

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение нового производства специальных пластификаторов
АО «Сибур - Химпром»

Студент

А. В. Якутин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В. Шлыков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

Выпускная бакалаврская работа состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 67 страниц, содержащей 9 разделов и 3 приложения, и графической части, состоящей из 6 чертежей формата А1.

Целью выполнения работы является углубление и систематизация знаний, полученных при изучении специальных дисциплин, получение практического опыта выполнения проектных изысканий, изучение методик проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий, подготовка к осуществлению профессиональной деятельности.

Графическая часть проекта выполнена с использованием САПР «Компас 3D». Большинство расчетов произведены в программе MS Excel 2019. В пояснительной записке описывается методика и порядок выполняемых расчетов. Результаты расчетов с большим количеством исходных данных представлены в виде таблиц, скопированных из исходного файла MS Excel и оформлены в виде приложений к пояснительной записке.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика производства специальных пластификаторов	6
2 Определение электрических нагрузок на стороне 0,4 кВ	10
3 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности.....	18
4 Выбор и обоснование схемы электроснабжения производства	24
5 Расчет токов короткого замыкания	32
6 Выбор электрооборудования и проводников.....	40
7 Расчет релейной защиты и автоматики.....	51
8 Расчет заземления зданий и сооружений.....	55
9 Молниезащита зданий и сооружений	58
Заключение	63
Список используемых источников.....	65
Приложение А	68
Приложение Б.....	73
Приложение В.....	79

Введение

Процесс проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий представляет собой комплексную задачу, при решении которой учитываются множество факторов, оказывающих взаимное влияние друг на друга. Оптимальные проектные решения в каждом конкретном случае индивидуальны и зависят от характеристик производства.

Поиск наиболее выгодных и перспективных проектных решений требует применения современных средств автоматизированного проектирования, поскольку именно такой подход позволяет проработать сразу несколько из возможных вариантов решения поставленной задачи, получить расчетные технико-экономические показатели проекта и на их основании принять наиболее удачный вариант решения.

Кроме того, комплексная автоматизация процесса проектирования значительно ускоряет процесс разработки проектов, снижает вероятность ошибок и позволяет проектировщику сконцентрировать внимание не столько на выполнении самих расчетов, сколько на анализе полученных при помощи программных средств данных.

При проектировании систем электроснабжения в проектных организациях находят широкое применение такое ПО как AutoCAD (Electric), Компас (Компас-Электрик), EPLAN и другие подобные им продукты. Некоторые из САПР (AutoCAD) имеют развитые механизмы интеграции с пакетом MS Office, в частности MS Excel, что позволяет достичь довольно высокой степени автоматизации процесса проектирования, путем выполнения математических расчетов в среде Excel, а их результаты автоматически транслировать в САПР для формирования проектной документации.

Данная выпускная квалификационная работа выполнена с использованием САПР «Компас 3D» v.19 и MS Excel 2019. Использование современных технологий при выполнении данного проекта позволяет не только закрепить, систематизировать и углубить полученные ранее знания, но

также и развить другие компетенции, такие как профессиональное использование приложений из пакета MS Office, изучение особенностей взаимодействия между собой различных программных продуктов, полезных при выполнении электротехнических расчетов и взаимно дополняющих друг друга.

Вышеописанный подход позволяет получить опыт создания шаблонов проектирования, которые могут быть в дальнейшем использованы для решения и других задач.

Сложившаяся ситуация в отрасли нефтехимии и нефтепереработки в России такова, что со стороны предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности характерен спрос на проектные изыскания в сфере электроэнергетики по расширению, масштабированию и реорганизации существующих систем электроснабжения.

В данной выпускной квалификационной работе выполняется проектирование системы электроснабжения производства специальных пластификаторов, которое является дальнейшим развитием технологической цепочки переработки нефтепродуктов на АО «Сибур Химпром» в г. Пермь. В тексте пояснительной записки дается пояснение хода выполнения и обоснование принятых проектных решений, принятых при разработке.

В работе вырабатываются основные проектные решения в части системной архитектуры, проводится выбор и проверка основного электрооборудования. При выборе электрооборудования учитываются современное состояние и тенденции развития в данной предметной области.

1 Характеристика производства специальных пластификаторов

Производство пластификаторов специального назначения на территории промышленной площадки АО «Сибур-Химпром» в городе Пермь предназначено для выпуска следующей продукции:

- DBTP – дибутилтелефталат, 11 тысяч тонн в год;
- DOA – диоктиладипинат, 7 тысяч тонн в год;
- DOS – диоктилсебагинат, 2 тысячи тонн в год;
- DEGDB – диэтиленгликольдибензоат, 5 тысяч тонн в год;
- В30М3 - смесь DBTP (диоктилтерелефталат из существующей установки) и DBTP в пропорции 30/70, 16,3 тысячи тонн в год.

Технологические процессы производства (синтез, нейтрализация) проходят в периодическом режиме, за исключением процессов отгонки спиртов, очистки водной фазы, сырья, отпарки продуктов, которые происходят в непрерывном режиме. Таким образом, режим работы установки – полунепрерывный.

На установке предусмотрены две линии производства пластификаторов, в составе: реактор этерификации, реактор нейтрализации. Колонны очистки сырья, отпарки продукта и водной фазы имеют одну линию. Технологический процесс автоматизирован. Управление технологическим процессом осуществляется с автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов из существующего пункта управления основной производственной площадки.

Снабжение производства исходным сырьем (бутанол, изобутанол, 2-этилгексанол) и энергоносителями (азот, пар, сжатый воздух, щелочь, вода и т.д.) осуществляется от существующих сетей АО «Сибур-Химпром».

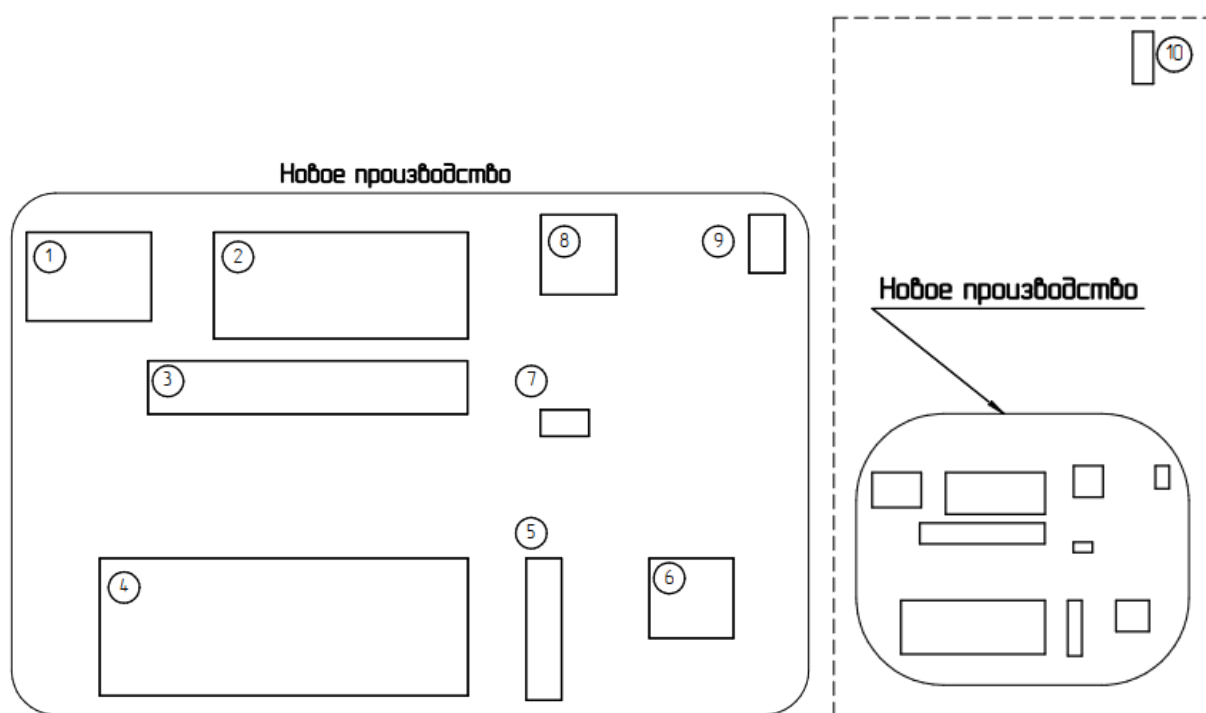
Структура производства специальных пластификаторов содержит титулы, в которые группируются менее крупные производственные объекты.

Эскизный план предприятия представлен на рисунке 1.

Рассматриваемое в данной работе производство, как видно из плана расположения, размещается на некотором отдалении от основной производственной площадки АО «Сибур-Химпром».

Электроснабжение технологического оборудования и электроосвещения осуществляется от ТП, РП, РУ, располагаемых в производственном здании.

Источником электроснабжения являются существующие распределительные устройства 6 кВ РП-12 и РП-13 корпуса 336а. Расчетный ток короткого замыкания в точках присоединения производства составляет 11,6 кА в максимальном режиме и 9,4 кА в минимальном режиме.



- 1 - Узел приема, хранения и транспортировки твердых кислот; 2 - Основной производственный узел; 3 - Наружная установка; 4 - Склад хранения сырья и готовой продукции; 5 - Насосная склада хранения сырья и готовой продукции; 6 - Автомобильная сливная и наливная эстакада сырья и готовой продукции; 7 - Печь нагрева ВОТ; 8 - Наружная установка насосной ВОТ; 9 - Ресивер воздуха КИП и азота; 10 - Существующее РУ 6 кВ.

Рисунок 1 - Эскизный план производства

Основными потребителями электроэнергии на предприятии являются: комплектные технологические установки, насосы, мешалки, электрообогрев трубопроводов и емкостей, электрооборудование вентиляционных систем, электроосветительные установки, средства автоматизации, связи и пожаротушения.

Электрическую нагрузку предприятия составляют электроприемники на номинальное напряжение 0,4 и 6 кВ. При этом, основная часть потребляемой электроэнергии приходится на электроприемники с номинальным напряжением 0,4 кВ. Электрическая нагрузка 6 кВ представлена синхронным двигателем компрессора, расположенным в титуле 500.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники относятся к потребителям первой, второй и третьей категорий [11].

Потребители первой категории – электроприемники системы противопожарной защиты, эвакуационное электроосвещение, аварийная вентиляция, а также часть технологического оборудования.

К потребителям первой категории надежности электроснабжения относятся:

- технологическое электрооборудование;
- вентиляционное оборудование, обслуживающее помещения с электроприемниками, относящимися к потребителям первой категории;
- аварийная вентиляция;
- электроприемники системы противопожарной защиты.

К потребителям второй категории надежности электроснабжения относятся:

- вентиляционное оборудование, обслуживающее помещения с электроприемниками, относящимися к потребителям второй и третьей категории;
- электрообогрев трубопроводов, емкостей хранения продукта, шкафов КИП и импульсных линий.

К потребителям третьей категории надежности электроснабжения относятся:

- вспомогательное оборудование (бытовые электроприемники);
- оборудование, предназначенное для выполнения ремонтных работ;
- электрообогрев системы водостока.

К потребителям особой группы первой категории относятся электроприемники АСУТП.

Перечень электроприемников производства представлен в таблице А.1 Приложения А.

Вывод по разделу: на данном этапе проектирования собрана базовая информация об объекте, необходимая для выполнения дальнейших расчетов: изучены режимы его функционирования, получены сведения о характеристиках и составе электроприемников.

2 Определение электрических нагрузок на стороне 0,4 кВ

Произведем расчет электрических нагрузок предприятия. Выполнение данных расчетов необходимо для оценки распределения электроэнергии по цехам предприятия с целью последующей выработки оптимального и обоснованного проектного решения.

Расчет электрических нагрузок предприятия в данной работе автоматизирован и выполнен в программе Excel 2019. Ниже приводятся результаты расчетов и дается пояснение алгоритма расчета, приводится математическая запись формул, вычисляющих значения в соответствующих ячейках листа Excel. Расчет выполнен по учебно-методическим пособиям [1] - [2].

Вначале выполним расчеты, характерные для отдельных электроприемников структурного подразделения. Исходные данные для расчета формируем из таблицы А.1.

Для каждого электроприемника найдем средние показатели активной P_c , реактивной Q_c и полной S_c мощности за наиболее загруженную смену по формулам (1), (2), (3) соответственно:

$$P_c = K_{\text{и}} \cdot P_y, \quad (1)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования,

P_y – установленная активная мощность электроприемника.

$$Q_c = K_{\text{и}} \cdot P_y \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности.

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}. \quad (3)$$

Перейдем к расчетам, характерным для групп электроприемников, таким как цеховая нагрузка и общая нагрузка по производству.

Вначале выполняются итоговые расчеты для каждого структурного подразделения предприятия. Далее, полученные результаты записываются в столбцы 1-5 (Таблица Б.1) и используются в качестве исходных данных для дальнейших расчетов. В качестве установленной мощности цеха принимается сумма установленных мощностей всех электроприемников этого цеха. Определяется усредненная сменная нагрузка по формулам (1) – (3). Результаты заносятся в столбцы 7, 8, 9 соответственно.

Для расчета суммарной нагрузки по производству, цеха рассматриваются как отдельные электроприемники. Их характеристики принимаются как расчетная нагрузка, полученная в итоговых расчетах по каждому цеху.

Ниже описана методика выполнения расчетов.

Найдем суммарную сменную активную $\sum P_c$, реактивную $\sum Q_c$ и полную мощность $\sum S_c$. Активная и реактивная мощность вычисляется алгебраическим суммированием мощностей отдельных электроприемников, а полная мощность аналогично (3). Полученные данные вносим в строки «Итого по...».

Число эффективных электроприемников n_ε по каждой группе вычислим по формуле (4):

$$n_\varepsilon = \frac{(\sum P_y)^2}{\sum p_y^2}, \quad (4)$$

где p_y – установленная мощность отдельных электроприемников,

$\sum P_y$ – суммарная установленная мощность электроприемников.

Затем, найдем средний коэффициент использования для группы $K_{и\text{ ср}}$, используя формулу (5):

$$K_{и\text{ ср}} = \frac{\sum P_y}{\sum P_c} \quad (5)$$

По справочным данным ([1], Таблица 3, с. 10) по количеству эффективных электроприемников и коэффициенту использования определим расчетный коэффициент K_p .

Зная расчетный коэффициент и среднюю активную мощность за наиболее загруженную смену, определяем расчетную активную мощность P_p по формуле (6):

$$P_p = K_p \cdot P_c \quad (6)$$

Расчетная реактивная мощность Q_p , в зависимости от числа эффективных электроприемников $n_э$, определяется по формулам (7) или (8):

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_c, \text{ при } n_э \leq 10, \quad (7)$$

$$Q_p = Q_c, \text{ при } n_э > 10 \quad (8)$$

При известных расчетной активной и реактивной мощностях можем определить полную расчетную мощность S_p по формуле (9):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (9)$$

Средний коэффициент использования для группы $K_{и\text{ ср}}$ вычислим по формуле (10)

$$K_{и\text{ ср}} = \frac{\Sigma P_c}{\Sigma P_y} \quad (10)$$

Усредненный коэффициент реактивной мощности $\cos\varphi_{ср}$ определяем по формуле (11):

$$\cos\varphi_{cp} = \frac{\Sigma P_c}{\Sigma S_c} \quad (11)$$

Полную расчетную мощность для групповой нагрузки S_p находим по формуле (12):

$$S_p = \sqrt{\Sigma P_p^2 + \Sigma Q_p^2}, \quad (12)$$

где ΣP_p – сумма активных расчетных мощностей отдельных электроприемников,

ΣQ_p – сумма реактивных расчетных мощностей отдельных электроприемников.

При выполнении расчетов групповой итоговой нагрузки по предприятию в качестве группы электроприемников рассматриваем все структурные подразделения, расчет нагрузок которых, был произведен выше.

Нагрузка 6 кВ представлена одним синхронным двигателем, расположенным в титуле 500. Синхронные машины являются источником реактивной мощности, поэтому при расчете электрических нагрузок 6 кВ суммарная реактивная мощность и итоговый коэффициент реактивной мощности принимается со знаком минус [10, с. 187-212].

Коэффициент использования и коэффициент активной мощности выбирается по справочным данным [16]. За эффективное число электроприемников принимается фактическое число электродвигателей.

Итоговая потребляемая мощность производства определяется алгебраическим суммированием мощностей (активной и реактивной) общей нагрузки 0,4 и 6 кВ, а полная мощность определяется аналогично (3).

Результаты расчетов внесем в таблицу Б.1 Приложения Б. Значения мощностей, для наглядности, в таблице показаны с точностью до целых. Расчет выполнялся в программе MS Excel 2019 с сохранением разрядности исходных данных.

Теперь, когда произведен расчет электрических нагрузок по производству, определим местоположение центра энергетических нагрузок предприятия (ЦЭН). Центр энергетических нагрузок предприятия – место наиболее выгодного расположения главной понизительной подстанции.

Для нахождения ЦЭН предприятия нанесем на генплан систему координат, в которой при помощи инструментов САПР «Компас 3D» найдем геометрические центры каждого структурного подразделения.

При расчете координат ЦЭН принимаем допущение, что нагрузки по территории отдельного структурного подразделения распределены равномерно по его площади. Также не учитываем распределение электроприемников по вертикальным отметкам внутри цехов.

Для внутриплощадочных эстакад, автодорог и площадок определение геометрического центра затруднено, вследствие рассредоточенности потребляемой мощности по всей территории производства. Доля таких электроприемников в общей потребляемой мощности не превышает 10%. Учитывая оба этих фактора, принимаем, что исключение данных приемников из расчета по определению ЦЭН не приведет к существенной погрешности в определении координат ЦЭН.

Расчет производим по методике, описанной в [14, с.165-286] и по тексту ниже.

Определим координаты размещенных на плане структурных подразделений производства. Для этого используем инструмент САПР Компас 3D «Координаты точки». Последовательно выбираем геометрические центры всех цехов. Полученные таким образом данные переносим в MS Excel для дальнейшей обработки.

Для построения картограммы нагрузок найдем подходящие масштабы отображения активной и реактивной мощности на плане. Принимаем радиус R наименьшей нагрузки на плане 5м, а наибольшей 25м. Масштабы, соответствующие экстремальным значениям нагрузки m_{min} , m_{max} при принятых радиусах, определяем по формулам (13) и (14):

$$m_{min} = \frac{P_{min}}{\pi \cdot R^2} = \frac{2}{3,14 \cdot 5^2} = 0,025, \quad (13)$$

$$m_{max} = \frac{P_{max}}{\pi \cdot R^2} = \frac{473}{3,14 \cdot 25^2} = 0,24 \quad (14)$$

Выбираем одинаковый масштаб для реактивной и активной мощности как среднее арифметическое масштабов экстремумов $m = 0,13$.

Радиусы активной и реактивной мощностей R_{ai} , R_{pi} для отдельных цехов определяем по формулам (15) и (16):

$$R_{ai} = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (15)$$

где P_{pi} – активная расчетная мощность отдельного цеха.

$$R_{pi} = \sqrt{\frac{Q_{pi}}{\pi \cdot m}}. \quad (16)$$

где Q_{pi} – реактивная расчетная мощность отдельного цеха.

Определим координаты центров активных X_a , Y_a и реактивных X_p , Y_p энергетических нагрузок предприятия, используя формулы (17) - (20):

$$X_a = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (17)$$

$$Y_a = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (18)$$

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{pi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n Q_{pi}}, \quad (19)$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{pi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n Q_{pi}}, \quad (20)$$

где X_i, Y_i – координаты геометрического центра отдельного цеха.

Расчеты выполняются в программе MS Excel 2019 по формулам (13) – (20). Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета координат ЦЭН

№ цеха	P _p , кВт	Q _p , квар	m _a , кВт/м ²	m _p , квар/м ²	X, м	Y, м	R _a , м	R _p , м	ЦЭН (А)		ЦЭН (Р)	
									X _a , м	Y _a , м	X _p , м	Y _p , м
1	102	72	0,13	0,13	23	105	16	13	87	81	90	87
2	452	305	0,13	0,13	80	103	33	27				
3	473	291	0,13	0,13	72	80	34	27				
4	173	4	0,13	0,13	67	26	21	3				
5	144	111	0,13	0,13	125	25	19	16				
6	18	14	0,13	0,13	159	32	7	6				
7	25	14	0,13	0,13	130	72	8	6				
8	276	185	0,13	0,13	133	110	26	21				
9	2	1	0,13	0,13	176	12	2	1				

После выполнения расчетов приступаем к построению картограммы нагрузок. На картограмме активная нагрузка показана тонкой сплошной линией, а реактивная - тонкой штриховой (рисунок 2).

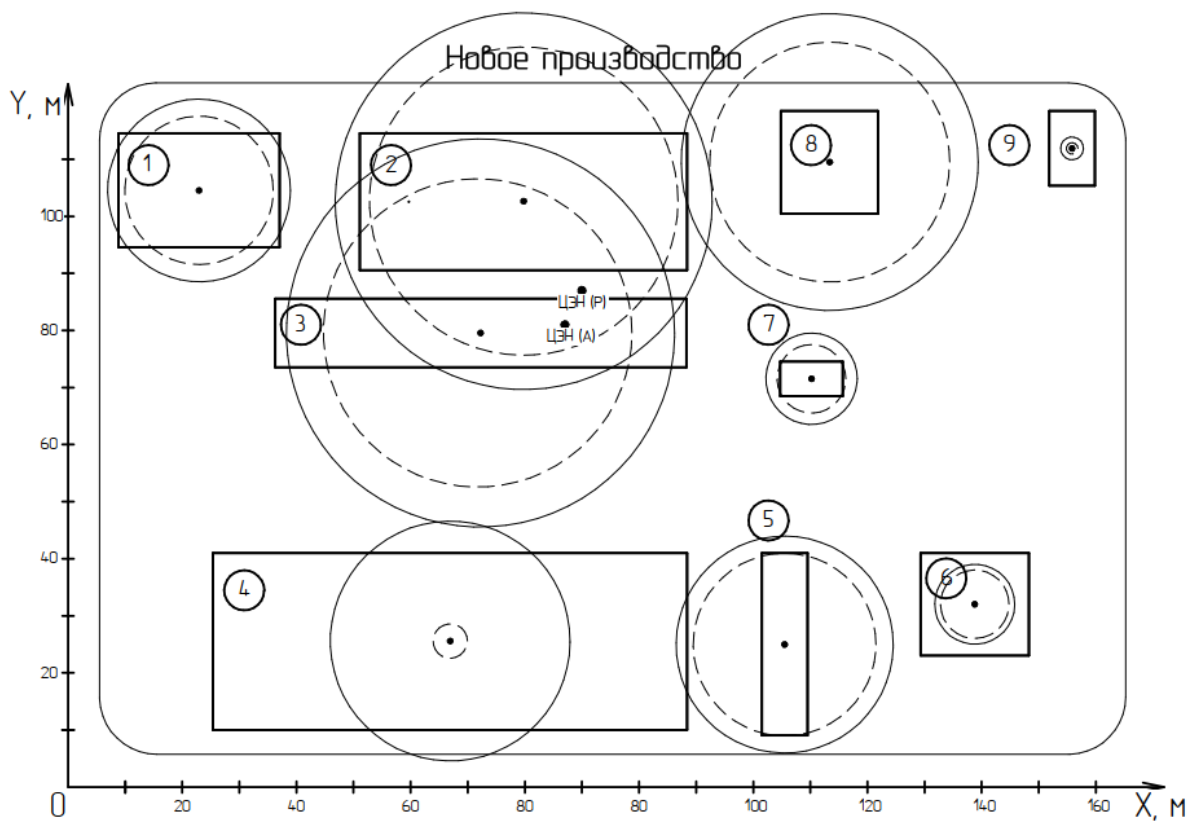


Рисунок 2 - Картограмма нагрузок предприятия

Вывод по разделу: в данном разделе работы произвели расчет электрических нагрузок предприятия, составили картограмму нагрузок и нашли координаты центров энергетических нагрузок производства. На основании полученных данных, сможем выбрать местоположение главной понизительной подстанции, а также выполнять дальнейшие этапы проектирования.

3 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

Анализ плана расположения цехов производства и результатов расчета электрических нагрузок (Таблица Б.1 Приложения Б) показывает, что в составе производства структурные подразделения располагаются на небольшом отдалении друг от друга, общая площадь производственной площадки невелика. Максимальная полная расчетная мощность единичного цеха без учета компенсации реактивной мощности не превышает 600 кВА для наиболее загруженных цехов и от 20-30 до 200-300 кВА для остальных цехов.

Небольшая площадь производства и относительно низкая потребляемая мощность даёт основания полагать, что распределение электроэнергии на напряжении 6 кВ по территории производства и, следовательно, строительство нескольких цеховых трансформаторных подстанций будет экономически нецелесообразным проектным решением с точки зрения соотношения сокращения потерь электроэнергии и затрат на капитальное строительство понизительных подстанций и распределительных устройств.

Учитывая тот факт, что большинство электроприемников относятся к первой и второй категории надежности электроснабжения по ПУЭ, предварительно намечаем возведение одной двух- или трех-трансформаторной подстанции, расположенной в основном производственном узле, неподалеку от центров энергетических нагрузок производства.

Сложившаяся в последнее время практика проектирования систем электроснабжения такова, что в качестве распределительных устройств большое распространение получили распределительные устройства комплектной поставки. Данное проектное решение хорошо себя зарекомендовало с точки зрения безопасности и удобства обслуживания, стоимости и трудоемкости строительства, надежности и масштабируемости. Кроме того, такие устройства имеют высокую степень индустриализации, что

положительно сказывается на общем качестве исполнения технических средств.

Принимая во внимание существующие проектные решения в данной предметной области, выбираем в качестве распределительного устройства комплектное распределительное устройство с несколькими секциями сборных шин, коммутируемых секционным выключателем(-ями) с приводом от системы аварийного ввода резерва.

В целях повышения надежности электроснабжения, а также для обеспечения возможности дальнейшего развития проектируемой системы, при выборе трансформаторов и конденсаторных установок необходимо предусмотреть возможность длительной работы производства при внезапном выходе из строя или намеренном отключении одного из трансформаторов при текущей расчетной нагрузке производства. С другой стороны, при нормальном режиме работы системы электроснабжения каждый трансформатор должен быть в достаточной степени нагружен. Кроме того, чрезмерное увеличение мощности единичного трансформатора увеличит токи короткого замыкания, что в конечном итоге вызовет удорожание строительства.

Поскольку задача выбора числа и мощности трансформаторов требует комплексного подхода: изучения многих аспектов системы, а также принимая во внимание сложившуюся практику проектирования систем электроснабжения, наиболее рациональным подходом при поиске лучшего проектного решения будет – сравнение нескольких вариантов по их технико-экономическим показателям.

В качестве базовых рассмотрим следующие варианты:

– двухтрансформаторная подстанция с двумя идентичными трансформаторами и двумя секциями сборных шин, коммутируемых секционным выключателем с приводом от АВР;

- трехтрансформаторная подстанция с тремя идентичными трансформаторами и тремя секциями сборных шин, коммутируемых двумя секционными выключателями с приводом от АВР;
- трехтрансформаторная подстанция с двумя идентичными трансформаторами (Т1 и Т2) для потребителей первой категории надежности и одним трансформатором (Т3) для потребителей второй и третьей категорий надежности. Для каждого трансформатора предусматривается своя секция сборных шин (Iс.ш., IIс.ш. и IIIс.ш. соответственно) распределительного устройства, между секциями сборных шин предусматриваются секционные выключатели, причем между первой и второй секцией сборных шин предусматривается секционный выключатель с приводом от АВР. В этом варианте расчет аварийного режима производится исходя из возможного выхода из строя одного трансформатора из пары Т1-Т2 т.к. это более тяжелый аварийный режим чем отказ трансформатора Т3. При выходе из строя трансформатора Т3, оба секционных выключателя переводятся в положение «ВКЛ.».

Выполним для каждого из предварительно намеченных вариантов ТП расчеты, по результатам которых определим мощности трансформаторов и компенсирующих устройств, рассчитаем коэффициенты загрузки единичных трансформаторов в нормальном и аварийном режимах работы. При выполнении данного расчета принимается допущение, что характер распределения нагрузки между трансформаторами абсолютно равномерный. Поэтому расчет носит предварительный характер и может быть скорректирован по ходу выполнения следующих этапов выполнения работы. Целью производимых вычислений является определение наиболее перспективных вариантов дальнейшего проектирования и исключение вариантов, применение которых заведомо нерационально. Расчет выполняется в программе MS Excel 2019. Далее дается описание методики расчета.

Суммарные расчетные активную и реактивную мощности и $\text{tg } \varphi$ возьмем из таблицы Б1.

Найдем мощность КУ по формуле (21)

$$Q_{\text{к.р}} = \alpha \cdot P_{\text{р}} \cdot (\text{tg } \varphi - \text{tg } \varphi_{\text{к.р}}), \quad (21)$$

где $Q_{\text{к.р}}$ – расчетная мощность КУ, квар;

α – коэффициент, учитывающий повышение $\cos \varphi$ естественным способом, принимается $\alpha = 0,9$;

$P_{\text{р}}$ – расчетная активная мощность (из таблицы Б1), кВт;

$\text{tg } \varphi$, $\text{tg } \varphi_{\text{к.р}}$ – коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации. Коэффициент после компенсации принимаем равным 0,33.

Исходя из полученной мощности конденсаторной установки и количества трансформаторов на подстанции, выбираем по справочным данным модель компенсирующего устройства.

Найдем полную расчетную мощность подстанции $S_{\text{р}}$ по формуле (22):

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + (Q_{\text{р}} - Q_{\text{к.н}})^2}, \quad (22)$$

где $Q_{\text{к.н}}$ – суммарная мощность компенсирующих устройств;

$Q_{\text{р}}$ – расчетная реактивная мощность (из таблицы Б1), квар;

Далее, найдем расчетную мощность единичного трансформатора $S_{\text{рТ}}$ по формуле (23):

$$S_{\text{рТ}} = \frac{S_{\text{р}}}{K_{\text{з}} \cdot N_{\text{т}}}, \quad (23)$$

где $K_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки трансформатора [2, с. 24],

$N_{\text{т}}$ – намеченное количество трансформаторов на подстанции.

Полученная мощность округляется до ближайшего большего значения стандартного ряда мощностей трансформаторов и принимается равной $S_{н.т.}$

Найдем коэффициенты загрузки единичного трансформатора выбранной мощности на подстанции в нормальном $K_{зн}$ и аварийном $K_{за}$ режиме работы по формулам (24) и (25):

$$K_{зн} = \frac{S_p}{S_{н.т.} \cdot N_T}, \quad (24)$$

$$K_{за} = \frac{S_p}{S_{н.т.} \cdot (N_T - 1)} \quad (25)$$

Результаты расчета приводятся в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнение вариантов исполнения понизительной подстанции

№	Pp, кВт	tg φ	tg φ кр	Qк.р, квар	Qр, квар	Sp, кВА	Spт, кВА	Kз	Kзн	Kза	Принято к установке		
											KУ, квар	Sn.т, кВА	N
1	1584	0,55	0,33	307	1010	1716	1226	0,7	0,54	1,07	175	1600	2
2	1584	0,55	0,33	307	1010	1712	815	0,7	0,57	0,86	120	1000	3
1a	1584	0,55	0,33	307	1010	1716	1226	0,7	0,34	0,69	175	2500	2
3	1224	0,55	0,33	237	989	1435	1025	0,7	0,45	0,90	120	1600	2
	360	0,06	0,33	-87	21	360	450	0,8	0,57	-	0	630	1

Произведенные вычисления показывают, что при нормальном режиме работы загрузка трансформаторов при первом и втором варианте подстанции будет отличаться незначительно. При третьем варианте, загрузка несколько ниже, но еще находится на приемлемом уровне.

Рассмотрим полученные варианты с точки зрения работы в аварийном режиме: когда выведен из работы один из трансформаторов.

В случае применения двухтрансформаторной схемы, оставшийся трансформатор будет работать с перегрузкой. Кроме того, мощность

трансформатора может оказаться недостаточной для обеспечения возможности дальнейшего развития системы. Поэтому, при использовании двухтрансформаторной подстанции, в данном случае, необходимо принять мощность единичного трансформатора на одну ступень выше, то есть 2500 кВА (в таблице этот вариант обозначен 1а). Однако, в таком случае коэффициент загрузки трансформаторов при нормальном режиме работы составит 0,34, увеличится ток короткого замыкания, что потребует выбора проводников большего сечения, а также подбора коммутационной аппаратуры, способной выдерживать такие токи. Кроме того, трансформаторы большей мощности дороже и занимают больше места в подстанции.

Трехтрансформаторная подстанция (вариант 2 и 3), в данном случае, является более выгодным решением, поскольку дает очевидный выигрыш в запасе мощности на развитие системы и при этом лишена недостатков, двухтрансформаторной подстанции с трансформаторами повышенной мощности. Вариант №3 позволяет также выделить отдельный трансформатор для подключения потребителей, негативно влияющих на качество электроэнергии в сети. Также этот вариант позволяет иметь некоторый резерв мощности, для перспективы развития сети. Из недостатков трехтрансформаторной схемы стоит отметить, более сложную структуру распределительной сети, наличие двух секционных выключателей, более сложный алгоритм работы системы АВР. Однако, несмотря на эти недостатки, в данном случае, трехтрансформаторная подстанция — это более сбалансированное решение с точки зрения совокупности технико-экономических показателей.

Вывод по разделу: в данном разделе работы был выполнен поиск наиболее выгодного технического решения. Выбрана к установке трехтрансформаторная понизительная подстанция с двумя трансформаторами мощностью 1600 кВА (питание нагрузки I категории надежности) и одним трансформатором мощностью 630 кВА (питание нагрузки II и III категории надежности).

4 Выбор и обоснование схемы электроснабжения производства

Одним из принципов, принятых при проектировании сетей электроснабжения промышленных предприятий является построение распределительных электрических сетей из иерархически организованных групп элементов (ступеней) [10, с. 13-37], [8, с. 42-83]. Совокупность однотипных элементов составляет ступень распределения электроэнергии.

При выполнении данной работы, принимаем распределительную сеть 0,4 кВ трехступенчатой. Первая ступень – вторичные обмотки силовых трансформаторов 6/0,4 кВ с секциями сборных шин. Вторая ступень - комплектные шкафы с установленными выкатными выключателями. Третья ступень - силовые распределительные щиты (ШРП – шкафы распределения питания) с одной или двумя секциями шин, устройствами защиты и автоматики. Мощные электроприемники 0,4 кВ запитываются от второй ступени распределения напрямую, минуя ШРП.

Согласно расчетам, показанным в разделе 3 (Таблица 2), питание нагрузки 0,4 кВ будет осуществляться посредством трехтрансформаторной подстанции с тремя секциями сборных шин (по третьему варианту). Следовательно, для питания трансформаторной подстанции предусматриваем 3 кабельных линии 6 кВ. Источниками питания выступают резервные ячейки распределительного устройства 6 кВ.

Итого, учетом нагрузки 6 кВ закладываем 4 кабельных линии 6 кВ. Причем, для питания компрессора МК500 используем ячейку, подключенную к системе АВР.

Поскольку основная мощность нагрузки состоит из электроприемников I и II категории надежности между секциями сборных шин устанавливаются секционные выключатели с приводом от системы автоматического ввода резерва.

С учетом вышеизложенных соображений, принимаем что расчет электрических нагрузок предприятия целесообразно вести с группировкой

отдельных электроприемников по шкафам распределения питания, а мощных электроприемников по секциям сборных шин распределительного устройства.

На данном этапе проектирования сформируем перечень силовых распределительных шкафов, составляющих третью ступень распределения электроэнергии. Также выделим электроприемники, питающиеся непосредственно от второй ступени, составим предварительный вариант схемы системы электроснабжения производства и отобразим его на структурной схеме.

Формирование перечня элементов третьей ступени распределения проводим, руководствуясь следующими принципами:

- совпадение категории надежности электроснабжения электроприемников, питающихся от данного ШРП;
- электроприемники группируются по общности технологического процесса, характеру нагрузки, таким образом, что электрооборудование питающееся от данного ШРП относится к одному и тому же технологическому узлу, линии, аппарату;
- для электроприемников, имеющих резервирование на уровне аппаратной технологической единицы предусматриваются два идентичных по конструкции ШРП. В целях выравнивания нагрузки, рабочие и резервные электроприемники распределяются между шкафами таким образом, чтобы в каждом шкафу было одинаковое количество рабочих и резервных потребителей с одинаковой установленной мощностью всей нагрузки. В расчете нагрузки, приходящейся на такой шкаф учитываем только рабочие электроприемники;
- для шкафов питания потребителей первой категории надежности предусматривается два ввода, подключаемых к разным секциям сборных шин распределительного устройства;

- территориальная близость электроприемников друг к другу, обеспечивающая совпадение маршрута прокладки кабельных трасс к конечным потребителям на большом участке их длин.

Составим структурную схему электроснабжения производства (см. рисунок 3).

Распределение электроприемников по шкафам распределения питания и результаты расчетов электрических нагрузок на напряжении 0,4 кВ приведены в таблице В.1 Приложения В.

Найдем расчетный максимальный ток в нормальном режиме работы, потребляемый каждым отдельным электроприемником I_p и определяемый отношением полной установленной мощности электроприемника к произведению номинального напряжения и корня квадратного из трех, по формуле (26):

$$I_p = \frac{\sqrt{P_y^2 + (P_y \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} \quad (26)$$

Перед выполнением расчетов распределим ШРП по секциям сборных шин РУ, с тем чтобы нагрузки, приходящиеся на разные секции сборных шин, были примерно одинаковыми.

Поскольку для группы электроприемников нехарактерно такое состояние, при котором все электроприемники в группе работают на максимальную мощность, то для нахождения максимального рабочего тока в номинальном режиме работы будем использовать полную расчетную мощность групповой нагрузки S_p . Расчет тока проводим по формуле (27):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot 0,38} \quad (27)$$

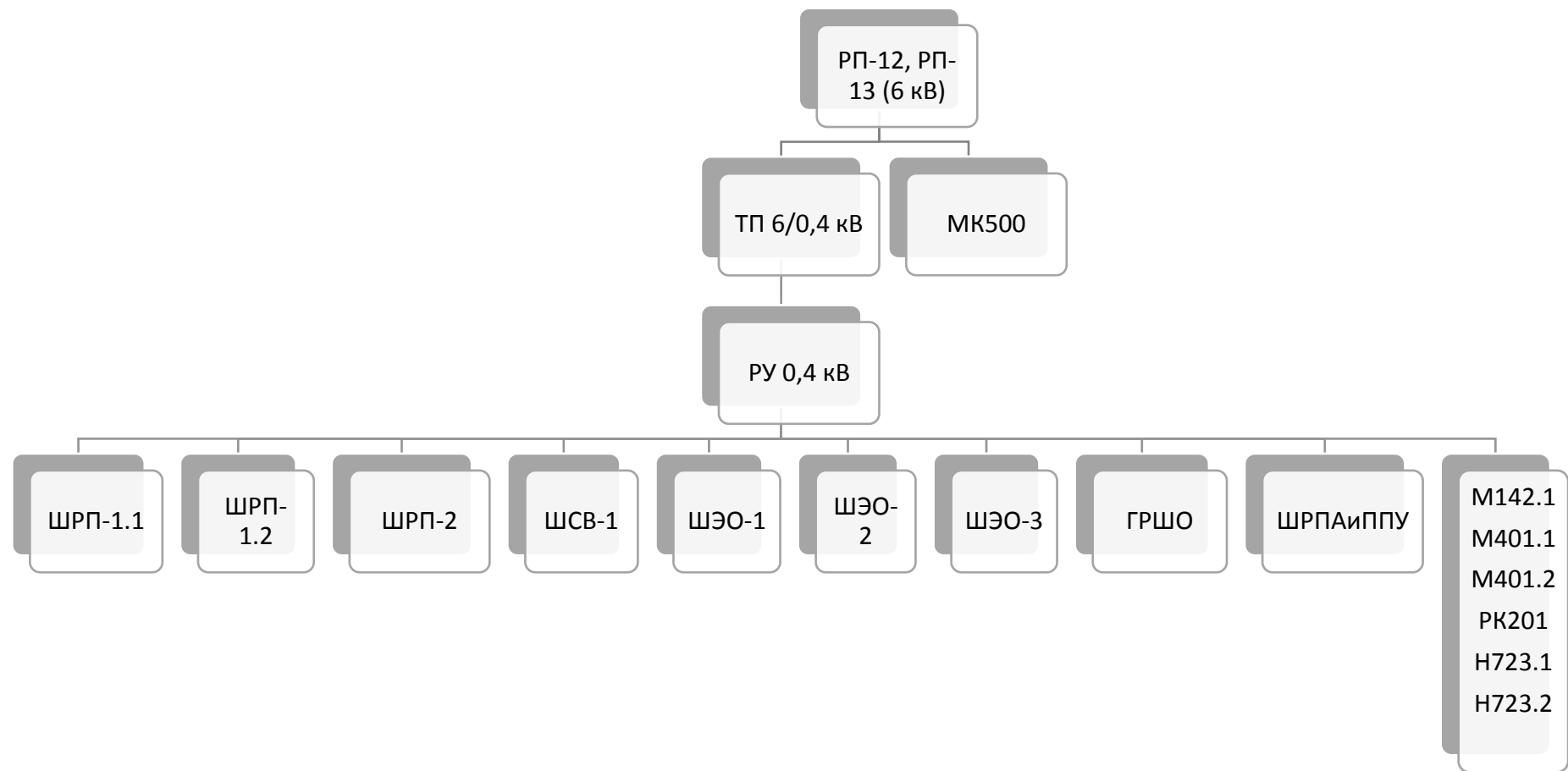


Рисунок 3 - Структурная схема электроснабжения

По формулам (21) – (25) произведем вычисления для окончательного подбора мощности трансформаторов и конденсаторных установок для каждой секции сборных шин. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Окончательный выбор мощности трансформаторов и КУ

с.ш.	Pp, кВт	tg φ	tg φ кр	Qк.р, квар	QP, квар	Sp, кВА	Spt, кВА	Kз	Kзн	Kза	Принято	
											КУ, квар	Sn.т, кВА
1	745	0,72	0,33	261	607	826	1180	0,7	0,52	0,97	250	1600
2	816	0,64	0,33	230	596	887	1267	0,7	0,55	0,97	250	1600
3	409	0,06	0,33	-98	27	409	584	0,7	0,65	-	-	630

Выбранная мощность трансформаторов обеспечивает длительную работу производства как в аварийном, так и в нормальном режиме при приемлемой нагрузке трансформаторов.

Составим однолинейную схему электроснабжения предприятия. Уменьшенная копия схемы изображена на рисунке 4.

Питание производства осуществляется на напряжении 6 кВ четырьмя кабельными линиями с распределительных устройств РП-12 и РП-13, расположенных в титуле 33ба.

Подключение кабельных линий 6 кВ в трансформаторной подстанции осуществляется к вводным ячейкам. Предварительно намечаем для установки вводные ячейки RM6 фирмы Schneider Electric, которые обеспечивают безопасность при включении и отключении питания на трансформаторы. На схеме эти ячейки обозначены как ШВВ1, ШВВ2, ШВВ3.

Подключение трансформаторов к питающему напряжению осуществляется кабельными линиями от вводных ячеек RM6.

Для подключения стороны 0,4 кВ к комплектному распределительному устройству предусматриваются шинопроводы, подключаемые к вводным ячейкам КРУ.

Комплектное распределительное устройство состоит из трех секций сборных шин, соединенных секционными выключателями.

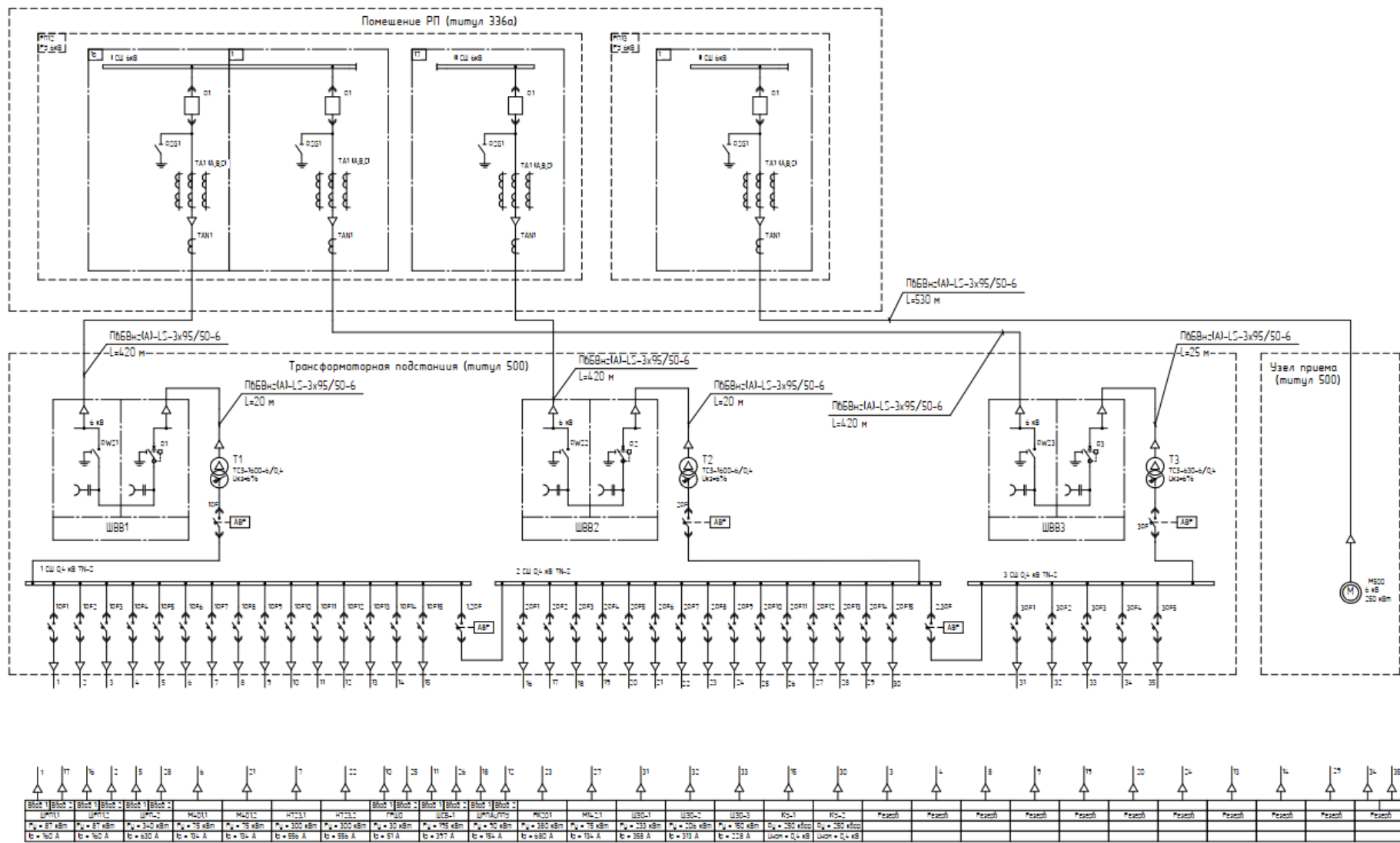


Рисунок 4 - Принципиальная схема электроснабжения

Электроприемники 0,4 кВ подключаются к сборным шинам распределительного устройства кабельными линиями. Для защиты кабельных линий предусматриваются автоматические выключатели, установленные в ячейках КРУ.

С целью обеспечения требований к надежности электроснабжения на подстанции предусматривается система АВР. Алгоритм работы АВР следующий:

- в нормальном режиме секционные выключатели 1.2QF и 2.3QF разомкнуты;
- при выходе из строя трансформатора Т1 отключается выключатель 1QF, затем включается секционный выключатель 1.2QF;
- при выходе из строя трансформатора Т2 отключается выключатель 2QF, затем включается секционный выключатель 1.2QF;
- при выходе из строя трансформатора Т3 отключается выключатель 3QF. Включение нагрузки, подключенной к третьей секции РУ осуществляется дежурным электротехническим персоналом. Для этого сначала включается секционный выключатель 1.2QF, затем 2.3QF;
- при возобновлении работы трансформаторов действия происходят в обратном порядке;
- при выходе из строя одного из трансформаторов Т1 или Т2 при включенном секционном выключателе 2.3QF, выключатель 2.3QF отключается, затем выполняются соответствующие переключения, описанные в п 2. и 3.

Согласно исходным данным ток короткого замыкания в точках присоединения производства составляет 11,6 кА в максимальном режиме и 9,4 кА в минимальном. Произведенные выше расчеты показывают, что расчетный рабочий ток аварийного режима на стороне 0,4 кВ для Т1 и Т2 составляет 2369 А, а для Т3 – 623 А. Очевидно, что на стороне 6 кВ эти токи будут соответственно 150 А и 39 А. А для линии, питающей компрессор М500 – 24 А.

Определим марку и сечение кабелей 6 кВ. Условиями подбора являются длительный рабочий ток и допустимый ток односекундного короткого замыкания. Принимаем длительность короткого замыкания равной одной секунде, способ прокладки кабелей – по существующим кабельным конструкциям.

Предварительно намечаем для указанных выше кабельных линий кабель марки ПвБВнг(А)-LS-3х95/50-6. Допустимая токовая нагрузка данного кабеля составляет 329 А, ток односекундного короткого замыкания кабеля 13,6 кА.

Понизительные трансформаторы выбираем сухие с защитным кожухом (марки ТСЗ).

Вывод по разделу: сформировали основные технические решения по архитектуре проектируемой электрической сети: уточнили марку и мощности трансформаторов 6/0,4 кВ, составили структурную и принципиальные схемы электроснабжения, разработали алгоритм работы системы автоматического ввода резерва, выполнили предварительный выбор электрооборудования 6 кВ (вводные ячейки трансформаторов), заложили исходные данные для компоновки комплектного распределительного устройства на стороне 0,4 кВ.

5 Расчет токов короткого замыкания

С целью выбора оборудования, устойчивого к токам КЗ, необходимо определить токи короткого замыкания. Для этого составим схему для расчета токов короткого замыкания. Она приводится на рисунке 5. При выполнении данного раздела работы, следуем методическим рекомендациям [2], [17, с. 262-275] и ГОСТ [4], [5].

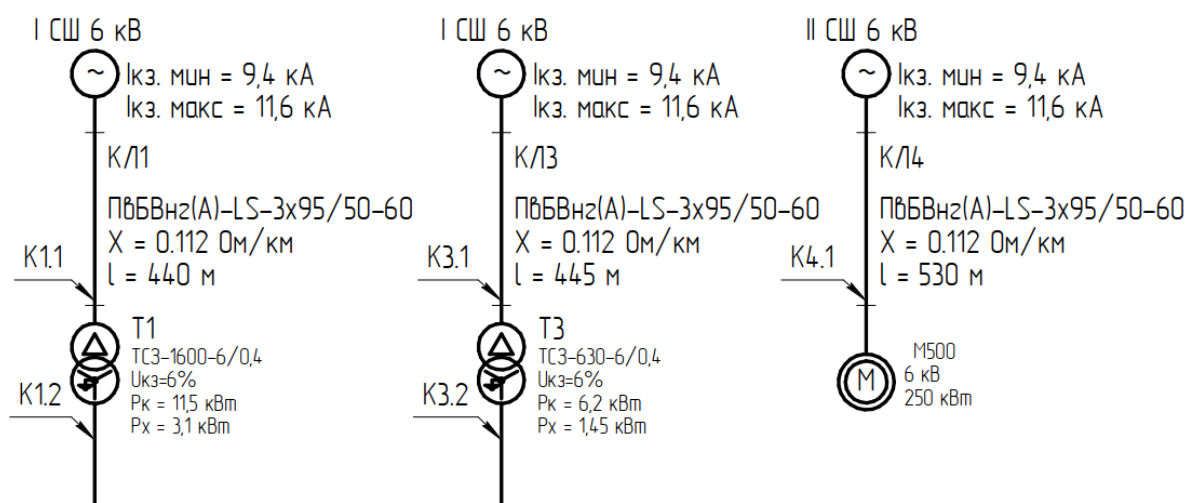


Рисунок 5 – Схема расчета токов короткого замыкания

Поскольку трансформаторы Т1 и Т2 и схемы подвода высокого напряжения к ним идентичные, то расчет выполняется только для участка цепи с трансформатором Т1.

В данном случае схема цепи представляет собой простую цепочку последовательно соединенных элементов, поэтому составлять схему замещения не имеет практического смысла.

Характеристики трансформаторов для расчетов приводятся в таблице 4.

Согласно справочным данным относительное индуктивное сопротивление кабеля ПвБВнг(А)-LS 3х95/25-6 составляет 0,112 Ом/км, а активное – 0,32 Ом/км.

Таблица 4 - Характеристики трансформаторов

№	Тип	S _н , кВА	Каталожные данные				
			U _{ном} , кВ		U _к , %	P _к , кВт	P _х , кВт
			ВН	НН			
Т1	ТСЗ – 1600-6/0,4	1600	6,3	0,4	6	11,5	3,1
Т3	ТСЗ – 630-6/0,4	630	6,3	0,4	6	6,2	1,45

В соответствии с исходными данными источник питания задан токами короткого замыкания в максимальном и минимальном режиме, которые соответственно составляют 11,6 кА и 9,4 кА на напряжении класса 6 кВ.

Поскольку проектируемая система электроснабжения представляет собой дальнейшее развитие существующей системы предприятия, то и доля электроэнергии, потребляемой отдельным производством пластификаторов, в общем объеме потребляемой предприятием энергии из энергосистемы невелика.

Определим минимальную $S_{кзс.мин}$ и максимальную $S_{кзс.макс}$ мощность системы, исходя из заданных токов короткого замыкания в точках подключения производства $I_{кзс.мин}$, $I_{кзс.макс}$ и номинального напряжения сети $U_{ном}$ по формулам (28) и (29):

$$S_{кзс.мин} = \sqrt{3} \cdot I_{кзс.мин} \cdot U_{ном} = \sqrt{3} \cdot 9,4 \cdot 6,3 = 102,6 \text{ МВА}, \quad (28)$$

$$S_{кзс.макс} = \sqrt{3} \cdot I_{кзс.макс} \cdot U_{ном} = \sqrt{3} \cdot 11,6 \cdot 6,3 = 126,6 \text{ МВА}. \quad (29)$$

Мощность трансформаторов питающей производство сети предприятия во много раз превышает мощность, потребляемую производством, поэтому принимаем периодическую составляющую тока короткого замыкания неизменной во времени.

Перейдем к расчету КЗ в точках К1.1, К3.1, К4.1.

За базисную мощность примем $S_6 = 100$ МВА, за базисное напряжение $U_6 = 6,3$ кВ. Тогда базисный ток I_6 в вычислим по формуле (30):

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,16 \text{ кА.} \quad (30)$$

Определим сопротивления системы $X_{с.мин}$, $X_{с.макс}$ и кабельных линий $X_{кл1}$, $X_{кл3}$, $X_{кл4}$ схемы замещения в базисных единицах по формулам (31) – (35):

$$X_{с.мин} = \frac{S_6}{S_{кзс.мин}} = \frac{100}{102,6} = 0,97 \text{ Ом,} \quad (31)$$

$$X_{с.макс} = \frac{S_6}{S_{кзс.макс}} = \frac{100}{126,6} = 0,79 \text{ Ом,} \quad (32)$$

$$X_{кл1} = X_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,112 \cdot 0,44 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,124 \text{ Ом,} \quad (33)$$

$$X_{кл3} = X_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,112 \cdot 0,445 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,126 \text{ Ом,} \quad (34)$$

$$X_{кл4} = X_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,112 \cdot 0,53 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,15 \text{ Ом.} \quad (35)$$

где $X_{уд}$ – удельное индуктивное сопротивление кабеля, Ом/км;

l – длина кабеля, км.

Найдем токи в точках К1.1 – $I_{к1.1.мин}$, $I_{к1.1.макс}$, К3.1 – $I_{к3.1.мин}$, $I_{к3.1.макс}$, К4.1 – $I_{к4.1.мин}$, $I_{к4.1.макс}$ по формулам (36) – (41):

$$I_{к1.1.мин} = \frac{1}{X_{с.мин} + X_{кл1}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,97 + 0,124} \cdot 9,16 = 8,37 \text{ кА,} \quad (36)$$

$$I_{к1.1.макс} = \frac{1}{X_{с.макс} + X_{кл1}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,79 + 0,124} \cdot 9,16 = 10,02 \text{ кА,} \quad (37)$$

$$I_{к3.1.мин} = \frac{1}{X_{с.мин} + X_{кл3}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,97 + 0,126} \cdot 9,16 = 8,37 \text{ кА,} \quad (38)$$

$$I_{к3.1.макс} = \frac{1}{X_{с.макс} + X_{кл1}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,79 + 0,126} \cdot 9,16 = 10,02 \text{ кА}, \quad (39)$$

$$I_{к4.1.мин} = \frac{1}{X_{с.мин} + X_{кл3}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,97 + 0,15} \cdot 9,16 = 8,17 \text{ кА}, \quad (40)$$

$$I_{к4.1.макс} = \frac{1}{X_{с.макс} + X_{кл1}} \cdot I_6 = \frac{1}{0,79 + 0,15} \cdot 9,16 = 9,74 \text{ кА}. \quad (41)$$

Для нахождения ударного тока необходимо определить значение ударного коэффициента. В данной работе определение ударного коэффициента производим по кривой, представленной на рисунке 6, в зависимости от соотношения X/R .

Найдем соотношение X/R для каждой расчетной точки на участке цепи 6 кВ. Подбор ударного коэффициента ведем по максимальному режиму работы системы (формулы 42 – 44):

$$X/R_{к1.1} = \frac{X_{с.макс} + X_{кл1}}{R_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}} = \frac{0,79 + 0,124}{0,32 \cdot 0,44 \cdot \frac{100}{6,3^2}} = 2,57, \quad (42)$$

где $R_{уд}$ – удельное активное сопротивление кабеля, Ом/км.

$$X/R_{к3.1} = \frac{X_{с.макс} + X_{кл3}}{R_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}} = \frac{0,79 + 0,126}{0,32 \cdot 0,445 \cdot \frac{100}{6,3^2}} = 2,55, \quad (43)$$

$$X/R_{к4.1} = \frac{X_{с.макс} + X_{кл4}}{R_{уд} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_6^2}} = \frac{0,79 + 0,15}{0,32 \cdot 0,53 \cdot \frac{100}{6,3^2}} = 2,2. \quad (44)$$

Принимаем значение ударного коэффициента для сети 6 кВ согласно расчетной кривой $K_{уд} = 1,25$. Тогда ударный ток в соответствующих точках составит (формулы 45 – 47):

$$I_{уд1.1} = \sqrt{2} \cdot I_{к1.1.макс} \cdot K_{уд} = \sqrt{2} \cdot 10,02 \cdot 1,25 = 17,71 \text{ кА}, \quad (45)$$

$$I_{уд3.1} = \sqrt{2} \cdot I_{к3.1.макс} \cdot K_{уд} = \sqrt{2} \cdot 10,02 \cdot 1,25 = 17,71 \text{ кА}, \quad (46)$$

$$I_{уд4.1} = \sqrt{2} \cdot I_{к4.1.макс} \cdot K_{уд} = \sqrt{2} \cdot 9,74 \cdot 1,25 = 17,22 \text{ кА}. \quad (47)$$

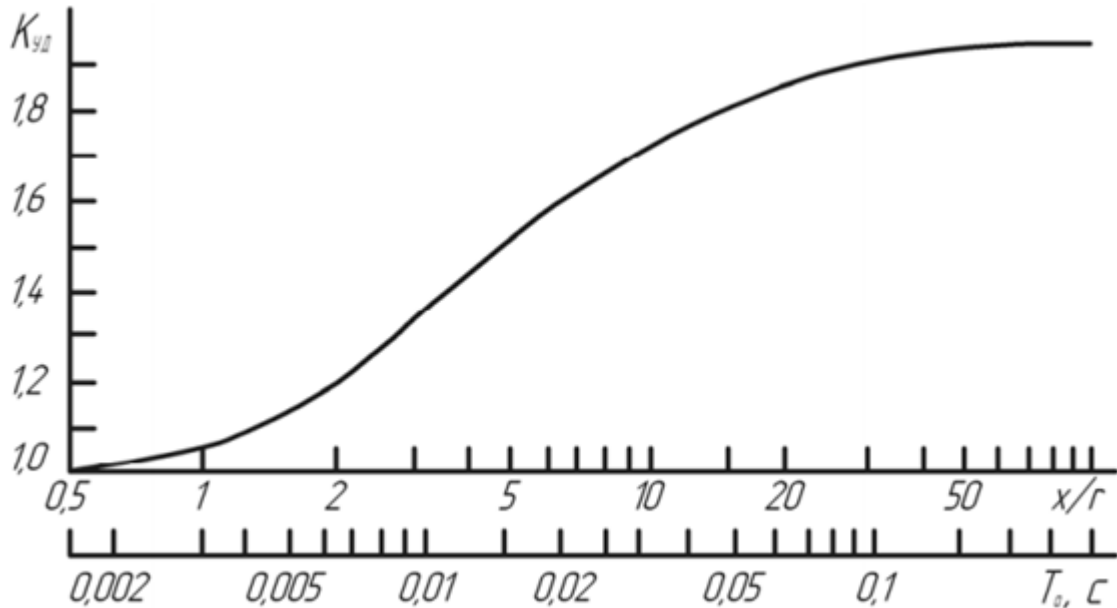


Рисунок 6 - Расчетная кривая определения $K_{уд}$

Перейдем к расчету токов короткого замыкания на стороне 0,4 кВ трансформаторов Т1 и Т3.

Поскольку мощность источников питания задана значением токов короткого замыкания в точке присоединения производства, найдем эквивалентное индуктивное сопротивление системы, приведенное к базисному напряжению по формулам 48 и 49:

$$X_{с.мин} = \frac{U_{ср.НН}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{к.ВН} \cdot U_{ср.ВН}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 8,37 \cdot 6300} = 1,75 \text{ мОм}, \quad (48)$$

где $U_{ср.НН}^2$ – напряжение на стороне низкого напряжения, В;

$U_{ср.ВН}^2$ – напряжение на стороне высокого напряжения, В;

$I_{к.ВН}^2$ – ток трехфазного КЗ на стороне 6 кВ.

$$X_{с.макс} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 10,02 \cdot 6300} = 1,46 \text{ мОм}. \quad (49)$$

Активное сопротивление трансформаторов $R_{Т1}$, $R_{Т3}$ определяется по формулам (50) и (51):

$$R_{Т1} = \frac{P_K \cdot U_{НН.НОМ}^2}{S_{Т.НОМ}^2} \cdot 10^6 = \frac{11,5 \cdot 0,4^2}{1600^2} \cdot 10^6 = 0,72 \text{ мОм}, \quad (50)$$

$$R_{Т3} = \frac{6,2 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 2,5 \text{ мОм}. \quad (51)$$

Индуктивное сопротивление трансформаторов $X_{Т1}$, $X_{Т3}$ определяется по формулам (52) и (53):

$$\begin{aligned} X_{Т1} &= \sqrt{U_K^2 - \left(\frac{100 \cdot P_K}{S_{Т.НОМ}}\right)^2} \cdot \frac{U_{НН.НОМ}^2}{S_{Т.НОМ}} \cdot 10^4 = \\ &= \sqrt{6^2 - \left(\frac{100 \cdot 11,5}{1600}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1600} \cdot 10^4 = 5,97 \text{ мОм}, \end{aligned} \quad (52)$$

$$X_{Т3} = \sqrt{6^2 - \left(\frac{100 \cdot 6,2}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^4 = 33,5 \text{ мОм}. \quad (53)$$

В соответствии с ГОСТ 28249-93 при расчете коротких замыканий в сетях напряжением до 1 кВ необходимо учитывать активное сопротивление дуги. Согласно таблице 2 указанного ГОСТа при расчете КЗ вблизи выходов низшего напряжения трансформаторов сопротивление дуги принимается равным $R_d = 4$ мОм для трансформаторов мощностью 1600 кВА и $R_d = 7$ мОм для трансформаторов мощностью 630 кВА.

Определим полное сопротивление цепей КЗ для точек К1.2 – $Z_{1.мин}$, $Z_{1.макс}$ и К3.2 – $Z_{3.мин}$, $Z_{3.макс}$ по формулам (54) – (57):

$$\begin{aligned} Z_{1.мин} &= \sqrt{(X_{с.мин} + X_{Т1})^2 + (R_{Т1} + R_d)^2} = \\ &= \sqrt{(1,75 + 5,97)^2 + (0,72 + 4)^2} = 9,05 \text{ мОм}, \end{aligned} \quad (54)$$

$$Z_{1.макс} = \sqrt{(X_{с.макс} + X_{Т1})^2 + (R_{Т1} + R_{д})^2} = \quad (55)$$

$$= \sqrt{(1,46 + 5,97)^2 + (0,72 + 4)^2} = 8,8 \text{ мОм},$$

$$Z_{3.мин} = \sqrt{(X_{с.мин} + X_{Т3})^2 + (R_{Т3} + R_{д})^2} = \quad (56)$$

$$= \sqrt{(1,75 + 33,5)^2 + (2,5 + 7)^2} = 36,5 \text{ мОм},$$

$$Z_{3.макс} = \sqrt{(X_{с.макс} + X_{Т3})^2 + (R_{Т3} + R_{д})^2} = \quad (57)$$

$$= \sqrt{(1,46 + 33,5)^2 + (2,5 + 7)^2} = 36,2 \text{ мОм}.$$

Вычислим начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного тока КЗ за трансформатором Т1 – $I_{1п0.мин}$, $I_{1п0.макс}$ и Т3 – $I_{3п0.мин}$, $I_{3п0.макс}$ по формулам (58) – (61):

$$I_{1п0.мин} = \frac{U_{ср.НН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{1.мин}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 9,05} = 25,52 \text{ кА}, \quad (58)$$

$$I_{1п0.макс} = \frac{U_{ср.НН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{1.макс}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,24 \text{ кА}, \quad (59)$$

$$I_{3п0.мин} = \frac{U_{ср.НН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{3.мин}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 6,3 \text{ кА}, \quad (60)$$

$$I_{3п0.макс} = \frac{U_{ср.НН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{3.макс}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 36,2} = 6,37 \text{ кА}. \quad (61)$$

Рассчитаем соотношение X/R и определим значение ударного коэффициента по расчетной кривой. Сопротивление системы определяем исходя из максимального режима работы (формулы 62, 63):

$$X/R_1 = \frac{X_{с.макс} + X_{Т1}}{R_{Т1} + R_{д}} = \frac{1,46 + 5,97}{0,72 + 4} = 2,21, \quad (62)$$

$$X/R_3 = \frac{X_{с.макс} + X_{Т3}}{R_{Т3} + R_{д}} = \frac{1,46 + 33,5}{2,5 + 7} = 4,99. \quad (63)$$

Принимаем значение ударного коэффициента $K_{уд} = 1,25$ для Т1 и $K_{уд} = 1,5$ для Т3. Тогда ударные токи Т1 - $I_{уд1}$ и Т3 - $I_{уд3}$ составят (формулы 64, 65):

$$I_{уд1} = \sqrt{2} \cdot I_{1п0.макс} \cdot K_{уд} = \sqrt{2} \cdot 26,24 \cdot 1,25 = 46,39 \text{ кА}, \quad (64)$$

$$I_{уд3} = \sqrt{2} \cdot I_{3п0.макс} \cdot K_{уд} = \sqrt{2} \cdot 6,37 \cdot 1,5 = 13,5 \text{ кА} \quad (65)$$

Запишем полученные результаты в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты расчета токов трехфазного металлического КЗ

Точка КЗ	$I_{п0.мин}$, кА	$I_{п0.макс}$, кА	$I_{уд}$, кА
К1.1	8,37	10,02	17,71
К1.2	25,52	26,24	46,39
К3.1	8,37	10,02	17,71
К3.2	6,3	6,37	13,5
К4.1	8,17	9,74	17,22

Вывод по разделу: определены начальные действующие значения периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания и ударные токи трехфазного короткого замыкания для максимального и минимального режимов работы питающей сети в выбранных контрольных точках на стороне 6 кВ и 0,4 кВ. Результаты выполнения данного раздела будут использованы в качестве исходных данных при выполнении последующих этапов проектирования системы электроснабжения.

6 Выбор электрооборудования и проводников

Правильный и обоснованный выбор электрооборудования и проводников является одним из ключевых факторов при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий.

К электрооборудованию системы электроснабжения нового производства специальных пластификаторов предъявляются требования, которые необходимо учесть при выборе аппаратов и проводников.

Во-первых, выбираемое оборудование должно обеспечивать максимальную безопасность электротехнического персонала, минимизировать риск ошибочных действий и случайного контакта с токоведущими частями.

Во-вторых, конструкция электрооборудования должна быть унифицированной, что упрощает процесс ремонта, обслуживания и модернизации.

В-третьих, электрооборудование не должно быть громоздким, поскольку свободное место для размещения в помещениях подстанций и электрощитовых ограничено.

В-четвертых, оборудование должно удовлетворять современным требованиям в части возможности интеграции в автоматизированные системы учета и управления энергоресурсами, системами управления производственными процессами.

Перечисленным требованиям в полной мере удовлетворяют современные комплектные распределительные устройства (КРУ).

КРУ – это распределительное устройство, собранное из типовых унифицированных блоков (ячеек) высокой степени готовности, собранных в заводских условиях [9, с. 78-11].

КРУ состоит из металлических шкафов, разделенных на отсеки: отсек сборных шин, отсек релейной защиты и автоматики, отсек кабелей и трансформаторов тока.

В собранном виде комплектное распределительное устройство представляет собой единую конструкцию модульного исполнения.

В данном проекте предлагается к использованию в качестве распределительных устройств и коммутационной аппаратуры электрооборудования фирмы Schneider Electric.

Данная марка оборудования в течение нескольких последних лет успешно применяется в аналогичных проектных решениях, отличается стабильно высоким качеством изготовления, широкой номенклатурой поставляемых изделий совместимых между собой.

На рисунке 7 представлен общий вид комплектного распределительного устройства серии Okken.



Рисунок 7 - КРУ серии Okken

Вначале выберем электрооборудование сети 6 кВ, устанавливаемое в РП-12 и РП-13 в титуле 336а.

Поскольку данный распределительный пункт имеет уже сложившуюся структуру и укомплектован соответствующим оборудованием, то при выборе ячеек 6 кВ необходимо обеспечить совместимость с существующим оборудованием.

Распределительное устройство в 6 кВ в титуле 336а укомплектовано ячейками марки КРУ 2-10-20 УЗ. Внешний вид ячейки представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 - Ячейка 6 кВ существующего РУ

Согласно произведенным ранее вычислениям, расчетный потребляемый ток на стороне 0,4 кВ при аварийном режиме работы $I_{\text{НН}}$ (отказ Т1 или Т2) составляет 2369 А. Следовательно, на стороне 6 кВ при таком режиме работы производства ток $I_{\text{ВН1а}}$ будет составлять (формула 66):

$$I_{\text{ВН1а}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \cdot I_{\text{НН}} = \frac{0,4}{6,3} \cdot 2369 = 150,4 \text{ А}, \quad (66)$$

где $U_{\text{ВН}}$, $U_{\text{НН}}$ – номинальное напряжение на стороне высокого и низкого напряжения, кВ.

Ток короткого замыкания в точках присоединения производства задан значением 11,4 кА в максимальном режиме работы.

Ячейки КРУ марки КРУ-2-10-20 поставляются с минимальным током рабочих цепей 400 А. По формуле (66) был вычислен наибольший ток, приходящийся на одну ячейку РП-12. Поскольку нагрузка на другие линии заведомо ниже, то для всех 4 точек присоединения производства выбираем ячейки КРУ-2-10-20 с номинальным током главных цепей 400 А и с номинальным током отключения выкатного вакуумного выключателя, входящего в комплект поставки ячейки 20 кА.

Выберем измерительные трансформаторы тока.

По условиям электродинамической стойкости в точках присоединения производства при заданной мощности питающей системы установка трансформаторов тока ТОЛ-10 со значением номинального тока первичной обмотки менее 300 А недопустима. Выбор трансформаторов тока проводим по наиболее загруженным ячейкам.

Намечаем к установке трансформаторы тока ТОЛ-10 300/5 классом точности 0,5. Односекундный ток термической стойкости и ток электродинамической стойкости данного трансформатора согласно справочным данным составляют соответственно 31,5 кА и 81 кА, чего достаточно при заданных значениях токов короткого замыкания.

Перейдем к выбору электрооборудования, устанавливаемого в понизительной подстанции титула 500.

Ввод напряжения в трансформаторы Т1, Т2 и Т3 осуществляется через компактное распределительное устройство марки RM6 [6]. Данные ячейки выполняют функции присоединения, питания и защиты трансформаторов. Распределительное устройство RM6 укомплектовано сборными шинами с номинальным током до 630 А.

Распределительные устройства RM6, обозначенные на схеме как ШВВ1, ШВВ2 и ШВВ3 состоят из двух ячеек, с функциями I и В по внутренней номенклатуре Schneider Electric. Внешний вид ячеек показан на рисунке 9.



Рисунок 9 - Распределительное устройство серии RM6

Фрагмент таблицы конфигурации RM6 [6] приводится на рисунке 10 ниже

Функция	Ввод/ отходящие линии	Защита линии
Обозначение	I	B
Устройство	Выключатель нагрузки 630 А	Выключатель 630 А
Одно- линейные схемы		

Рисунок 10 - Функциональное буквенное обозначение ячеек RM6

Критерии выбора и каталожные данные ячеек функций I и B приводятся в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 - Критерии выбора ячейки функции I RM6

Характеристика	Значение	Условие выбора
Номинальное напряжение / наибольшее рабочее напряжение, кВ	6 / 7,2	≥ 6 кВ
Номинальный ток, А	630	> 150
Номинальный пиковый ток, кА	62,5	$> 17,71$
Отключающая способность: (Активная нагрузка), А	630	> 150
Ток включения выключателей нагрузки и заземляющих разъединителей, кА	62,5	$> 17,71$

Таблица 7 - Критерии выбора ячеек функции B RM6

Характеристика	Значение	Условие выбора
Номинальное напряжение / наибольшее рабочее напряжение, кВ	6 / 7,2	≥ 6 кВ
Номинальный ток, А	630	> 150
Ток термической стойкости (1 сек.), кА	25	$> 17,71$
Ток отключения КЗ, кА	25	$> 17,71$
Ток включения, кА	62,5	$> 17,71$

Выбранные распределительные устройства 6 кВ полностью соответствуют расчетным параметрам схемы.

Перейдем к выбору компонентов распределительного устройства 0,4 кВ трансформаторной подстанции в титуле 500.

В качестве базовых компонентов используем серию Okken фирмы Schneider Electric.

Согласно каталогу Schneider Electric, в серии Okken представлено несколько типов функциональных блоков, стандартных шкафов, совместимых коммутационных аппаратов [3].

Различают следующие виды функциональных блоков:

- INC – вводной автоматический выключатель,
- С – секционирующий аппарат,
- ЕС – компенсация реактивной мощности и фильтрация гармоник,
- ED – распределение электроэнергии,
- MC – управление электродвигателем,
- WD – преобразователи частоты, устройства плавного пуска и торможения.

Вначале для каждого элемента схемы на стороне 0,4 кВ определим тип и вид функционального блока и подберем коммутационный аппарат. Выбор оборудования производим по каталогам Schneider Electric ([18], [19], [20]), руководствуясь значениями токов короткого замыкания, мощностью присоединяемой нагрузки и расчетным током нагрузки.

Для выполнения требования по возможности дальнейшего развития системы предусматриваем некоторое количество резервных модулей.

Затем по каталогу производим компоновку распределительного устройства и наносим на план расположения электрооборудования скомпонованное комплектное распределительное устройство (рисунок 11).

Конфигурация РУ 0,4 кВ представлена в таблице 8.

Распределительные шкафы третьей ступени распределения устанавливаются в помещении электрощитовой основного производственного узла титула 500 на отметке 7,2 метра и соединяются с питающими ячейками РУ подстанции кабельными трассами. Каждый такой шкаф представляет собой комплектное распределительное устройство с одной или двумя секциями шин, и устройством АВР (при необходимости).

Намечаем к установке комплектные распределительные устройства серии Okken с глубиной колонны 1200 мм. Ориентируемся на максимальное количество 8 шкафов в каждом распределительном устройстве: 2 колонны ввода + 1 колонна секционирующего аппарата + колонны распределения электроэнергии и управления моторами с учетом резерва. Тогда

резервируемое место в помещении электрощитовой для размещения данных распределительных устройств с учетом стандартной ширины колонны 600/650 мм составит 5,2 x 1,2 м.

Выбор марки проводников, подводящих и отходящих линий шкафов питания третьей ступени будет проведен при выполнении расчетов по релейной защите и автоматике.

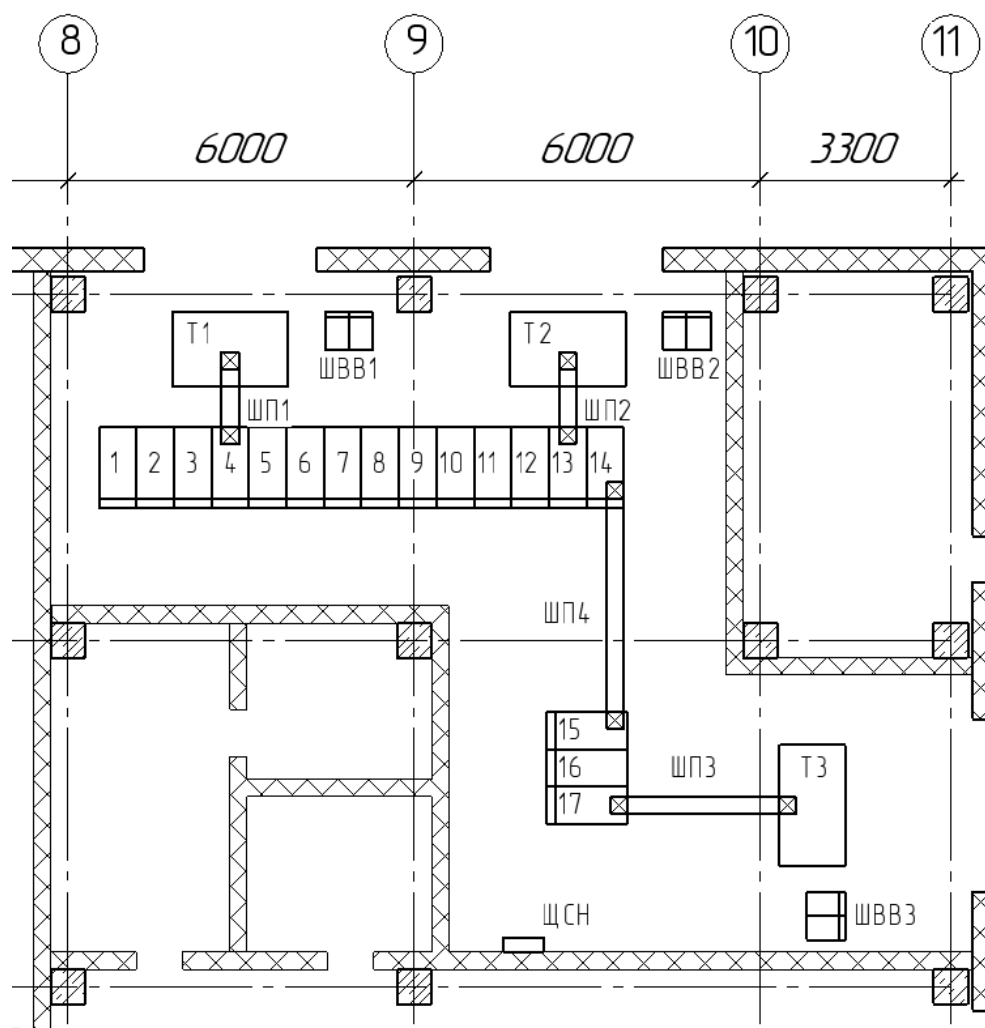


Рисунок 11 - Расположение оборудования в ТП

Таблица 8 - Компоновка РУ 0,4 кВ в подстанции титула 500

QF	с.ш.	Поз. Обозн.	Ввод	Ру, кВт	Ip, А	Вид блока	Тип ФБ	Кол-во модулей	Выключатель	Откл. Способность, кА	Шкаф	№ панели	ДхШ, мм
1QF1	1	ШРП1.1	1	87	159	Polyfast	ED	6	NSX250H	70	70-2	1	650x1400
1QF2	1	ШРП1.2	2	87	166	Polyfast	ED	6	NSX250H	70			
1QF3	1	Резерв	-	-	-	Polyfast		6	-	-			
1QF4	1	Резерв	-	-	-	Выкатной	ED	7	-	-	115	2	650x1400
1QF5	1	ШРП-2	1	341	630	Выкатной	ED	7	NW10-H1	65			
1QF6	1	M401.1		75	134	Выдвижной	MC	8	NSX160H	70	70-2	3	650x1400
1QF7	1	H723.1		300	556	Выкатной	ED	7	NW10-H1	65			
1QF8	1	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
1QF9	1	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
1QF10	1	ГРШО	1	30	51	Polyfast	ED	6	NSX63H	70	70-2	5	650x1400
1QF11	1	ШСВ-1	1	195	396	Polyfast	ED	6	NSX630H	70			
1QF12	1	ШРПАиППУ	2	90	154	Polyfast	ED	6	NSX250H	70			
1QF13	1	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
1QF14	1	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
1QF15	1	КУ-1				На монт. Плате	EC		-	-			
1QF	1	Ввод 1		1205	2369	Выкатной	INC	30	NW40-H3	150	115	4	650x1400
1.2QF	1.2	Секц. 1-2		1205	2369	Выкатной	C	30	NW40-H3	150	115	7	650x1400

Продолжение таблицы 8

QF	с.ш.	Поз. Обозн.	Ввод	Ру, кВт	Ip, А	Вид блока	Тип ФБ	Кол-во модулей	Выключатель	Откл. Способность, кА	Шкаф	№ панели	ДхШ, мм
2QF	2	Ввод 2		1205	2369	Выкатной	INC	30	NW40-H3	150	115	13	650x1400
2QF1	2	ШРП1.2	1	87	166	Polyfast	ED	6	NSX250H	70	70-2	8	650x1400
2QF2	2	ШРП1.1	2	87	159	Polyfast	ED	6	NSX250H	70			
2QF3	2	ШРПАиППУ	1	90	154	Polyfast	ED	6	NSX250H	70			
2QF4	2	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
2QF5	2	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
2QF6	2	M401.2		75	134	Выдвижной	MC	8	NSX160H	70	70-2	10	650x1400
2QF7	2	H723.2		300	556	Выкатной	ED	7	NW10-H1	65	115	11	650x1400
2QF8	2	PK201		380	679	Выкатной	ED	7	NW10-H1	65			
2QF9	2	Резерв	-	-	-	Выкатной	ED	7	-	-			
2QF10	2	ГРШО	2	30	51	Polyfast	ED	6	NSX63H	70	70-2	12	650x1400
2QF11	2	ШСВ-1	2	195	396	Polyfast	ED	6	NSX630H	70			
2QF12	2	M142.1		75	134	Выдвижной	MC	8	NSX160H	70			
2QF13	2	ШРП-2	2	341	630	Выкатной	ED	7	NW10-H1	65	70-2	9	650x1400
2QF14	2	Резерв	-			Выкатной	ED	7	-	-	PFC	14	650x1400
2QF15	2	КУ-2				На монт. Плате	EC		-	-			
2.3QF	2.3			1205	2369	Выкатной	C	30	NW40-H3	150	115	15	650x1400
3QF	3	Ввод 3		1205	2369	Выкатной	INC	30	NW40-H3	150	115	17	650x1400
3QF1	3	ШЭО-1		233	358	Polyfast	ED	6	NSX400H	70	70-2	16	650x1400
3QF2	3	ШЭО-2		206	313	Polyfast	ED	6	NSX400H	70			
3QF3	3	ШЭО-3		150	228	Polyfast	ED	6	NSX250H	70			
3QF4	3	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			
3QF5	3	Резерв	-	-	-	Polyfast	ED	6	-	-			

Вывод по разделу: задали критерии выбора электрооборудования для данного проекта, выбрали марку и конфигурацию ячеек распределительного устройства 6 кВ (титул 336а), выбрали коммутационные аппараты и трансформаторы тока для КРУ титула 336а, выбрали вводное устройство 6 кВ для размещения в подстанции титула 500, сформировали конфигурацию комплектного распределительного устройства, произвели выбор коммутационных и защитно-коммутационных аппаратов 0,4 кВ, определили расположение электрооборудования на плане, заложили исходные данные для компоновки распределительных устройств 0,4 кВ третьей ступени распределения. Выбранное электрооборудование на напряжение 6 кВ было проверено по условиям термической стойкости и максимальных значений коммутируемых токов. Произведенные расчеты показывают, что выбранное электрооборудование удовлетворяет заданным требованиям.

7 Расчет релейной защиты и автоматики

В процессе эксплуатации систем электроснабжения могут возникать перегрузки отдельных участков сети, короткие замыкания, резкие понижения напряжения и другие ненормальные режимы работы питающих электросетей [13, с. 281-315].

Для защиты электрических цепей от ненормальных режимов работы в системах электроснабжения предусматривают устройства защиты.

Правилами устройства электроустановок определены основные требования, предъявляемые к системам релейной защиты. Это селективность, быстродействие, надежность и чувствительность [14, с. 212-235].

Селективность – это способность определять поврежденный участок цепи и отключать только его. Быстродействие заключается в обеспечении наименьшего времени отключения КЗ. Надежность – это отключение выключателей защищаемого объекта при всех возможных его отклонениях от допустимых режимов работы и неотключение при нормальных режимах. Чувствительность – это способность защиты реагировать на все виды повреждений и аварийных режимов, которые могут возникнуть на защищаемом объекте.

Среди наиболее распространённых видов защит в системах электроснабжения можно выделить токовые защиты, токовые направленные защиты, дифференциальные защиты и дистанционную защиту [12].

В данном проекте предусматривается защита электрооборудования и проводников защитной аппаратурой при превышении тока в цепи выше допустимого.

Для большинства электроприемников в данной работе для обеспечения необходимого уровня защиты достаточно оснастить питающие линии защитно-коммутационным аппаратом с двумя расцепителями: электромагнитным и тепловым.

Электромагнитный расцепитель предназначен для защиты от короткого замыкания, а тепловой для защиты проводника от перегрева вследствие превышения длительно допустимого тока.

Для отходящих линии подстанции выбираем марку кабеля ПвБбШв. Выбор сечений проводников проводим по длительно допустимому току, согласно справочным данным [7], а также по условиям термической стойкости.

Длительность короткого замыкания для цепей с выкатными выключателями принимаем 0,07 сек, а для остальных цепей 0,05 сек (поправка, учитывающая время работы устройств релейной защиты и собственное время отключения выключателя).

Допустимый тепловой импульс кабеля и тепловой импульс короткого замыкания B определяем по формуле (67):

$$B = I^2 \cdot t \quad (67)$$

где I – допустимый ток односекундного КЗ кабеля или ток КЗ,
 t – время протекания тока КЗ.

Ток срабатывания теплового расцепителя для автоматических выключателей NSX рассчитывается как произведение настраиваемых уставок I_0 и χ_0 .

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя для автоматических выключателей NSX рассчитывается как произведение настраиваемых уставок I_0 , χ_0 , χ_{lr} . Последний коэффициент устанавливает кратность превышения тока в линии по отношению к току срабатывания теплового расцепителя.

Ток срабатывания теплового расцепителя формируется из расчетного тока в линии с учетом возможного кратковременного превышения на 5-10% выше расчетного.

Для выкатных выключателей NW10 вычисляется только ток срабатывания максимальной токовой защиты, при превышении которого на управляющий цепи выключателя должен поступить управляющий сигнал на размыкание цепи.

Значения уставок подбираются таким образом, чтобы ток срабатывания тепловой защиты был примерно на 10% выше расчетного тока нормальной работы подключенной электроустановки, но при этом не превышал длительный допустимый ток кабеля.

Ток срабатывания токовой отсечки вычисляется как произведение расчетного тока и поправочного коэффициента 1,25.

Расчет выполнен в программе MS Excel 2019. Результаты расчета представлены в таблице 9 ниже.

Вывод по разделу: рассчитали уставки срабатывания устройств релейной защиты и автоматики, выбрали проводники по условию термической стойкости.

Таблица 9 - Расчет РЗиА отходящих линии подстанции

Исходные данные						Выбрано						Расчет			
QF	Р _y , кВт	И _p , А	КА	t _{к.з.} , с	I _{п0} , кА	Кабель	I _{доп} , А	I _{кз} при t=1 с, кА	И _о , А	xI _о	xI _r	В _{доп} , МДж	В _{кз} , МДж	I _{сз.эм} , А	I _{сз.т} , А
1QF1	87	159	NSX250H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	175	0,95	3	42	34	499	166
1QF2	87	166	NSX250H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	180	0,95	3	42	34	513	171
1QF5	341	630	NW10-H1	0,07	26,24	5x300	688	41,6	-	-	-	1734	48	-	650
1QF6	75	134	NSX160H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	150	0,95	3	42	34	428	143
1QF7	300	556	NW10-H1	0,07	26,24	5x240	598	33,3	-	-	-	1110	48	-	570
1QF10	30	51	NSX63H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	60	0,95	3	42	34	171	57
1QF11	195	396	NSX630H	0,05	26,24	5x150	437	20,3	430	0,95	3	410	34	1226	409
1QF12	90	154	NSX250H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	170	0,95	3	42	34	485	162
2QF1	87	166	NSX250H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	180	0,95	3	42	34	513	171
2QF2	87	159	NSX250H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	175	0,95	3	42	34	499	166
2QF3	90	154	NSX250H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	170	0,95	3	42	34	485	162
2QF6	75	134	NSX160H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	150	0,95	3	42	34	428	143
2QF7	300	556	NW10-H1	0,07	26,24	5x240	598	33,3	-	-	-	1110	48	-	570
2QF8	380	679	NW10-H1	0,07	26,24	5x300	688	41,6	-	-	-	1734	48	-	690
2QF10	30	51	NSX63H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	60	0,95	3	42	34	171	57
2QF11	195	396	NSX630H	0,05	26,24	5x150	437	20,3	430	0,95	3	410	34	1226	409
2QF12	75	134	NSX160H	0,05	26,24	5x50	194	6,5	150	0,95	3	42	34	428	143
2QF13	341	630	NW10-H1	0,07	26,24	5x300	688	41,6	-	-	-	1734	48	-	650
3QF1	233	358	NSX400H	0,05	26,24	5x120	381	16,4	390	0,95	3	270	34	1112	371
3QF2	206	313	NSX400H	0,05	26,24	5x95	327	13,0	345	0,95	3	170	34	983	328
3QF3	150	228	NSX400H	0,05	26,24	5x70	265	9,4	250	0,95	3	88	34	713	238

8 Расчет заземления зданий и сооружений

Расчет параметров заземляющих устройств является неотъемлемой частью проектных изысканий в электроэнергетике.

В данном проекте для сетей напряжением ниже 1000 В применяется система заземления TN-S.

В системе TN-S все открытые проводящие части электроустановки соединены отдельным нулевым защитным проводником PE непосредственно с заземляющим устройством источника питания [13, с. 316-329].

Согласно требованиям правил устройства электроустановок, сопротивление заземляющих устройств, к которому присоединяются нейтрали трансформаторов должно быть не более 4 Ом.

В данном разделе выпускной квалификационной работы производится выработка решений по конструктивному выполнению заземляющего устройства основного производственного узла (титул 500), в котором расположена понизительная подстанция 6/0,4 кВ.

Производство специальных пластификаторов расположено в г. Пермь. Почва в месте строительства состоит из суглинка и грунта. Приближенное среднее значение удельного сопротивления земли ρ составляет 100 Ом \cdot м.

При расчете значения сопротивления грунта необходимо учитывать климатическую зону объекта. Справочные данные для нахождения уточняющего коэффициента выбираем согласно справочным данным (таблица 9.2 [13] стр. 323).

Анализ метеорологических данных из открытых источников в сети Интернет показывает, что г. Пермь относится к климатической зоне I.

Принимаем поправочный коэффициент $K_{мг} = 5,8$ и $K_{мв} = 1,9$.

Предварительно намечаем следующую конфигурацию заземляющего устройства (ориентируемся на методические указания [13, с. 316-329]). Заземляющее устройство состоит из вертикальных заземлителей, выполненных из стального уголка, соединенных между собой в замкнутый

прямоугольник горизонтальными стальными стержнями по периметру здания. Для подсоединения к контуру электрооборудования подстанции, предусматривается горизонтальный участок длиной до 20 метров.

Намечаем для использования в качестве вертикального заземлителя стальной уголок 75x75x8 мм. В качестве горизонтального заземлителя – стальной стержень диаметром $d = 0,012$ м. Длина вертикальных заземлителей 2,5 м. Глубина залегания горизонтального стержня $l = 0,5$ м.

Найдем сопротивление одиночного заземлителя из уголка R_{oy} по упрощенной формуле (68):

$$R_{oy} = 0,292 \cdot \rho \cdot K_{MB} = 0,292 \cdot 100 \cdot 1,9 = 55,48 \text{ Ом} \quad (68)$$

По справочным данным выберем коэффициенты использования вертикальных заземлителей и горизонтальных соединительных полос (см. таблицу 9.5 [13], стр. 326).

Размер заземляющего устройства составляет 65 на 25 метров, следовательно, его периметр 180 м.

Выбираем между вертикальными заземлителями расстояние 7,5 метров. Тогда общее количество вертикальных заземлителей n составит 24 шт.

Методом интерполяции подберем коэффициенты использования: $\mu_v = 0,7$, $\mu_r = 0,46$.

Длина горизонтальных заземлителей, с учетом прокладки отрезка внутри периметра заземляющего устройства для подсоединения электрооборудования подстанции составит $180 + 20 = 200$ метров.

Определим сопротивление горизонтальных заземлителей растеканию зарядов $R_{гк}$ по формуле (69):

$$R_{гк} = \frac{0,366}{l} \rho K_{Mг} \lg \frac{2l^2}{dt} = \frac{0,366}{200} 100 \cdot 5,8 \cdot \lg \frac{2 \cdot 200^2}{0,012 \cdot 0,5} = 7,56 \text{ Ом} \quad (69)$$

При определении общего сопротивления всего заземляющего контура требуется учесть взаимное экранирующее влияние одиночных вертикальных заземлителей и горизонтальных соединительных полос. Для этого используются выбранные ранее коэффициенты использования.

Сопротивление растеканию зарядов вертикальных заземлителей R_B с учетом их экранирующего влияния определяется по формуле (70):

$$R_B = \frac{R_{0y}}{n \cdot \mu_B} = \frac{55,48}{24 \cdot 0,7} = 3,3 \text{ Ом/} \quad (70)$$

Сопротивление растеканию зарядов горизонтальных заземлителей R_r с учетом их экранирующего влияния определяется по формуле (71):

$$R_r = \frac{R_{rk}}{\mu_r} = \frac{7,56}{0,46} = 16,43 \text{ Ом} \quad (71)$$

Сопротивление всего заземляющего устройства R_{3y} найдем по формуле (72):

$$R_{3y} = \frac{R_r \cdot R_B}{R_r + R_B} = \frac{16,43 \cdot 3,3}{16,43 + 3,3} = 2,75 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом} \quad (72)$$

Вывод по разделу: выбрали систему заземления для распределительной сети 0,4 кВ TN-S, произвели выбор конструкции заземляющего устройства, рассчитали его сопротивление. Выбранное заземляющее устройство подходит для использования в данном проекте.

9 Молниезащита зданий и сооружений

Разработка комплекса мер защиты от грозových перенапряжений является необходимым условием при разработке проектов электроснабжения вновь строящихся объектов производства.

Нормативно-правовая база по молниезащите в России, в основном, представлена следующими документами:

- РД.34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений;
- СО 153-34.21,122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [15].

Проектируемый объект относится ко II категории по молниезащите и подлежит защите от прямых ударов молнии, вторичных её проявлений, от заноса высоких потенциалов по внешним металлическим коммуникациям.

В рамках выполнения данной работы рассматривается защита производственных зданий от прямых ударов молнии.

В качестве молниеприемников используется круглый проводник из оцинкованной стали диаметром 8 мм. Соединение молниеприемников с заземлителями выполняется при помощи стальной полосы 4x40 мм.

Рассчитаем расположение молниеприемников и определим защитные зоны. Также вычислим надежность системы молниезащиты подстанции, число отключений подстанции и грозоупорность.

Ниже дается описание методики расчета. Расчет выполнялся в программе MS Excel 2019.

По справочным данным из открытых источников в сети Интернет определяем, что число грозových часов в году в городе Пермь составляет в среднем $n = 40-60$. Принимаем данный параметр равным 50.

Вначале строительным планам находим габариты защищаемых зданий (a, b, h_x) и намечаем минимальное и максимальное расстояние между

молниеприемниками (l_1, l_2). Тогда предельное расстояние между молниеприемниками L равно:

$$L = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}. \quad (73)$$

Затем подбираем значение превышения высоты молниеотводов над высотой защищаемого объекта h_a , таким образом, чтобы выполнялось неравенство:

$$8h_a \geq \frac{L}{8}. \quad (74)$$

Определяем высоту молниеприемника h :

$$h = h_a + h_x. \quad (75)$$

Проверяем условие обеспечения защиты от прямых ударов молнии:

$$L \leq 8 \cdot h_a. \quad (76)$$

Находим высоту вершины конуса для стержневого молниеотвода h_0 :

$$h_0 = 0,92 \cdot h. \quad (77)$$

Вычисляем радиус защиты стержневого молниеотвода на высоте защищаемого объекта r_x и на уровне земли r_0 :

$$r_x = 1,5 \cdot \left(h - \frac{1,1}{h_x} \right), \quad (78)$$

$$r_0 = 1,5 \cdot h. \quad (79)$$

Определяем высоту средней части попарно взятых молниеотводов для молниеотводов с наименьшим h_{min1} и наибольшим h_{min2} расстоянием:

$$h_{min1} = h_0 - 0,14 \cdot (l_1 - h), \quad (80)$$

$$h_{min2} = h_0 - 0,14 \cdot (l_2 - h). \quad (81)$$

Находим ширину средней части зоны попарно взятых молниеприемников (для ближайших r_{cx1} и удаленных r_{cx2}):

$$r_{cx1} = r_0 \cdot \frac{h_{min1} - h_x}{h_{min1}}, \quad (82)$$

$$r_{cx2} = r_0 \cdot \frac{h_{min2} - h_x}{h_{min2}}. \quad (83)$$

Далее переходим к расчету надежности системы защиты зданий от прямых ударов молнии.

Число ударов молнии в здание в год N :

$$N = 0,06 n(a + 10h)(b + 10h) \cdot 10^{-6}. \quad (84)$$

Примем следующие значения вероятностных характеристик надежности молниезащиты:

$\Psi_n = 10^{-3}$ – вероятность прорыва молнии сквозь зону молниезащиты;

$\Psi_i = 0,68$ – вероятность перекрытия изоляции при прямом ударе молнии;

$\Psi_g = 0,7$ – вероятность перехода импульсного перекрытия в дугу.

Тогда число выхода из строя электрооборудования γ , размещенного в здании, составит:

$$\gamma = N \cdot \psi_n \cdot \Psi_i \cdot \Psi_g. \quad (85)$$

Показатель грозоупорности здания m найдем по формуле (86):

$$m = \frac{1}{\gamma}. \quad (86)$$

Результаты расчета по приведенной выше методике сведены в таблицу 10.

Зоны молниезащиты для каждого здания или сооружения приводятся в графической части.

Вывод по разделу: выбрали местоположение и размеры молниеприемников, рассчитали защитные зоны. Выполненные расчеты показывают, что зоны защиты молниеприемников охватывают здания и сооружения, подлежащие защите от прямых ударов молнии.

Таблица 10 – Расчет параметров молниезащиты

	ОПУ	УПТХТК	НУ	СХСГП	НСХСГП	АСНЭСГП	НУНВОТ
a, м	58	18	61	83	32	20	18
b, м	25	21	13	31	9	19	17
h_x, м	24	12	18	18	6	10	10
n, ч	50	50	50	50	50	50	50
l₁, м	24	20	12	31	8	9	17
l₂, м	36	10	48	36	16	18	18
L, м	43	22	49	48	18	20	25
8h_a	48	24	56	56	24	24	32
L/8	5,4	2,8	6,2	5,9	2,2	2,5	3,1
h_a, м	6	3	7	7	3	3	4
h, м	30	15	25	25	9	13	14
h₀, м	27,7	13,8	23,0	23,0	8,3	12,0	12,9
r_x, м	44,9	22,4	37,4	37,4	13,2	19,3	20,8
r₀, м	45	22,5	37,5	37,5	13,5	19,5	21
h_{min1}, м	28,4	13,1	24,8	22,2	8,4	12,5	12,5
h_{min2}, м	26,8	14,5	19,8	21,5	7,3	11,3	12,3
r_c, м	45	22,5	37,5	37,5	13,5	19,5	21
r_{cx1}, м	7,0	1,9	10,3	7,0	3,9	3,9	4,1
r_{cx2}, м	4,6	3,9	3,4	6,0	2,4	2,2	4,0
N	0,349	0,0862	0,245	0,281	0,0362	0,0672	0,0744
ψ_n	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
ψ_i	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
ψ_g	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Υ	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
m	6019	24376	8574	7484	57980	31249	28230

Заключение

Проектирование системы электроснабжения современного производственного предприятия (объекта) представляет собой сложную многоаспектную задачу, требующего комплексного подхода.

В ходе решения детально прорабатываются вопросы совместимости технических средств друг с другом, обеспечивается безопасность и удобство эксплуатации, предусматриваются возможности для будущего развития системы, её укрупнения и модернизации, вырабатываются мероприятия по выполнению норм охраны труда и окружающей среды. Принимаемые проектные решения проверяются на соответствие требований нормативной документации.

При проектировании систем электроснабжения необходимо учитывать специфику конкретного производственного объекта, уровень его автоматизации и цифровизации, перспективы развития, географическое местоположение, плотности энергетических нагрузок и множество других факторов. Для выработки оптимальных проектных решений необходимо понимание технологических процессов, происходящих на объекте и их взаимосвязь друг с другом.

В ходе выполнения работы был проведен анализ методик проектирования систем электроснабжения предприятий. Были изучены принципы, применяемые при проектировании систем электроснабжения, углублены, закреплены и систематизированы знания, полученные при изучении электротехнических дисциплин.

При выборе электрооборудования на стороне 0,4 и 6 кВ была изучена номенклатура электротехнических изделий фирмы Schneider Electric, получен опыт практической работы с каталогами поставщиков электрооборудования. Были получены навыки выбора оборудования, совместимого друг с другом в рамках одного технического решения.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система электроснабжения нового производства специальных пластификаторов, в полной мере соответствующая исходным требованиям. Выработанные проектные решения обеспечивают необходимый уровень надежности электроснабжения производственных объектов, сохраняется запас мощности трансформаторов на перспективу развития предприятия, роста его энергоемкости.

Спроектированная система является достаточно гибкой и масштабируемой, поскольку содержит в себе узлы с компоновкой модульного типа и позволяет без глубокой модернизации системы электроснабжения доукомплектовывать распределительные устройства новыми ячейками. Выбранное комплектное оборудование позволяет в перспективе выполнить интеграцию с системами диспетчерского управления и учета энергоресурсов.

Список используемых источников

1. Вахнина В. В., Черненко А. Н. Системы электроснабжения: электронное учеб. пособие / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко., - 46 с. URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/2943>, Тольятти: ТГУ, 2015.
2. Вахнина В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В.В. Вахнина [и др.]; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. «Электроснабжение и электротехника». – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 78 с. – Режим доступа: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/2976>
3. Высоконадежные низковольтные комплектные устройства Okken. Возможности и примеры применения. Каталог 2014. [Электронный ресурс]: <https://download.schneider-electric.com> (дата обращения: 30.09.2021)
4. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28249-93> (дата обращения: 15.08.2021)
5. ГОСТ Р 52735-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200052838> (дата обращения: 15.08.2021)
6. Каталог 2019. RM6 Компактное распределительное устройство с элегазовой изоляцией 6, 10, 20 кВ. [Электронный ресурс]: <https://download.schneider-electric.com/> (дата обращения: 30.09.2021)
7. КПС - Кабельная поисковая система. Более 500 складов [Электронный ресурс]: <https://k-ps.ru/> (дата обращения: 10.09.2021).
8. Миронова А. Н. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок : учебное пособие / А.Н. Миронова, Ю.М. Мионов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 470 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/949144. —

ISBN 978-5-16-013686-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 21.08.2021).

9. Немировский А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. - 4-е изд., доп. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 174 с. - ISBN 978-5-9729-0404-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 16.09.2021).

10. Ополева Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учебное пособие / Г. Н. Ополева. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 416 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-8199-0769-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 03.09.2021).

11. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1-6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10 / под редакцией А. М. Меламед. — 7-е изд. — Москва : ЭНАС, 2015. — 560 с. — ISBN 978-5-4248-0031-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/76937.html> (дата обращения: 10.09.2021).

12. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / В.И. Бирюлин, А.Н. Горлов, Д.В. Куделина [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 197 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1058880. - ISBN 978-5-16-015811-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 25.08.2021).

13. Сибикин Ю. Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. — 383 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-00091-740-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 05.09.2021).

14. Сибикин Ю. Д. Электроснабжение предприятий добычи и переработки нефти и газа : учебник / Ю. Д. Сибикин. — Москва : ФОРУМ :

ИНФРА-М, 2020. — 352 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-00091-715-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 07.09.2021)

15. Устройство молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций: Сборник документов. Серия 17. Выпуск 27 / Колл. авт. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследования проблем промышленной безопасности», 2017. — 144 с.

16. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 136 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013424-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 18.09.2021).

17. Щербаков Е. Ф. Электрические аппараты : учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 303 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-688-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com> (дата обращения: 29.09.2021).

18. ComPact NSX & NSXm. Catalog 2019. Molded-case circuit breakers and switch-disconnectors from 16 to 630A up to 690V [Электронный ресурс]: <https://download.schneider-electric.com> (дата обращения: 30.09.2021)

19. MasterPact NT and NW. Catalog 2020. LV air circuit breakers and switch-disconnectors [Электронный ресурс]: <https://download.schneider-electric.com> (дата обращения: 20.09.2021)

20. Panel Builders & Contractors. 2020 Product Catalogue [Электронный ресурс]: <https://download.schneider-electric.com> (дата обращения: 20.09.2021)

Приложение А
Перечень электроприемников

Таблица А.1– Перечень электроприемников

Поз. обозн.	Кат. надежн. ЭС	Вид оборудования	Примечание	Отметка, м	Ки	cos φ	Р _у , кВт
Нагрузка 6 кВ							
Узел приема, транспортировки и хранения твердых кислот							
МК500	I	компрессор		0	0,75	0,85	250,0
Нагрузка 0,4 кВ							
Узел приема, транспортировки и хранения твердых кислот							
<i>Оборудование технологическое</i>							
ЗУХТ	II	Зарядное ус-во		0	0,60	0,90	2,0
НУ7, НУ7а	I	насос		0	0,75	0,82	0,4
НУ8, НУ8а	I	насос		4,8	0,75	0,82	0,3
НУ9, НУ9а	I	насос		4,8	0,75	0,82	0,3
М142.1	I	мешалка		10,8	0,8	0,85	75,0
Н411.1, Н411.2	I	насос		0	0,75	0,82	45,0
<i>Оборудование вентиляционное</i>							
П12, П12а	I	Вентилятор		0	0,65	0,80	4,0
П13, П13а	I	Вентилятор		4,8	0,65	0,80	0,4
П14, П14а	I	Вентилятор		4,8	0,65	0,80	0,4
В8, В8а	I	Вентилятор		13	0,65	0,80	1,5
В9, В9а	I	Вентилятор		13	0,65	0,80	0,2
<i>Осветительная нагрузка</i>							
ОСВ-500.1	I	освещение			0,65	0,88	2,5
Основной производственный узел							
<i>Оборудование технологическое</i>							
Н515	I	насос		0	0,75	0,82	3,0
Н713	I	насос		0	0,75	0,82	18,5
Н404.1, Н404.2	I	насос		0	0,75	0,82	30,0
Н401.1, Н401.2	I	насос		0	0,75	0,82	3,0
Н402.1, Н402.2	I	насос		0	0,75	0,82	2,2
Н412	I	насос		0	0,75	0,82	0,6
Н103	I	насос		0	0,75	0,82	6,3
Н503.1, Н503.2	I	насос		0	0,75	0,82	18,5
Н101	I	насос		0	0,75	0,82	0,1
Н403	I	насос		0	0,75	0,82	2,2
Н502	I	насос		0	0,75	0,82	2,2
Н514	I	насос		0	0,75	0,82	7,5
ЦТПШУ	II	теплопункт		0	0,80	0,75	30,0
М401.1, М401.2	I	мешалка		7,2	0,8	0,85	75,0
М501.1	I	мешалка		7,2	0,8	0,85	11,0
М501.2	I	мешалка		7,2	0,8	0,85	11,0
ЭН	III	водонагреватель		0	0,6	1,00	1,2

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Поз. обозн.	Кат. надежн. ЭС	Вид оборудования	Примечание	Отметка, м	Ки	cos φ	Р _у , кВт
Н204.1, Н204.2	I	насос		0	0,75	0,82	15,0
ЭО-500	II	электрообогрев	трубопроводов	0	0,6	1,00	200,0
<i>Оборудование вентиляционное</i>							
В4	I	Вентилятор		0	0,65	0,80	4,0
П11	I	Вентилятор		0	0,65	0,80	2,0
П1	I	Вентилятор		7,2	0,65	0,80	15,0
НУ1	I	насос		7,2	0,75	0,82	1,6
П4, П4а	I	Вентилятор		7,2	0,65	0,80	0,8
НУ4, НУ4а	I	насос		7,2	0,75	0,82	0,3
П5, П5а	I	Вентилятор		7,2	0,65	0,80	2,2
НУ5, НУ5а	I	насос		7,2	0,75	0,82	0,4
П3, П3а	I	Вентилятор		7,2	0,65	0,80	3,0
НУ3, НУ3а	I	насос		7,2	0,75	0,82	0,4
П6, П6а	I	Вентилятор		7,2	0,65	0,80	0,6
НУ6	I	насос		7,2	0,75	0,82	0,3
П2	I	Вентилятор		7,2	0,65	0,80	15,0
НУ2	I	насос		7,2	0,75	0,82	1,6
В3, В3а	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	7,5
В2, В2а	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	7,5
В1, В1а	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	11,0
В6	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	7,5
В7	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	7,5
П7	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	11,0
П8	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	11,0
П9	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	11,0
П10, П10а	I	Вентилятор		кровля	0,65	0,80	7,5
К2, К2.1	I	кондиционер		0	0,75	0,88	3,6
К3, К3.1	I	кондиционер		0	0,75	0,88	3,6
К4, К4.1	I	кондиционер		0	0,75	0,88	3,6
К1	I	кондиционер		кровля	0,85	0,62	24,4
К1а	I	кондиционер		кровля	0,85	0,62	24,4
<i>Оборудование АСУТП и СС</i>							
ШТК500	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	3,0
ШТК ИБП	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	15,0
ШТК1	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	2,0
PD01	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	35,0
PD02	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	5,0
<i>Оборудование КИП</i>							
1ШУ	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	3,0
2ШУ	I о.г.	шкаф		0	0,8	0,90	3,0

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Поз. обозн.	Кат. надежн. ЭС	Вид оборудования	Примечание	Отметка, м	Ки	cos φ	Р _у , кВт
3ШУ	I о.г.	шкаф	пож.	0	0,8	0,90	2,0
4ШУ	I о.г.	шкаф	пож.	0	0,8	0,90	2,0
5ШУ	I о.г.	шкаф	пож.	0	0,8	0,90	2,0
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-500.2	I	освещение		0	0,65	0,88	10,0
Наружная установка							
<i>Оборудование технологическое</i>							
H712	I	насос		0	0,75	0,82	18,5
H701.1, H701.2	I	насос		0	0,75	0,82	1,1
H721	I	насос		0	0,75	0,82	3,0
H731.1, H731.2	I	насос		0	0,75	0,82	0,4
H732.1, H732.2	I	насос		0	0,75	0,82	0,4
H733.1, H733.2	I	насос		0	0,75	0,82	0,8
H306	I	насос		0	0,75	0,82	5,5
ГД701.1, ГД701.2	I	газодувка		0	0,85	0,62	7,5
H303.1, H303.2	I	насос		0	0,75	0,82	4,0
H304.1, H304.2	I	насос		0	0,75	0,82	0,1
H511.1, H511.2	I	насос		0	0,75	0,82	5,5
H512.1, H512.2	I	насос		0	0,75	0,82	6,3
H513.1, H513.2	I	насос		0	0,75	0,82	7,5
H301.1, H301.2	I	насос		0	0,75	0,82	3,7
H302.1, H302.2	I	насос		0	0,75	0,82	2,2
H305	I	насос		0	0,75	0,82	1,5
PK201	I	вакуумная уст-ка		7,2	0,95	0,85	380,0
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-500.3	I	освещение		0	0,65	0,88	3,5
Склад хранения сырья и готовой продукции							
<i>Оборудование технологическое</i>							
ЭО-501	II	электрообогрев	трубопроводов	0	0,6	1,00	206,0
<i>Оборудование КИП</i>							
КИП-501	I			0	0,7	0,90	4,0
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-501	I	освещение		0	0,65	0,88	6,0
Насосная склада хранения сырья и готовой продукции							
<i>Оборудование технологическое</i>							
H110	I	насос		0	0,75	0,82	18,5
H605	I	насос		0	0,75	0,82	22,0
H603	I	насос		0	0,75	0,82	22,0
H602	I	насос		0	0,75	0,82	22,0
H108	I	насос		0	0,75	0,82	15,0

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Поз. обозн.	Кат. надежн. ЭС	Вид оборудования	Примечание	Отметка, м	Ки	cos φ	Р _у , кВт
Н606	I	насос		0	0,75	0,82	15,0
Н601	I	насос		0	0,75	0,82	30,0
Н604	I	насос		0	0,75	0,82	22,0
Н107	I	насос		0	0,75	0,82	15,0
Н102	I	насос		0	0,75	0,82	7,5
Н608	I	насос		0	0,75	0,82	18,5
<i>Оборудование КИП</i>							
КИП-502	I			0	0,7	0,90	5,0
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-502	I	освещение		0	0,65	0,88	2,0
Автомобильная сливная и наливная эстакада сырья и готовой продукции							
<i>Оборудование технологическое</i>							
Н104	I	насос		0	0,75	0,82	15,0
Н105	I	насос		0	0,75	0,82	7,5
<i>Оборудование КИП</i>							
КИП-503	I			0	0,7	0,90	1,0
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-503	I	освещение		0	0,65	0,88	1,0
Печь нагрева ВОТ							
<i>Оборудование технологическое</i>							
РК721.1, РК721.2	I	дымосос		0	0,95	0,85	20,0
<i>Оборудование КИП</i>							
КИП-504.1	I			0	0,7	0,90	3,5
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-504.1	I	освещение		0	0,65	0,88	0,4
Наружная установка насосной ВОТ							
<i>Оборудование технологическое</i>							
Н722	I	насос		0	0,75	0,82	20,0
Н723.1, Н723.2	I		раб.	0	0,75	0,82	300,0
<i>Оборудование КИП</i>							
КИП-504.2	I			0	0,7	0,90	2,6
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-504.2	I	освещение		0	0,65	0,88	0,6
Ресивер воздуха КИП и азота							
<i>Оборудование КИП</i>							
КИП-506	I			0	0,7	0,90	1,5
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-506	I	освещение		0	0,65	0,88	0,5
Внутриплощадочные эстакады, проезды и площадки							
<i>Оборудование технологическое</i>							

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Поз. обозн.	Кат. надежн. ЭС	Вид оборудования	Примечание	Отметка, м	Ки	cos φ	Р _у , кВт
ЭО-507	II	электрообогрев	трубопроводов	0	0,6	1,00	150,0
<i>Оборудование осветительное</i>							
ОСВ-508	I	освещение		0	0,65	0,88	3,0

Приложение Б
Расчет нагрузок по цехам производства

Таблица Б.1 – Расчет электрических нагрузок по производству

Нагрузка установленная					Нагрузка усредненная (сменная)										Нагрузка расчетная				
tg φ	cos φ	Ки	Рy, кВт	ΣРy, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Нагрузка 6 кВ																			
МК500	- 0,88	0,75	0,85	250,0	250	212,5	- 187,4	283,3	- 0,88	0,75	213	-187	283	1,0	0,85	0,90	191	-206	281
Нагрузка 0,4 кВ																			
Узел приема, транспортировки и хранения твердых кислот (УПТХТК)																			
ЗУХТ	0,48	0,90	0,60	2,0	-	1,2	0,6	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ7, НУ7а	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ8, НУ8а	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ9, НУ9а	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
М142.1	0,62	0,85	0,80	75,0	-	60,0	37,2	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н411.1, Н411.2	0,70	0,82	0,75	45,0	-	33,8	23,6	41,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П12, П12а	0,75	0,80	0,65	4,0	-	2,6	2,0	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П13, П13а	0,75	0,80	0,65	0,4	-	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П14, П14а	0,75	0,80	0,65	0,4	-	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В8, В8а	0,75	0,80	0,65	1,5	-	1,0	0,7	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В9, В9а	0,75	0,80	0,65	0,2	-	0,1	0,1	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-500.1	0,54	0,88	0,65	2,5	-	1,6	0,9	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по УПТХТК:					132	-	-	-	0,65	0,84	102	66	121	2,3	0,77	1,00	102	72	125
Основной производственный узел (ОПУ)																			
Н515	0,70	0,82	0,75	3,0	-	2,3	1,6	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н713	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н404.1, Н404.2	0,70	0,82	0,75	30,0	-	22,5	15,7	27,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н401.1, Н401.2	0,70	0,82	0,75	3,0	-	2,3	1,6	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная				
tg φ	cos φ	Ки	Рy, кВт	ΣРy, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Н402.1, Н402.2	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н412	0,70	0,82	0,75	0,6	-	0,5	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н103	0,70	0,82	0,75	6,3	-	4,7	3,3	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н503.1, Н503.2	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н101	0,70	0,82	0,75	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н403	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н502	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н514	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЦТПШУ	0,88	0,75	0,80	30,0	-	24,0	21,2	32,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
М401.1, М401.2	0,62	0,85	0,80	75,0	-	60,0	37,2	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
М501.1	0,62	0,85	0,80	11,0	-	8,8	5,5	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
М501.2	0,62	0,85	0,80	11,0	-	8,8	5,5	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЭН	0,00	1,00	0,60	1,2	-	0,7	0,0	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Н204.1, Н204.2	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЭО-500	0,00	1,00	0,60	200,0	-	120,0	0,0	120,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В4	0,75	0,80	0,65	4,0	-	2,6	2,0	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П11	0,75	0,80	0,65	2,0	-	1,3	1,0	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П1	0,75	0,80	0,65	15,0	-	9,8	7,3	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ1	0,70	0,82	0,75	1,6	-	1,2	0,8	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П4, П4а	0,75	0,80	0,65	0,8	-	0,5	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ4, НУ4а	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П5, П5а	0,75	0,80	0,65	2,2	-	1,4	1,1	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ5, НУ5а	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П3, П3а	0,75	0,80	0,65	3,0	-	2,0	1,5	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ3, НУ3а	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П6, П6а	0,75	0,80	0,65	0,6	-	0,4	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ6	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П2	0,75	0,80	0,65	15,0	-	9,8	7,3	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
tg φ	cos φ	Ки	Рy, кВт	ΣРy, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
НУ2	0,70	0,82	0,75	1,6	-	1,2	0,8	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
В3, В3а	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
В2, В2а	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
В1, В1а	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
В6	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
В7	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
П7	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
П8	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
П9	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
П10, П10а	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
К2, К2.1	0,53	0,88	0,75	3,6	-	2,7	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
К3, К3.1	0,53	0,88	0,75	3,6	-	2,7	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
К4, К4.1	0,53	0,88	0,75	3,6	-	2,7	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
К1	1,27	0,62	0,85	24,4	-	20,7	26,3	33,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
К1а	1,27	0,62	0,85	24,4	-	20,7	26,3	33,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ШТК500	0,48	0,90	0,80	3,0	-	2,4	1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ШТК ИБП	0,48	0,90	0,80	15,0	-	12,0	5,8	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ШТК1	0,48	0,90	0,80	2,0	-	1,6	0,8	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PD01	0,48	0,90	0,80	35,0	-	28,0	13,6	31,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PD02	0,48	0,90	0,80	5,0	-	4,0	1,9	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1ШУ	0,48	0,90	0,80	3,0	-	2,4	1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2ШУ	0,48	0,90	0,80	3,0	-	2,4	1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3ШУ	0,48	0,90	0,80	2,0	-	1,6	0,8	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4ШУ	0,48	0,90	0,80	2,0	-	1,6	0,8	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5ШУ	0,48	0,90	0,80	2,0	-	1,6	0,8	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OCB-500.2	0,54	0,88	0,65	10,0	-	6,5	3,5	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Итого по ОПУ					708	-	-	-	0,55	0,88	502	278	574	9,5	0,71	0,90	452	305	545	
Наружная установка (НУ)																				
Н712	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Нагрузка установленная					Нагрузка усредненная (сменная)										Нагрузка расчетная				
tg φ	cos φ	Ки	Рy, кВт	ΣРy, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H701.1, H701.2	0,70	0,82	0,75	1,1	-	0,8	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H721	0,70	0,82	0,75	3	-	2,3	1,6	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H731.1, H731.2	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H732.1, H732.2	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H733.1, H733.2	0,70	0,82	0,75	0,8	-	0,6	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H306	0,70	0,82	0,75	5,5	-	4,1	2,9	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГД701.1, ГД701.2	1,27	0,62	0,85	7,5	-	6,4	8,1	10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H303.1, H303.2	0,70	0,82	0,75	4	-	3,0	2,1	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H304.1, H304.2	0,70	0,82	0,75	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H511.1, H511.2	0,70	0,82	0,75	5,5	-	4,1	2,9	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H512.1, H512.2	0,70	0,82	0,75	6,3	-	4,7	3,3	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H513.1, H513.2	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H301.1, H301.2	0,70	0,82	0,75	3,7	-	2,8	1,9	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H302.1, H302.2	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H305	0,70	0,82	0,75	1,5	-	1,1	0,8	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PK201	0,62	0,85	0,95	380	-	361,0	223,7	424,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCB-500.3	0,54	0,88	0,65	3,5	-	2,3	1,2	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по НУ					452	-	-	-	0,64	0,84	415	265	492	1,4	0,92	1,14	473	291	556
Склад хранения сырья и готовой продукции (СХСГП)																			
ЭО-501	0,00	1	0,6	206	-	123,6	0,0	123,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КИП-501	0,48	0,9	0,7	4	-	2,8	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCB-501	0,54	0,88	0,65	6	-	3,9	2,1	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по СХСГП					216	-	-	-	0,03	1,00	130	3	130	1,1	0,60	1,33	173	4	173
Насосная склада хранения сырья и готовой продукции (НСХСГП)																			
H110	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H605	0,70	0,82	0,75	22	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H603	0,70	0,82	0,75	22	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H602	0,70	0,82	0,75	22	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Нагрузка установленная					Нагрузка усредненная (сменная)										Нагрузка расчетная				
tg φ	cos φ	Ки	Рy, кВт	ΣРy, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H108	0,70	0,82	0,75	15	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H606	0,70	0,82	0,75	15	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H601	0,70	0,82	0,75	30	-	22,5	15,7	27,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H604	0,70	0,82	0,75	22	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H107	0,70	0,82	0,75	15	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H102	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H608	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КИП-502	0,48	0,9	0,7	5	-	3,5	1,7	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-502	0,54	0,88	0,65	2	-	1,3	0,7	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по НСХСГП:					215	-	-	-	0,69	0,82	160	111	195	10,7	0,75	0,90	144	111	182
Автомобильная сливная и наливная эстакада сырья и готовой продукции (АСНЭСГП)																			
H104	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H105	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КИП-503	0,48	0,90	0,70	1,0	-	0,7	0,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-503	0,54	0,88	0,65	1,0	-	0,7	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по АСНЭСГП:					25	-	-	-	0,68	0,83	18	12	22	2,1	0,74	1,00	18	14	23
Печь нагрева ВОТ (ПНВОТ)																			
PK721.1, PK721.2	0,62	0,85	0,95	20,0	-	19,0	11,8	22,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КИП-504.1	0,48	0,90	0,70	3,5	-	2,5	1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-504.1	0,54	0,88	0,65	0,4	-	0,3	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по ПНВОТ:					24	-	-	-	0,60	0,86	22	13	25	1,4	0,91	1,14	25	14	29
Наружная установка насосной ВОТ (НУНВОТ)																			
H722	0,70	0,82	0,75	20,0	-	15,0	10,5	18,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H723.1, H723.2	0,70	0,82	0,75	300,0	-	225,0	157,1	274,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КИП-504.2	0,48	0,90	0,70	2,6	-	1,8	0,9	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-504.2	0,54	0,88	0,65	0,6	-	0,4	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по НУНВОТ:					323	-	-	-	0,70	0,82	242	169	295	1,2	0,75	1,14	276	185	333
Ресивер воздуха КИП и азота (РВКИП)																			

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Нагрузка установленная					Нагрузка усредненная (сменная)										Нагрузка расчетная				
tg φ	cos φ	Ки	Рy, кВт	ΣРy, кВт	Рс, кВт	Qc, квар	Sc, кВА	tg φ ср	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQc, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
КИП-506	0,48	0,90	0,70	1,5	-	1,1	0,5	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-506	0,54	0,88	0,65	0,5	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по РВКИП					2	-	-	-	0,50	0,90	1	1	2	1,6	0,69	1,14	2	1	2
Внутриплощадочные эстакады, проезды и площадки (ВЭАиП)																			
ЭО-507	0,00	1,00	0,6	150	-	90,0	0,0	90,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОСВ-508	0,54	0,88	0,65	3	-	2,0	1,1	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по ВЭАиП					153	-	-	-	0,01	1,00	92	1	92	1,0	0,60	1,14	105	1	105
Расчет нагрузок производству																			
УПТХТК	0,65	0,84	0,77	132,0	-	101,6	65,9	121,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ОПУ	0,55	0,88	0,71	707,6	-	501,9	277,5	573,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУ	0,64	0,84	0,92	451,5	-	415,0	264,7	492,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
СХСГП	0,03	1,00	0,60	216,0	-	130,3	3,5	130,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НСХСГП	0,69	0,82	0,75	214,5	-	160,4	111,0	195,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
АСНЭСГП	0,68	0,83	0,74	24,5	-	18,2	12,5	22,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ПНВОТ	0,60	0,86	0,91	23,9	-	21,7	13,1	25,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
НУНВОТ	0,70	0,82	0,75	323,2	-	242,2	168,6	295,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
РВКИП	0,50	0,90	0,69	2,0	-	1,4	0,7	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ВЭАиП	0,01	1,00	0,60	153,0	-	92,0	1,1	92,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого нагрузка 0,4 кВ:					2 248	-	-	-	0,55	0,88	1685	919	1919	5,4	0,75	0,94	1584	1010	1879
Итого нагрузка 6 кВ:					250	-	-	-	0,88	0,75	213	-187	283	1,0	0,85	0,90	191	-206	281
Итого по производству:					2 498	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1775	804	1949

Приложение В
Расчет нагрузок по шкафам распределения питания

Таблица В.1 – Расчет электрических нагрузок производства с группировкой по ШРП

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Py, кВт	ΣPy, кВт	Pc, кВт	Qc, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣPc, кВт	ΣQc, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Kp	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ШРП-1.1																				
НУ7	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
НУ8а	0,70	0,82	0,00	0,3	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
НУ9	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
Н411.2	0,70	0,82	0,00	45,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,4
Н404.1	0,70	0,82	0,75	30,0	-	22,5	15,7	27,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,6
Н402.2	0,70	0,82	0,00	2,2	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
Н401.1	0,70	0,82	0,75	3,0	-	2,3	1,6	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
Н503.2	0,70	0,82	0,00	18,5	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3
Н204.1	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8
Н701.2	0,70	0,82	0,00	1,1	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
Н731.1	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
Н732.2	0,70	0,82	0,00	0,4	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
Н733.1	0,70	0,82	0,75	0,8	-	0,6	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
ГД701.2	1,27	0,62	0,00	7,5	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,4
Н303.1	0,70	0,82	0,75	4,0	-	3,0	2,1	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,4
Н304.2	0,70	0,82	0,00	0,1	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
Н511.1	0,70	0,82	0,75	5,5	-	4,1	2,9	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,2
Н512.2	0,70	0,82	0,00	6,3	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,7
Н513.1	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,9
Н302.2	0,70	0,82	0,00	2,2	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
РК721.1	0,62	0,85	0,95	20,0	-	19,0	11,8	22,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,7
Н301.2	0,70	0,82	0,00	3,7	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9
Итого по ШРП-1.1:					87	-	-	-	0,68	0,83	69	47	84	3,8	0,80	0,91	63	51	81	124

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Ру, кВт	ΣРу, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ШРП-1.2																				
НУ7а	0,70	0,82	0,00	0,4	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
НУ8	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
НУ9а	0,70	0,82	0,00	0,3	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
Н411.1	0,70	0,82	0,75	45,0	-	33,8	23,6	41,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,4
Н404.2	0,70	0,82	0,00	30,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,6
Н402.1	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
Н401.2	0,70	0,82	0,00	3,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
Н503.1	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3
Н204.2	0,70	0,82	0,00	15,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8
Н701.1	0,70	0,82	0,75	1,1	-	0,8	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
Н731.2	0,70	0,82	0,00	0,4	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
Н732.1	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
Н733.2	0,70	0,82	0,00	0,8	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
ГД701.1	1,27	0,62	0,85	7,5	-	6,4	8,1	10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,4
Н303.2	0,70	0,82	0,00	4,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,4
Н304.1	0,70	0,82	0,75	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
Н511.2	0,70	0,82	0,00	5,5	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,2
Н512.1	0,70	0,82	0,75	6,3	-	4,7	3,3	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,7
Н513.2	0,70	0,82	0,00	7,5	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,9
Н302.1	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
РК721.2	0,62	0,85	0,00	20,0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,7
Н301.1	0,70	0,82	0,75	3,7	-	2,8	1,9	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9
Итого по ШРП-1.2					87	-	-	-	0,75	0,80	66	50	83	2,6	0,76	0,91	60	55	81	124
ШРП-2																				
Н515	0,70	0,8	0,8	3,0	-	2,3	1,6	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
Н713	0,70	0,8	0,8	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3
Н412	0,70	0,8	0,8	0,6	-	0,5	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1
Н103	0,70	0,8	0,8	6,3	-	4,7	3,3	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,7
Н101	0,70	0,8	0,8	0,1	-	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Ру, кВт	ΣРу, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
H403	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
H502	0,70	0,82	0,75	2,2	-	1,7	1,2	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
H514	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,9
M501.1	0,62	0,85	0,80	11,0	-	8,8	5,5	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,7
M501.2	0,62	0,85	0,80	11,0	-	8,8	5,5	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,7
H712	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3
H721	0,70	0,82	0,75	3,0	-	2,3	1,6	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6
H306	0,70	0,82	0,75	5,5	-	4,1	2,9	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,2
H305	0,70	0,82	0,75	1,5	-	1,1	0,8	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8
H110	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3
H605	0,70	0,82	0,75	22,0	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,8
H603	0,70	0,82	0,75	22,0	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,8
H602	0,70	0,82	0,75	22,0	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,8
H108	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8
H606	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8
H601	0,70	0,82	0,75	30,0	-	22,5	15,7	27,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,6
H604	0,70	0,82	0,75	22,0	-	16,5	11,5	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,8
H107	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8
H102	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,9
H608	0,70	0,82	0,75	18,5	-	13,9	9,7	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3
H104	0,70	0,82	0,75	15,0	-	11,3	7,9	13,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,8
H105	0,70	0,82	0,75	7,5	-	5,6	3,9	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,9
H722	0,70	0,82	0,75	20,0	-	15,0	10,5	18,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,1
Итого по ШРП-2					341	-	-	-	0,69	0,82	257	178	312	19,3	0,75	0,9	231	178	292	443
ШСВ-1																				
П12, П12а	0,75	0,80	0,65	4,0	-	2,6	2,0	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,6
П13, П13а	0,75	0,80	0,65	0,4	-	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8
П14, П14а	0,75	0,80	0,65	0,4	-	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8
В8, В8а	0,75	0,80	0,65	1,5	-	1,0	0,7	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8
В9, В9а	0,75	0,80	0,65	0,2	-	0,1	0,1	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Ру, кВт	ΣРу, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
В4	0,75	0,80	0,65	4,0	-	2,6	2,0	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,6
П11	0,75	0,80	0,65	2,0	-	1,3	1,0	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,8
П1	0,75	0,80	0,65	15,0	-	9,8	7,3	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,5
НУ1	0,70	0,82	0,75	1,6	-	1,2	0,8	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
П4, П4а	0,75	0,80	0,65	0,8	-	0,5	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
НУ4, НУ4а	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
П5, П5а	0,75	0,80	0,65	2,2	-	1,4	1,1	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,2
НУ5, НУ5а	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
П3, П3а	0,75	0,80	0,65	3,0	-	2,0	1,5	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7
НУ3, НУ3а	0,70	0,82	0,75	0,4	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
П6, П6а	0,75	0,80	0,65	0,6	-	0,4	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1
НУ6	0,70	0,82	0,75	0,3	-	0,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
П2	0,75	0,80	0,65	15,0	-	9,8	7,3	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,5
НУ2	0,70	0,82	0,75	1,6	-	1,2	0,8	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
В3, В3а	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,2
В2, В2а	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,2
В1, В1а	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,9
В6	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,2
В7	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,2
П7	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,9
П8	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,9
П9	0,75	0,80	0,65	11,0	-	7,2	5,4	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,9
П10, П10а	0,75	0,80	0,65	7,5	-	4,9	3,7	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,2
К2, К2.1	0,53	0,88	0,75	3,6	-	2,7	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2
К3, К3.1	0,53	0,88	0,75	3,6	-	2,7	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2
К4, К4.1	0,53	0,88	0,75	3,6	-	2,7	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2
К1	1,27	0,62	0,85	24,4	-	20,7	26,3	33,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,8
К1а	1,27	0,62	0,85	24,4	-	20,7	26,3	33,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,8
Итого по ШСВ-1					195	-	-	-	0,89	0,75	138	123	185	15,2	0,71	0,9	124	123	175	265
ШЭО-1																				

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Ру, кВт	ΣРу, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ЭО-500	0,00	1,0	0,6	200,0	-	120,0	0,0	120,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	303,9
ЗУХТ	0,48	0,9	0,6	2,0	-	1,2	0,6	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4
ЦТПШУ	0,88	0,8	0,8	30,0	-	24,0	21,2	32,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,8
ЭН	0,00	1,0	0,6	1,2	-	0,7	0,0	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8
Итого по ШЭО-1					233	-	-	-	0,15	0,99	146	22	148	1,3	0,63	1,14	166	24	168	255
ШЭО-2																				
ЭО-501	0,00	1,0	0,6	206,0	206	123,6	0,0	123,6	0,00	1	124	0	124	20,0	0,60	0,9	111	0	111	313,0
ШЭО-3																				
ЭО-507	0,00	1,0	0,6	150,0	150	90,0	0,0	90,0	0,00	1	90	0	90	20,0	0,60	0,9	81	0	81	227,9
ГРШО																				
ОСВ-500.1	0,54	0,9	0,7	2,5	-	1,6	0,9	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3
ОСВ-500.2	0,54	0,9	0,7	10,0	-	6,5	3,5	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,3
ОСВ-500.3	0,54	0,9	0,7	3,5	-	2,3	1,2	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0
ОСВ-501	0,54	0,9	0,7	6,0	-	3,9	2,1	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,4
ОСВ-502	0,54	0,9	0,7	2,0	-	1,3	0,7	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5
ОСВ-503	0,54	0,9	0,7	1,0	-	0,7	0,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7
ОСВ-504.1	0,54	0,9	0,7	0,4	-	0,3	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7
ОСВ-504.2	0,54	0,9	0,7	0,6	-	0,4	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
ОСВ-506	0,54	0,9	0,7	0,5	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9
ОСВ-508	0,54	0,9	0,7	3,0	-	2,0	1,1	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2
Итого по ГРШО					30	-	-	-	0,54	0,88	19	10	22	5,1	0,65	0,94	18	11	21	32
ШРПАиШУ																				
ШТК500	0,48	0,90	0,80	3,0	-	2,4	1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1
ШТК ИБП	0,48	0,90	0,80	15,0	-	12,0	5,8	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,3
ШТК1	0,48	0,90	0,80	2,0	-	1,6	0,8	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4
PD01	0,48	0,90	0,80	35,0	-	28,0	13,6	31,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,1
PD02	0,48	0,90	0,80	5,0	-	4,0	1,9	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4
1ШУ	0,80	0,90	0,80	3,0	-	2,4	1,9	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8
2ШУ	0,80	0,90	0,80	3,0	-	2,4	1,9	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8
3ШУ	0,80	0,90	0,80	2,0	-	1,6	1,3	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Ру, кВт	ΣРу, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4ШУ	0,80	0,90	0,80	2,0	-	1,6	1,3	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9
5ШУ	0,80	0,90	0,80	2,0	-	1,6	1,3	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9
КИП-501	0,48	0,90	0,70	4,0	-	2,8	1,4	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8
КИП-502	0,48	0,90	0,70	5,0	-	3,5	1,7	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4
КИП-503	0,48	0,90	0,70	1,0	-	0,7	0,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7
КИП-504.1	0,48	0,90	0,70	3,5	-	2,5	1,2	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9
КИП-504.2	0,48	0,90	0,70	2,6	-	1,8	0,9	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4
КИП-506	0,48	0,90	0,70	1,50	-	1,1	0,5	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
Итого по ШРПАиППУ					90	-	-	-	0,53	0,88	70	37	79	5,1	0,78	0,93	65	41	77	116
Нормальный режим работы																				
I секция сборных шин																				
ШРП-1.1	0,68	0,83	0,80	86,9	-	69,2	46,8	83,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	159,4
ШРП-2	0,69	0,82	0,75	340,9	-	256,8	177,9	312,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	630,1
М401.1	0,62	0,85	0,80	75,0	-	60,0	37,2	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134,1
Н723.1	0,70	0,82	0,75	300,0	-	225,0	157,1	274,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	555,9
ГРШО	0,54	0,88	0,65	29,5	-	19,2	10,3	21,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,9
ШСВ-1	0,89	0,75	0,71	194,8	-	137,9	122,9	184,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	396,5
Итого по I секции с.ш.					1 027	-	-	-	0,72	0,81	768	552	946	4,1	0,75	0,97	745	607	961	1460
II секция сборных шин																				
ШРП-1.2	0,75	0,80	0,75	87,3	-	65,8	49,5	82,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	166,0
ШРПАиППУ	0,53	0,88	0,78	89,6	-	69,9	36,9	79,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	153,9
М401.2	0,62	0,85	0,80	75,0	-	60,0	37,2	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134,1
Н723.2	0,70	0,82	0,75	300,0	-	225,0	157,1	274,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	555,9
РК201	0,62	0,85	0,95	380,0	-	361,0	223,7	424,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	679,2
М142.1	0,62	0,85	0,80	75,0	-	60,0	37,2	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	134,1
Итого по II секции с.ш.					1 007	-	-	-	0,64	0,84	842	542	1001	3,9	0,84	0,97	816	596	1011	1536
III секция сборных шин																				
ШЭО-1	0,15	0,99	0,71	233,2	-	165,1	24,6	166,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	358,2
ШЭО-2	0,00	1,00	0,60	206,0	-	123,6	0,0	123,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	313,0
ШЭО-3	0,00	1,00	0,60	150,0	-	90,0	0,0	90,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	227,9

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

Нагрузка установленная						Нагрузка усредненная (сменная)									Нагрузка расчетная					
Поз. Обозн.	tg φ	cos φ	Ки	Ру, кВт	ΣРу, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	tg φ ср.	cos φ ср	ΣРс, кВт	ΣQс, квар	ΣSc, кВА	пэ	Ки ср	Кр	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Итого по III секции с.ш.					589	-	-	-	0,06	1,00	379	25	380	2,9	0,64	1,08	409	27	410	623
Итого:					2248	-	-	-	0,54	0,88	1703	924	1938	9,3	0,76	0,9	1533	1016	1839	2795
Аварийный режим работы																				
Отказ трансформатора Т1 или Т2					1 659	-	-	-	0,68	0,83	1325	899	1601	6,5	0,80	0,91	1205	989	1560	2369