	0.6	-	0.8/ 0.75	2.2	1.65						
89	Листогиб UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65 / 1.17	12	14						
90	Механическое устройство для резки материалов	1	29	29	0.12	-	0.5 / 1.73	3.5	6						

№	Электроприемник	Число электроприемни- ков	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф- фици- ент испо- льзо- вани- я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	СТР-16														
91	Механическое устройство для резки материалов Н-482	1	40.6	40.6	0.12	-	0.5 / 1.73	4.9	8.5						
92	Станок для создания кромки на мет. листах ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65 / 1.17	11.6	13.6						
93	Станки для обработки металла с помощью фрезы	1	3.1	3.1	0.12	-	0.5/ 1.73	0.3	0.5						
94	Аппарат плазменной резки металла ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35	-	0.5 / 1.73	21	36.3						
95	Станок лазерной резки металла Supragex P3500	3	110	330	0.2	-	0.9 / 0.5	66	33						
96	Гидравлическая машина 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	-	0.5/1.7	12.1	21						
98	Кран с грузозахватным устройством,	1	48.2	48.2	0.25	-	0.5/ 1.73	12.1	21						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	подвешенным к грузовой тележке 10т														
100	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 10т	4	23.3	93.2	0.25	-	0.5/ 1.73	23.3	40.3						
101	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п- 5т	1	20.7	20.7	0.25	-	0.5 / 1.73	5.2	9						
102	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п- 4т	1	28	28	0.25	-	0.5 / 1.73	7	12.1						
103	Кран с грузозахватным устройством,	1	53	53	0.25	-	0.5 / 1.73	13.3	23						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фициен т испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	подвешенным к грузовой тележке г/п - 20/5т														
104	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 50/10т	1	139.5	139.5	0.25	-	0.5/ 1.73	35	60.6						
105	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к груз. тел.г/п - 20/5т	1	77	77	0.25	-	0.5 / 1.73	19.25	33.3						
106	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 20/5т	1	128	128	0.25	-	0.5 / 1.73	32	55.4						
107	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к	1	29.5	29.5	0.25	-	0.5 / 1.73	7.3	12.8						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, кВт$	$Q_{CM}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	грузовой тележке г/п - 10т														
108	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 5т	2	24.2	48.4	0.25	-	0.5/ 1.73	12.1	21						
109	Камера сушки охладителей трансформаторов	1	3	3	0.5	-	0.65/ 1.17	1.5	1.7						
110	ВСШ	1	20.9	20.9	0.8	-	0.9/ 0.5	16.7	8.35						
111	Камера жесткой очистки поверхности металла ВЕИЛ61.02.7.17	1	130	130	0.5	-	0.65/ 1.17	65	76						
112	ВСШ ПЛ13013	1	22	22	0.9	-	0.9/ 0.5	19.8	9.9						
113	Межпролетная телега	1	2	2	0.5	-	0.7/ 1.02	1	1.02						
114	Гидравлическая машина PEF	1	9	9	0.2	-	0.6/ 1.07	1.8	2.4						
115	Гидравлическая						0.6								

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фициен т испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_Σ	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	машина KB2324	1	20	20	0.2	-	/ 1.07	4	5.3						
116	Гидравлическая машина КД2128К	3	7.87	23.61	0.2	-	0.6 / 1.33	4.7	6.3						
117	Гидравлическая машина К2130	1	10	10	0.2	-	0.6 / 1.07	2	2.7						
118	Гидравлическая машина	1	4.7	4.7	0.2	-	0.6/ 1.07	1	1.33						
119	Гидравлический листогиб	1	15.6	15.6	0.2	-	0.6/ 1.07	3.12	4.15						
120	Станок для разрезания, состоящих из двух лезвий, сходящихся в близкорасположенны х параллельных плоскостях НБ 453	1	11.8	11.8	0.12	-	0.5 / 1.73	1.4	2.4						
121	Механическое устройство для резки материалов НК-3418	1	8.87	8.87	0.12	-	0.5 / 1.73	1	1.73						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_Σ	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
122	Гидравлическая машина РКХА-160	2	16.88	33.76	0.2	-	0.65 / 1.17	6.75	7.9						
123	Станок для обдирки и зачистки поверхности заготовок методом шлифования 3Б634	1	3	3	0.2	-	0.6 / 1.07	0.6	0.9						
124	Станок радиально- сверлильный 2532Л	1	3.69	3.69	0.12	-	0.5/ 1.73	0.44	0.76						
125	Станки для обработки металла с помощью фрезы	1	9.83	9.83	0.13	-	0.5 / 1.73	1.3	2.25						
126	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов 16Д20	1	11.88	11.88	0.12	-	0.6 / 1.07	1.4	1.8						
127	Гидравлическая машина НБ5222Б	1	4.8	4.8	0.12	-	0.5 / 1.73	0.6	1						
128	Ленточно-пильное устройство PEGAS 350x400	2	2	4	0.6	-	0.7/ 1.02	2.4	2.45						
128	Механический подъемник	1	3.7	3.7	0.6	-	0.8/ 0.75	2.2	1.65						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, кВт$	$Q_{CM}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
130	Листогиб UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65 / 1.17	12	14						
131	Механическое устройство для резки материалов STP-16	1	29	29	0.12	-	0.5 / 1.73	3.5	6						
132	Механическое устройство для резки материалов Н-482	1	40.6	40.6	0.12	-	0.5 / 1.73	4.9	8.5						
133	Станок для создания кромок на мет.листах ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65 / 1.17	11.6	13.6						
134	Станки для обработки металла с помощью фрезы	1	3.1	3.1	0.12	-	0.5 / 1.73	0.3	0.5						
135	Аппарат плазменной резки металла ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35	-	0.5 / 1.73	21	36.3						
136	Станок лазерной резки металла Suprax P3500	3	110	330	0.2	-	0.9 / 0.5	66	33						

№	Электроприемник	Число электроприемников	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэффициент использования	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_Σ	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM}, кВт$	$Q_{CM}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
137	Гидравлическая машина ПА 415	1	14	14	0.2	-	0.6 / 1.07	2.8	3.7						
138	Кран-балка 5т	2	24.2	48.4	0.25	-	0.5/1.7	12.1	21						
139	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 10т	1	48.2	48.2	0.25	-	0.5/1.73	12.1	21						
140	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 10т	4	23.3	93.2	0.25	-	0.5/1.73	23.3	40.3						
141	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п-5т	1	20.7	20.7	0.25	-	0.5 / 1.73	5.2	9						
142	Кран с грузозахватным устройством,	1	28	28	0.25	-	0.5 / 1.73	7	12.1						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	подвешенным к грузовой тележке г/п- 4т														
143	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 20/5т	1	53	53	0.25	-	0.5 / 1.73	13.3	23						
144	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 50/10т	1	139.5	139.5	0.25	-	0.5/ 1.73	35	60.6						
145	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к груз. тел.г/п - 20/5т	1	77	77	0.25	-	0.5 / 1.73	19.25	33.3						
146	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к	1	128	128	0.25	-	0.5 / 1.73	32	55.4						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фициен т испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	грузовой тележке г/п - 20/5т														
147	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке г/п - 10т	1	29.5	29.5	0.25	-	0.5 / 1.73	7.3	12.8						
148	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 5т	2	24.2	48.4	0.25	-	0.5/ 1.73	12.1	21						
149	Камера сушки охладителей трансформаторов	1	3	3	0.5	-	0.65/ 1.17	1.5	1.7						
150	ВСШ	1	20.9	20.9	0.8	-	0.9/ 0.5	16.7	8.35						
151	Камера жесткой очистки поверхности металла ВЕИЛ61.02.7.17	1	130	130	0.5	-	0.65 / 1.17	65	76						
152	ВСШ ПЛ13013	1	22	22	0.9	-	0.9 /0.5	19.8	9.9						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Коэф фици ент испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_Σ	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
153	Межпролетная телега	1	2	2	0.5	-	0.7 / 1.02	1	1.02						
154	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к груз. тележке г/п - 4т	1	21	21	0.25	-	0.5/ 1.73	5.25	9						
155	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к груз. тележке г/п - 45/10т	1	161.5	161.5	0.25	-	0.5 / 1.73	40.4	69.8						
156	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к груз. тележке г/п - 20/5т	1	48.5	48.5	0.25	-	0.5 / 1.73	12.1	21						
157	Межпролетная телега ОН-614	1	10.8	10.8	0.5	-	0.7/ 1.02	5.4	5.5						
158	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к груз.	2	20.7	20.7	0.25	-	0.5/ 1.73	5.2	9						

№	Электроприемник	Число электроприемнико в	$P_y, ПВ = 100\%$		Кэф фи циен т испо льзо вани я	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Значения средней нагрузки		n_ε	K_μ	Значения расчетной нагрузки			I_p, A
			Одного ЭП	Всех ЭП				$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ 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
	тележке 5т														
	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 и доп.нагрузкой (прил.1)											917	1357	1648	2379
	Итого с дополнительной нагрузкой 17 цеха											1755	1791	2508	3620

2 Расчёт освещения объекта

Расчёт освещения для объекта проектирования выполнен с использованием программного продукта DIALux. Для установки на объекте выбраны промышленные светильники марки НВА 400IP65. Общий вид выбранного светильника представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид промышленного светильника НВА 400IP65

Для выбора светильника типа НВА 400IP65 рассматривались несколько вариантов установок освещения. Однако, проведенный сравнительный анализ различных типов светильников в программе Dialux показал, что данный тип светильника имеет наилучшие характеристики для рассматриваемого объекта.

Областью применения выбранных типов светильников являются помещения с высотой потолков больше 6 метров. К таким помещениям относятся ангары, склады и производственные помещения. Светильник НВА 400IP65 имеет металлический корпус и герметичные вводы. Крепление светильника осуществляется к потолку на тросу.

3 Выбор трансформаторов для цеха предприятия с учётом компенсации реактивной мощности

Выбор числа и мощности трансформаторов является одним из основных разделов при проектировании системы электроснабжения. Выбор числа и мощности трансформаторов должен производиться исходя из сравнения нескольких возможных вариантов и сравнения их технико-экономических показателей. Число и мощность трансформаторов должно определяться категорией надёжности систем электроснабжения. На объекте проектирования основная часть потребителей является потребителями третьей категории, то есть данные потребители допускают длительный перерыв в электроснабжении и этот перерыв не вызовет массового недоотпуска продукции или нарушения сложного технологического процесса.

Принимая во внимание планировку цеха и расчетных данных по нагрузкам объекта, к установке примем две трансформаторных подстанции. Так как длина цеха составляет 288 м и потребители электроэнергии распределены по территории объекта равномерно.

Рассмотрим первый вариант установки трансформаторов.

Исходные данные:

$$P_{\Sigma p} = 1755 \text{ кВт}$$

$$Q_{\Sigma p} = 1791 \text{ кВар}$$

$$S_{\Sigma p} = 2508 \text{ кВА}$$

Число необходимых трансформаторов определим:

$$N_m = \frac{P_p}{k_3 \cdot S_n} = \frac{1755}{0.8 \cdot 1000} = 2.2 \quad (13)$$

где k_3 - коэффициент загрузки трансформатора,

N_T - количество трансформаторов,

S_H - мощность трансформатора.

В данном варианте принимает к установке три трансформатора марки ТМГ-1000/10. Каталожные параметры выбираемого трансформатора представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Каталожные параметры трансформатора

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Потери холостого хода	1.4 кВт
2	Потери КЗ	10.8 кВт
3	Напряжение КЗ	5.5%
4	Ток ХХ	1.2%

Потери в трансформаторе:

$$\Delta P_m = N_m \cdot \Delta P_{xx} + k_3^2 \cdot \Delta P_{кз} \quad (14)$$

$$\Delta P_m = 3 \cdot 1.4 + 0.8^2 \cdot 10.8 = 24.9 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = N_m \cdot i_{xx} + k_3^2 \cdot U_{кз} \cdot \frac{S_H}{100} \quad (15)$$

$$\Delta Q_m = 3 \cdot 1.2 + 0.8^2 \cdot 5.5 \cdot 10 = 141 \text{ кВар}$$

Расчётная нагрузка корпуса с учётом потерь в трансформаторе:

$$P_p = P_{\Sigma p} + \Delta P_m \quad (16)$$

$$P_p = 1755 + 24.9 = 1779.9 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{\Sigma p} + \Delta Q_m \quad (17)$$

$$Q_p = 1791 + 141 = 1932 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{min} = 0.5 \cdot Q_p \quad (18)$$

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

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума:

$$Q'_{\text{э1}} = Q_p - 0.7 \cdot Q_{\text{сд}} = 966 \text{кВар}$$

$$Q''_{\text{э1}} = \alpha \cdot P_p \quad (19)$$

$$Q''_{\text{э1}} = 0.28 \cdot 1779.9 = 498.4 \text{кВар}$$

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: $Q_{\text{э1}} = 498.4 \text{кВар}$.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э2}} = Q_{min} + Q_k \quad (20)$$

$$Q'_{\text{э2}} = 966 + 0 = 966 \text{кВар}$$

$$Q''_{\text{э2}} = Q_{min} - Q_p - Q_{\text{э1}} \quad (21)$$

$$Q''_{\text{э2}} = 966 - 1779.9 - 498.4 = -315.5 \text{кВар}$$

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

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{KY_{max}} = 1.1 \cdot Q_p - Q_3 \quad (22)$$

$$Q_{KY_{max}} = 1.1 \cdot 1932 - 966 = 1159 \text{кВар}$$

$$Q_{KY_{min}} = Q_{min} - Q_{32} \quad (23)$$

$$Q_{KY_{min}} = 966 - 966 = 0 \text{кВар}$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемыми.

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

$$Q_m = \sqrt{(N_m \cdot k_3 \cdot S_m)^2 - P_p^2} = 1637 \text{кВар} \quad (24)$$

Мощность устройств компенсации реактивной мощности на стороне до 1кВ:

$$Q_{KY_n} = Q_p - Q_m \quad (25)$$

$$Q_{KY_n} = 1932 - 1637 = 295 \text{кВар}$$

Мощность устройств компенсации на стороне 10 кВ :

$$Q_{KY.6} = Q_{KY_{max}} - Q_{KY_n} \quad (26)$$

$$Q_{KY.6} = 1159 - 295 = 764 \text{кВар}$$

На стороне до 1 кВ требуется установка устройств компенсации реактивной мощности, так как полученное значение реактивной мощности более 50кВар, на стороне свыше 1 кВ установка устройств компенсации реактивной мощности не требуется так как $Q < 800$ кВар.

$$Z_{KV.H} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U}{U_{BK}} \right)^2 \cdot Q + C_0 \cdot P_{BK} \cdot Q + E_p \cdot K_p \cdot 1 \quad (27)$$

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

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

Приведённые затраты на трансформатор:

$$C_0 = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_p, \quad (28)$$

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau, \quad (29)$$

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

β – дополнительная плата за 1 кВт·час потреблённой электрической энергии, $\beta=0,9$ руб/кВт·час,

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

T_M – время использования максимальной нагрузки предприятия в году,

$T_M=4000$ ч;

τ – время максимальных потерь.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot T_p; \quad (30)$$

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

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

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

Стоимость трансформатора марки ТМГ-1000 составляет 500000 тыс. руб.

$$E=0,223$$

$$C_{T3}=1500000 \text{ руб.}$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{XX} + C \cdot K_s^2 \cdot \Delta P_{K3} = 520 \quad (31)$$

$$Z_T = E \cdot C_{T3} + C \cdot \Delta P_T = 0,223 \cdot 1500000 \cdot +520 = 335 \text{ тыс. руб.} \quad (32)$$

Суммарные затраты:

$$Z_{\text{общие}} = Z_{KV} + Z_T \quad (33)$$

$$Z_{\text{общие}} = 44 + 335 = 379 \text{ тыс. руб.}$$

Альтернативный вариант установки трансформатора.

Исходные данные:

$$P_{\Sigma p} = 1755 \text{ кВт}$$

$$Q_{\Sigma p} = 1791 \text{ кВар}$$

$$S_{\Sigma p} = 2508 \text{ кВА}$$

Расчет для альтернативного варианта выполняется аналогичным образом. Затраты на альтернативный вариант составляют:

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

Выполненное технико-экономическое сравнение двух вариантов установки трансформаторов показали, что вариант с тремя трансформаторами марки ТМГ-1000 10/0.4 более экономичен, чем вариант с двумя трансформаторами типа ТМГ 1600 10/0.4. Поэтому выбор сделан в пользу первого варианта.

4 Выбор оборудования системы электроснабжения

В данном разделе ВКР выполнен расчет и выбор магистральных шинопроводов и распределительного устройства на напряжение 0,4 кВ. Представлен расчет и выбор автоматических выключателей.

Для выбора распределительного устройства на ТП 1 и ТП 2 необходимо сложить токовые нагрузки по магистральным шинопроводам.

$$I_{pnТП1} = I_{ШМА1} + I_{ШМА2} \quad (34)$$

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

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

По результатам расчета произведен выбор распределительного устройства и оборудования ТП.

4.1 Выбор автоматических выключателей. Параметры выбора:

1. Номинальное напряжение.

$$U_{нAB} \geq U_c \quad (35)$$

2. Номинальный ток.

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

$$I_{расцAB} \geq I_{расч.л} \quad (36)$$

Номинальный ток электроприемника:

$$I_n = \frac{P_n}{\cos\varphi_n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} \quad (37)$$

где U_n - номинальное напряжение питающей сети, P_n - номинальная мощность Электроприемника, $\cos\varphi_n$ - паспортное значение коэффициента мощности.

Для расчета номинального тока электроприемника используем (37), результаты расчетов снесены в таблицу 4.

Таблица 4 - Расчёт номинальных токов и выбор выключателей

Наименование оборудования	I_n , А	Тип автоматического выключателя
Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 5 т 3шт	69.9	ABB 3-ф FH 200I _n -80A
Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 10 т 3 шт.	67	ABB 3-ф FH 200I _n -80A
Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 50/10 т 1шт.	397	ABB Tmax 4P 400A T5N I _n -400A
Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 45/10т	466	ABB Tmax 4P630A T5N I _n -630A
Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 10т	85	ABB TmaxXT1B 100 TMDI _n -100A

Выбор силовых вводных и секционных выключателей на ТП производят по току:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (38)$$

где S_n - номинальная мощность трансформатора, U_n - номинальное напряжение трансформатора.

$$I_n = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 1445 \text{ A}$$

Исходя из расчетов выбираем выключатели фирмы АВВ Т7S 1600 PR332/P LSI G $I_n=1600A$ с пиковым током отключения 85кА

Выбранные ШМА:

ШМА 1 - Шинопровод KLM-S с медными шинами и номинальным током: $I_n-1000A$;

ШМА 2 - Шинопровод KLM-S с медными шинами и номинальным током: $I_n-1000A$;

ШМА 3 - Шинопровод KLM-S с медными шинами и номинальным током: $I_n-1000A$;

Модель распределительного устройства:

РП ТП1 - РУ0.4 - РУНН - 2000А



Рисунок 2 – Вид распределительного устройства на напряжение 0.4кВ

РП ТП2 - РУ0.4 - РУНН - 1000А.

Выбор измерительных трансформаторов тока производится по номинальному току измеряемого участка. В работе выбор трансформатора тока производится по номинальному току трансформатора на установленном на ТП.

На ТП 1 установлено 2 распределительных трансформатора мощностью 1000 кВА, на ТП 2 установлен 1 распределительный трансформатор мощностью 1000 кВА. Выбираем три трансформатора тока. Для каждого распределительного трансформатора, трансформаторы тока



Рисунок 3 – Вид шинных трансформаторов тока марки ТШП-0.66 .

Кабель соединяющие магистральный шинопровод в местах перехода:
АВВГ 3х185+1х50.

5 Расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения

Для расчета ТКЗ определены расчетные точки К1 и К2. Для расчета ТКЗ выбран наиболее тяжелый режим работы системы электроснабжения. При этом все потребители подключены к одному распределительному трансформатору.

Расчет ТКЗ ведется для проверки выбранного оборудования и проверки уставок срабатывания РЗ и А. Расчет ведется в именованных единицах, т.к. производится на напряжении до 1000 В.

Расчет ТКЗ ведется на самом близком к источнику питания и самом мощном потребителе. Расчетная схема ТКЗ представлена на рисунке 4. Схема замещения представлена на рисунке 5.

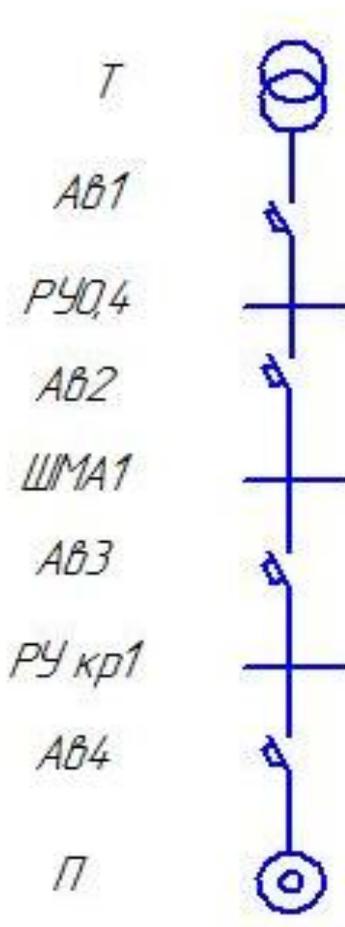


Рисунок 4 – Расчетная схема ТКЗ

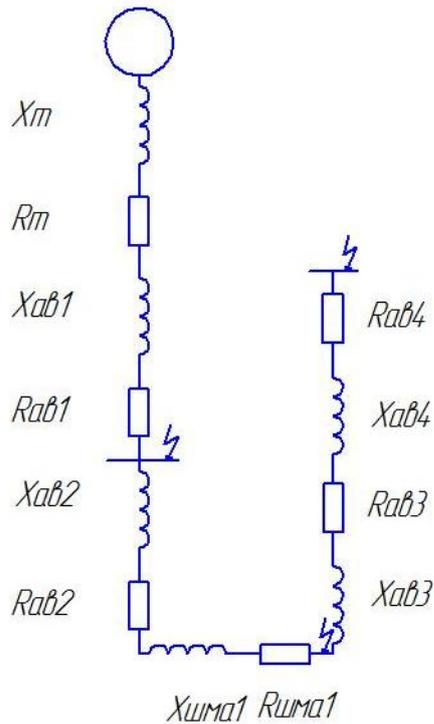


Рисунок 5 - Схема замещения для расчёта ТКЗ

Сопротивления трансформаторов:

$$z_m = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_m} \quad (39)$$

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

Для расчёта ТКЗ необходимо рассчитать активное и индуктивное сопротивление трансформатора.

Активное сопротивление:

$$r_m = \Delta P_{кз} \cdot \frac{U_n^2}{S_m^2} \quad (40)$$

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

Индуктивное сопротивление:

$$x_m = \sqrt{z_m^2 - r_m^2} \quad (41)$$

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

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

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

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

Сопротивление контактов АВ:

$$r_{ав} = 0.14 \text{ мОм}$$

$$x_{ав} = 0.08 \text{ мОм}$$

Определяем ТКЗ:

$$I_{КЗ} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma n}} \quad (42)$$

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

Суммарное сопротивление:

$$z_{\Sigma n} = \sqrt{x_{\Sigma n}^2 + r_{\Sigma n}^2} \quad (43)$$

В точке К1:

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

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

$$z_{\Sigma^n} = \sqrt{1.94^2 + 8.68^2} = 8.9 \text{ мОм}$$

$$I_{K3} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma^n}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0001} = 25 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_k \quad (44)$$

где $K_{y\partial} = 1.4$ – ударный коэффициент, выбирается по справочным данным.

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

В точке К2:

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

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

$$z_{\Sigma^n} = \sqrt{2.34^2 + 9^2} = 9.3 \text{ мОм}$$

$$I_{K3} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0001} = 24 \text{ кА}$$

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

В точке К3:

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

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

$$z_{\Sigma n} = \sqrt{1.94^2 + 8.68^2} = 9.8 \text{ МОм}$$

$$I_{K3} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma n}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0098} = 23 \text{ кА}$$

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

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 системы заземления и молниезащиты объекта

6.1 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 периметру объекта.

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

$$R_{з.см} = \frac{\rho_{зр}}{l_{см}} \cdot 0.9 \quad (45)$$

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

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

Определим количество вертикальных заземлителей:

$$n_6 = \frac{R_{з.см}}{\eta_6 \cdot R_3} \quad (46)$$

$$n_6 = \frac{18}{0.7 \cdot 4} = 6.5$$

где η_6 - коэффициент использования заземлителей расположенных по контуру.

Определим длину горизонтального заземлителя:

$$l_z = a \cdot n_6 \quad (47)$$

где a - расстояние между вертикальными заземлителями.

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

$$l_z = 2.5 \cdot 7 = 17.5 \text{ м}$$

Сопротивление заземляющей полосы:

$$R_z = 2.1 \cdot \frac{P}{l_z} \quad (48)$$

где P - периметр цеха.

$$R_z = 2.1 \cdot \frac{736}{750} = 2.0 \text{ Ом}$$

Результирующее сопротивление растеканию тока:

$$R_p = \frac{R_{з.см} \cdot R_z}{h_n \cdot R_{з.см} + h_m \cdot R_z \cdot n_s} \quad (49)$$

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

$$R_p = \frac{18 \cdot 2}{0.36 \cdot 18 + 1 \cdot 2 \cdot 7} = 1.9 \text{ Ом}$$

Полученное значение сопротивления заземляющего устройства - 1.9 Ом. Данное значение удовлетворяет условиям и может применяться на объекте.

6.2 Молниезащита объекта

В связи с тем, что в корпусе производства трансформаторного и реакторного оборудования отсутствует хранение и использование взрывоопасных материалов и веществ, производственное здание относится к 3 категории молниезащиты. На основании этих данных молниезащиты можно выполнить в качестве металлической сетки, расположенной по поверхности кровельного настила производственного объекта.

Так для 3 категории молниезащиты металлическая сеть должна иметь размер ячейки не более $10 \times 10 \text{ м}^2$. Чем выше категория молниезащиты, тем мельче размер ячеек. На рисунке 6 представлен образец монтажа сетчатой молниезащиты, выполненной на кровле здания



Рисунок 6 - Сетчатая молниезащита, выполненная на кровле объекта

Заключение

В выпускной квалификационной работе осуществлен расчет нагрузки всего осветительного и технологического оборудования корпуса производства силовых трансформаторов, которая составила $S_{\text{сум}}=2508$ кВА, с учетом дополнительной нагрузки. На основании полученных значений суммарной нагрузки, а также учитывая компенсационные установки реактивной мощности электрической энергии осуществлен выбор цеховых распределительных трансформаторов. В соответствии с технико-экономическими показателями выбор пал на трансформатор типа ТМГ-1000 кВА.

В работе представлен расчет внутрицехового освещения, выполненного при использовании программного продукта DIALux. Данная специализированная программа позволяет качественно осуществить выбор типов внутрицеховых светильников, учитывая световые потоки, высоту потолочного перекрытия, поверхность и покрытие стен, и расположение рабочих мест на производственных участках.

Также выполнен выбор токоведущих частей, кабельных линий, а также осуществлен выбор трансформаторов тока (ТШП-0.66) и автоматических выключателей (ABB T7S 1600 PR332/P LSIG $I_n=1600$ A).

С целью осуществления безопасной работы внутрицехового персонала и сохранения целостности дорогостоящего специализированного технологического оборудования произведен расчет заземления производственного корпуса ООО «Тольяттинский Трансформатор» и осуществлен выбор молниезащиты. В связи с тем, что корпус производственного здания по сборке силовых трансформаторов относится к 3 категории молниезащиты, на крыше здания размером металлической ячейки $10 \times 10 \text{ м}^2$ предусмотрена молниезащитная сеть.

Список использованных источников

1. Васильев, И.Е. Надежность электроснабжения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2014. — 174 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72244> — Загл. с экрана.
2. Дубинский, Г.Н. Наладка устройств электроснабжения напряжением выше 1000 В. [Электронный ресурс] / Г.Н. Дубинский, Л.Г. Левин. — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2015. — 538 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64973> — Загл. с экрана.
3. Коннов А.А. Электрооборудование жилых зданий [Электронный ресурс]/ Коннов А.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 254 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63811.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Конюхова, Е.А. Электроснабжение: учебник для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2014. — 510 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72338> — Загл. с экрана.
5. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование. / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисова. – Лань, 2014. – 192 с.
6. Кудрин, Б.И. Электроснабжение. / Б.И. Кудрин. - М. : Academia, 2012. - 352 с.
7. Матюнина Ю.В., Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие. [Электронный ресурс] / Матюнина Ю.В., Кудрин Б.И., Жилин Б.В.. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2013. — 412 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72340> — Загл. с экрана.
8. Непомнящий В.А., Экономические потери от нарушений электроснабжения потребителей. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2016. — 188 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72323> — Загл. с экрана.

9. Полуянович, Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий . [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 396 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91900> — Загл. с экрана.

10. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 104 с.

11. Разгильдеев, Г.И. Эксплуатация систем электроснабжения (Эксплуатация электрооборудования) : учеб. пособие. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2009. — 196 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/6637> — Загл. с экрана.

12. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / ред. Б.Н. Неклепаев. М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 144 с.

13. 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.

14. 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.7.

15. Суворин, А.В. Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Красноярск : СФУ, 2014. — 354 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64575> — Загл. с экрана.

16. Шутов, Е.А. Компьютерные технологии решения задач электроснабжения. [Электронный ресурс] / Е.А. Шутов, Д.Е. Бабинович. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2013. — 104 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/45160> — Загл. с экрана.

17. Энергетика. Оборудование. Документация. LF-1 [Электронный ресурс] / Режим доступа :

<http://forca.ru/v/sobi2Task,sobi2Details/catid,0/sobi2Id,77/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

18. A Novel Approach to Power Circuit Breaker Design for Replacement of SF6 [Электронный ресурс] / D.J. Tefler, J.W. Spenser, G.R. Jones, J.E. Humphries. – Режим доступа: <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap/article/view/548/380>, свободный. - Загл. с экрана. – Яз. англ.

19. Electrical-Based Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers [Электронный ресурс] / Issouf Fofana, Yazid Hadjadj. – Режим доступа: <http://www.mdpi.com/1996-1073/9/9/679/htm>, свободный. - Загл. с экрана. – Яз. англ.

20. Influences of Corrosive Sulfur on Copper Wires and Oil-Paper Insulation in Transformers [Электронный ресурс] / Jian Li, Zhiman He, Lianwei Bao, Lijun Yang. – Режим доступа: <http://www.mdpi.com/1996-1073/4/10/1563/htm>, свободный. - Загл. с экрана. – Яз. англ.

21. Short-Circuit Calculations for a Transmission Line in the Algerian Power Network Compensated by Thyristor Controlled Voltage Regulator [Электронный ресурс] / Zellagui Mohamed, Hassan Heba, Chaghi Abdelaziz. - Режим доступа: http://electroinf.uoradea.ro/images/articles/CERCETARE/Reviste/JEEE/JEEE_V7_N2_OCT_2014/Zellagui_JEEE_v7_nr2_oct_2014.pdf, свободный. - Загл. с экрана. – Яз. англ.

22. Study on ventilation and noise reduction in the main transformer room in indoor substation [Электронный ресурс] / Hu Sheng, Chen Shao Yi, Li Tie Nan. – Режим доступа: http://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2016/07/matecconf_iceice2016_02058.pdf, свободный. - Загл. с экрана. – Яз. англ.

Приложение А

Приложение А 1 - Расчёт токов дополнительной нагрузки

№	Наименование электроприемников	$N_{\text{Эл.Пр.}}$	Мощн. одного ЭП	Мощн. всех ЭП	K_u	m	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{CM}, \text{кВт}$	$Q_{CM}, \text{кВар}$	n_{Σ}	K_{μ}	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВар}$	$S_p, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
1	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	1	11.6	11.6	0.35	-	0.75	0.88	4.06	3.6	-	-				
2	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65	1.17	0.04	0.047	-	-				
3	Аппарат для дуговой сварки на самоходной тележке KOIKE	1	0.18	0.18	0.08	-	0.5	1.7	0.01	0.025	-	-				
4	Аппарат для дуговой сварки на самоходной тележке Noboruder	1	0.06	0.06	0.08	-	0.5	1.73	0.005	0.008	-	-				
5	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся	1	26.1	26.1	0.35	-	0.87	0.57	9.1	5.2	-	-				

	электродом Kemppi															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
6	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки ESAB	1	11.6	11.6	0.6	-	0.7	1.02	7	7.1	-	-				
	Итого по РП1				0.4	> 3			20.6	16.1	3.8	1.06	21.8	16.1	27	39
1	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi	2	26.1	52.2	0.35	-	0.87	0.57	18.3	10.4						
2	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	2	11.6	23.2	0.35	-	0.75	0.88	8.1	7.14						
3	Листогиб	1	28	28	0.14	-	0.5	1.73	3.9	6.8						
4	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки 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	1.2	44	34.5	56	80.7
6	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки	4	26.1	104.4	0.35	-	0.87	0.57	36.5	20.8						

	плавящимся электродом Kemppi															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
7	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	2	0.4	0.8	0.1		0.65	1.17	0.08	0.09						
8	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75	0.88	4.06	3.6						
	Итого по РПЗ				0.34				39.7	24.5	6.8	0.94	37.3	27	46	66.4
1	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	2	0.4	0.8	0.1		0.6	1.17	0.08	0.09						
2	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi	4	26.1	104.4	0.35	-	0.87	0.57	36.5	20.8	-	-	-	-	-	-
3	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся	2	11.6	23.2	0.35	-	0.75	0.88	8.1	7.14	-	-	-	-	-	-

	электродом ESAB															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
4	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7	1.02	1.55	1.58	-	-	-	-	-	-
	Итого по РП4				0.35				46.15	29.5	8.9	0.9	41.53	32.45	52.7	76
1	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65	1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
2	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки	1	2.58	2.58	0.6	-	0.7	1.02	1.55	1.58	-	-	-	-	-	-
3	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки	1	15	15	0.6		0.7	1.02	9	9.2						
4	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75	0.88	4.06	3.6						

Итого по РП5					0.5				14.65	14.43	3.8	1.0 4	15.2	15.8	22	31.7
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
1	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки Selma	1	0.3	0.3	0.6		0.7	1.02	0.18	0.2						
2	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65	1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
3	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	3	11.6	34.8	0.35	-	0.75	0.88	12.2	10.7	-	-	-	-	-	-
4	Аппарат для отрезания абразивными кругами проката металлов	1	33	33	0.2	-	0.65	1.17	6.6	7.7	-	-	-	-	-	-
5	Станок для изгиба труб разного назначения	1	6.4	6.4	0.6		0.7	1.02	3.84	3.9	-	-	-	-	-	-
Итого по РП6					0.3	>3			22.9	22.55	4.3	1.19	27.3	24.8	37	53.2
1	Устройства, которые используются для удобного управления грузозахватным органом	1	0.37	0.37	0.06	-	0.65	1.17	0.02	0.023	-	-	-	-	-	-
2	Станок вертикального						0.5	1.73								

	сверления отверстий	1	10.7 8	10.7 8	0.13				1.32	2.29						
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
3	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75	0.88	4.06	3.6						
4	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi	1	26.1	26.1	0.35		0.87	0.57	9.14	5.2						
	Итого по РП7				0.3	>3			14.5	11.1	2.6	1.42	20.6	12.2	24	34.5
1	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi	6	26.1	156. 6	0.35	-	0.87	0.57	54.8	31.2	-	-	-	-	-	-
2	Аппарат ручной дуговой сварки Kemppi	1	2.66	2.66	0.35	-	0.87	0.57	0.7	0.38	-	-	-	-	-	-
3	Аппарат для дуговой сварки на самоходной тележке Noboruder	1	0.18	0.18	0.08		0.5	1.73	0.01	0.025	-	-	-	-	-	-
4	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки	1	11.6	11.6	0.35		0.75	0.88	4.06	3.6	-	-	-	-	-	-

	плавящимся электродом ESAB															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
	Итого по РП8				0.35	>3			59.6	35.2	8.8	0.9	53.6	38.7	66.1	95.4
1	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi	1	26.1	26.1	0.35		0.87	0.57	9.14	5.2						
2	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ESAB	1	11.6	11.6	0.35		0.75	0.88	4.06	3.6						
3	Полупроводниковые вентили	1	0.4	0.4	0.6		0.7	1.02	0.24	0.25						
4	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	1	0.4	0.4	0.35	-	0.65	1.17	0.14	0.16	-	-	-	-	-	-
5	Катки малые	1	2.8	2.8	0.4	-	0.7	1.02	1.12	1.14	-	-	-	-	-	-
	Итого по РП9				0.3	-			14.7	10.35	3.2	1.2	18	11.4	21.3	30.7
1	Устройство сварки	1	68.9	68.9	0.3		0.5	1.73	20.6	35.6	-	-	-	-	-	-
2	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для	1	0.3	0.3	0.6		0.7	1.02	0.18	0.2	-	-	-	-	-	-

	сварки Selma															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
3	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65	1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
4	Итого по РП10				0.3				20.82	35.85	1	2.6 7	55.6	39.4	68.1	98.4
5	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	2	0.4	0.8	0.1		0.65	1.17	0.08	0.09						
6	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом ПДГ-309	1	9.18	9.18	0.35		0.87	0.57	3.2	1.83						
7	Электромеханический прибор для выполнения сварочного процесса плавящимся электродом ESAB	1	11.6	11.6	0.35	-	0.75	0.88	4.06	3.6	-	-	-	-	-	-
8	Гидравлическая машина	1	9.6	9.6	0.17	-	0.65	1.17	1.6	1.8	-	-	-	-	-	-

	для рихтовки консолей															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
9	Полупроводниковые вентили ВДУ-505	3	21.9	65.7	0.35		0.65	1.17	23	26.9						
10	Полупроводниковые вентили ВДУ-505	1	40	40	0.35		0.65	1.17	14	16.4						
11	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Kemppi	1	11.6	11.6	0.35		0.87	0.57	4.06	3.6						
12	Катки листогибочные	1	16.1	16.1	0.2	-	0.7	1.02	3.2	3.3	-	-	-	-	-	-
13	Катки листогибочные	1	2.8	2.8	0.35	-	0.87	0.57	0.98	0.55	-	-	-	-	-	-
14	Электромеханический прибор для выполнения сварочного процесса плавящимся электродом ESAB	3	11.6	34.8	0.35	-	0.75	0.88	12.2	10.7	-	-	-	-	-	-
15	Устройство вертикального сверления	1	13.5 2	13.5 2	0.14		0.5	1.73	1.9	3.3	-	-	-	-	-	-
16	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки	3	26.1	78.3	0.35		0.87	0.57	27	15.6	-	-	-	-	-	-

	плавящимся электродом Кеppi															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
17	Гидравлическая машина однокривошипный	1	4.7	4.7	0.17	-	0.65	1.17	0.8	0.9	-	-	-	-	-	-
18	Аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки	1	21.9	21.9	0.5		0.7	1.02	10.95	11.1	-	-	-	-	-	-
	Итого по РП11				0.36	>3			20.7	19.3	5.3	0.9 8	20.3	21.23	29.4	42.4
1	Трубогибочный станок	1	1	1	0.22	-	0.7	1.02	0.22	0.224	-	-	-	-	-	-
2	Гидравлическая машина КД2326	1	4.5	4.5	0.17		0.65	1.17	0.8	0.9						
3	Станок для изгибаия труб разного назначения	1	7.3	7.3	0.6		0.7	1.02	4.38	4.5						
	Итого по РП12				0.4	>3			5.4	5.6	2.2	1.5	8.2	6.2	10.2	14.8
1	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 45/10т	1	161. 5	161. 5	0.25	-	0.5	1.73	40.4	69.8	-	-	-	-	-	-
2	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 20т	1	139. 5	139. 5	0.25	-	0.5	1.73	34.9	60.3	-	-	-	-	-	-
3	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к	2	23.2	46.4	0.25	-	0.5	1.73	11.6	20.1	-	-	-	-	-	-

	грузовой тележке 10т															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
4	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 5т	1	20.7	20.7	0.25		0.5	1.73	5.2	7.4	-	-	-	-	-	-
	Итого по РП-КР				0.25	>3			92.1	157.6	2.8	1.4 2	130	173.5	216.7	313
	Итого по ШМА1															976
1	Станок для зачистки металлических поверхностей	1	2.8	2.8	0.2	-	0.65	1.17	0.56	0.65	-	-	-	-	-	-
2	Станок вертикального сверления отверстий	1	11.9	11.9	0.13		0.5	1.73	1.5	2.6						
3	Станок для изгибаия труб разного назначения	1	1.7	1.7	0.6		0.7	1.02	1.02	1.04						
4	Полупроводниковые вентили многопостовые	2	68.6	137.2	0.3		0.5	1.73	41.2	71.2						
5	Электромеханический прибор для выполнения сварочного процесса плавящимся электродом Selma	2	9.18	18.3 6	0.36	-	0.5	1.73	6.6	11.4	-	-	-	-	-	-
6	Катки листогибочные	1	2.8	2.8	0.35	-	0.87	0.57	0.98	0.55	-	-	-	-	-	-
7	Механизм для перемещения грузов	1	2.04	2.04	0.06	-	0.5	1.73	0.12	0.21	-	-	-	-	-	-

	стеллажный 1Т															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
8	Камера сушки	2	18	36	0.6		0.8	0.75	21.6	16.2	-	-	-	-	-	-
9	Камера сушки	1	53.2 4	53.2 4	0.6		0.8	0.75	31.9	23.9	-	-	-	-	-	-
10	Устройство сварки	1	68.9	68.9	0.3	-	0.5	1.73	24.1	41.7	-	-	-	-	-	-
11	Аппарат предназначенный для реализации процесса электродуговой сварки плавящимся электродом Керри	6	26.1	156. 6	0.35		0.87	0.57	54.8	31.2						
12	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов	1	53.2 4	53.2 4	0.13		0.5	1.73	6.9	11.9						
12	Станок для обработки заготовок крупных размеров 2620А	1	13.4 9	13.4 9	0.14		0.5	1.73	1.9	3.27						
14	Гидравлическая машина	1	20	20	0.2	-	0.6	1.07	4	4.16	-	-	-	-	-	-
15	Станки для обработки металла с помощью фрезы 6М	1	11.7	11.7	0.12	-	0.5	1.73	1.4	2.43	-	-	-	-	-	-
16	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов	1	23.6 2	23.6 2	0.14	-	0.6	1.07	3.3	3.53	-	-	-	-	-	-

17	Станок вертикального сверления отверстий 2А554	2	8.9	17.8	0.13		0.5	1.73	2.3	3.9	-	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
18	Станок для создания глухих и сквозных отверстий 2А150	1	7.5	7.5	0.12		0.5	1.73	0.9	1.6	-	-	-	-	-	-
19	Кран с подвешанным грузозахватным органом на консоли или тележке	1	1.88	1.88	0.06	-	0.6	1.07	0.11	0.12	-	-	-	-	-	-
20	Кран с подвешанным грузозахватным органом на консоли или тележке	1	6.83	6.83	0.06		0.6	1.07	0.4	0.43						
21	Станок для удаления заусенцов, организации фасок	1	5.3	5.3	0.12		0.6	1.07	0.6	0.63						
22	Гидравлическая машина однокривошипная	1	43.3	43.3	0.2		0.6	1.07	8.64	9.2						
23	Гидравлическая машина	1	4.5	4.5	0.2	-	0.6	1.07	0.9	0.96	-	-	-	-	-	-
24	Гидравлическая машина кривошипная	1	9	9	0.2	-	0.6	1.07	1.8	1.92	-	-	-	-	-	-
25	Гидравлическая машина однокривошипный	1	20	20	0.2	-	0.6	1.07	4	4.3	-	-	-	-	-	-

26	Гидравлическая машина однокривошипный	2	7.87	15.7 4	0.2		0.6	1.07	3.2	3.4	-	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
27	Гидравлическая машина гидравлический	2	16.8 8	33.7 6	0.12		0.65	0.88	4.05	3.56	-	-	-	-	-	-
28	Станок для обдирки и зачистки поверхности заготовок методом шлифования	1	3	3	0.2	-	0.6	1.07	0.6	0.62	-	-	-	-	-	-
29	Станок для создания глухих и сквозных отверстий 2532Л	1	3.69	3.69	0.12		0.5	1.73	0.44	0.77						
30	Станки для обработки металла с помощью фрезы	1	9.83	9.83	0.13		0.5	1.73	1.3	2.2						
31	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов 16Д20	1	11.8 8	11.8 8	0.12		0.6	1.07	1.43	1.5						
32	Гидравлическая машина НБ5222Б	1	4.8	4.8	0.12	-	0.5	1.73	0.6	1	-	-	-	-	-	-
33	Листогиб UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65	1.17	11.9	13.9	-	-	-	-	-	-
34	Станок для создания кромки на мет.листах ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65	1.17	11.6	13.6	-	-	-	-	-	-
35	Станки для обработки						0.5	1.73			-	-	-	-	-	-

	металла с помощью фрезы	1	3.1	3.1	0.12				0.4	0.64						
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
36	Аппарат плазменной резки металла ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35		0.5	1.73	21	36.33	-	-	-	-	-	-
37	Станок лазерной резки металла SupragexP3500	1	110	110	0.2	-	0.9	0.5	22	11	-	-	-	-	-	-
38	Итого без кранов				0.27	>3			302.3	418	20	0.8 7	263	418	494	712.8
39	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 5т	3	24.2	72.6	0.25		0.5	1.73	18.15	31.4						
40	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 10т	1	23.2	23.2	0.25		0.5	1.73	5.8	10						
	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 с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 50/12т	1	128	128	0.25	-	0.5	1.73	32	55.4	-	-	-	-	-	-
2	Кран с грузозахватным устройством,	1	77	77	0.25		0.5	1.73	19.25	33.3	-	-	-	-	-	-

	подвешенным к грузовой тележке 15/3т															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
3	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 10т	1	29.5	29.5	0.25		0.5	1.73	7.4	12.8	-	-	-	-	-	-
4	Кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке 10т	1	48.2	48.2	0.25	-	0.5	1.73	12.05	20.8	-	-	-	-	-	-
	Итого по РП-КРЗ				0.25	>3			70.7	122	3.1	1.4 2	99.7	122	157.6	227.5
1	Кран с подвешанным грузозахватным органом на консоли или тележке	3	1.88	5.64	0.25		0.7	1.02	1.41	1.43						
2	Гидравлическая машина	1	20	20	0.2		0.6	1.07	4	4.1						
3	Станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов	1	18.5	18.5	0.14	-	0.5	1.73	2.6	4.5	-	-	-	-	-	-
4	Листогиб UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65	1.17	11.9	13.6	-	-	-	-	-	-
5	Станок для удаления заусенцов, организации фасок ЗБ634	1	5.3	5.3	0.12	-	0.6	1.07	0.6	0.7	-	-	-	-	-	-
6	Станок для создания глухих и сквозных отверстий 2М55	3	8.38	25.1 4	0.13		0.5	1.73	3.3	5.7	-	-	-	-	-	-

7	Аппарат плазменной резки металла ЕНИСЕЙ	1	60	60	0.35		0.5	1.73	21	36.3	-	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
8	Вертикальная стойка с горизонтальной стрелой, оснащенная сварочным оборудованием	1	0.4	0.4	0.1	-	0.65	1.17	0.04	0.05	-	-	-	-	-	-
9	Полупроводниковые вентили ВДУ-505	1	40	40	0.5		0.7	1.02	20	20.4						
10	Гидравлическая машина 63т КА235	1	10	10	0.2		0.65	1.17	2	2.34						
11	Гидравлическая машина 250т К 374Б	1	29	29	0.2	-	0.65	1.17	5.8	6.8	-	-	-	-	-	-
12	Гидравлическая машина	1	9	9	0.2	-	0.6	1.07	1.8	1.9	-	-	-	-	-	-
13	Гидравлическая машина К2130	1	10	10	0.2	-	0.6	1.07	2	2.14	-	-	-	-	-	-
14	Гидравлическая листогиб	1	15.6	15.6	0.2		0.6	1.07	3.12	3.34	-	-	-	-	-	-
15	Станок для разрезания, состоящих из двух лезвий, сходящихся в близкорасположенных	1	11.8	11.8	0.12		0.5	1.73	1.4	2.45	-	-	-	-	-	-

	параллельных плоскостях НБ 453															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
16	Механическое устройство для резки материалов НК-3418	1	8.87	8.87	0.12	-	0.5	1.73	1.06	1.84	-	-	-	-	-	-
17	Конвейер PEGAS 350x400	2	2	4	0.4		0.7	1.02	1.6	1.63						
18	Погрузчик механический	1	3.7	3.7	0.6		0.8	0.75	2.22	1.67						
19	Механическое устройство для резки материалов СТР-16	1	29	29	0.12	-	0.5	1.73	3.5	6	-	-	-	-	-	-
20	Листогиб UBR9x2500	1	47.6	47.6	0.25	-	0.65	1.17	11.9	13.9	-	-	-	-	-	-
21	Станок для создания кромки на мет.листах ДЭС630А	1	48.4	48.4	0.24	-	0.65	1.17	11.6	13.6	-	-	-	-	-	-
22	Станок лазерной резки металла SupragexP3500	2	110	220	0.2		0.9	0.5	44	22	-	-	-	-	-	-
23	Гидравлическая машина ПА 415	1	14	14	0.2		0.6	1.07	2.8	3	-	-	-	-	-	-
24	Камера сушки трансформаторных охлаждающих	1	3	3	0.5	-	0.65	1.17	1.5	1.7	-	-	-	-	-	-
25	Шкаф чистки металла дробью ВЕИЛ61.02.7.17	1	130	130	0.5		0.65	1.17	65	76						

	Итого			816, 6	0.28	>3			226	247	12	0.8 5	192	247	312	452
	Итого по ШМА 3 + освещение															851