

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

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

Электроснабжение  
(направленность (профиль))

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему «Реконструкция электрооборудования и электрохозяйства  
Жигулевского хлебозавода»

Студент(ка)	<u>Е.В. Нехожин</u>	<u>(личная подпись)</u>
	(И.О. Фамилия)	
Руководитель	<u>Д.А. Кретов</u>	<u>(личная подпись)</u>
	(И.О. Фамилия)	
Консультанты	<u>(И.О. Фамилия)</u>	<u>(личная подпись)</u>
	<u>(И.О. Фамилия)</u>	<u>(личная подпись)</u>

**Допустить к защите**

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## **Аннотация**

Темой выпускной квалификационной работы является реконструкция системы электроснабжения ОАО “Жигулевский хлебозавод”.

Основной целью выпускной квалификационной работы является проектирование новой, простой и максимально эффективной системы энергоснабжения предприятия. За счет повышения надежности электроснабжения данная система позволяет расширить объемы производства. Предложенные мероприятия по реконструкции являются экономически выгодными и позволяют снизить затраты на обслуживание оборудования и электроэнергию, которая используется в производственном процессе данного предприятия.

Чтобы выполнить поставленные задачи были произведены расчеты всех нагрузок, расчет токов КЗ, выполнен анализ текущего состояния энергосистемы предприятия. Произведен выбор выключателей и кабелей, выбор типа, числа и мощности трансформаторов. Также произведена комплексная замена трансформаторной подстанции.

Выпускная квалификационная работа включает в себя пояснительную записку, объемом 62 листа, содержащей 4 таблиц и 6 рисунков, а также включает графическую часть, которая выполнена на шести листах формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика объекта проектирования.....	6
1.1 Категория потребителя по надежности электроснабжения.....	8
1.2 Режим работы нейтрали.....	9
2 Расчет силовых нагрузок предприятия. Выбор величины питающего напряжения.....	10
2.1 Расчет мощности потребителей.....	10
2.2 Расчет осветительной нагрузки цеха.....	26
3 Выбор трансформаторов для предприятия с учетом компенсации реактивной мощности.....	28
4 Выбор трансформаторов тока, автоматических выключателей, шинопроводов и кабелей.....	39
5 Расчет токов короткого замыкания.....	56
6 Монтаж КТП.....	57
Заключение.....	59
Список использованных источников.....	60
Приложение А.....	63

## Введение

Современные условия рыночной экономики всегда подталкивают предпринимателей к поиску средств, обеспечивающих увеличение прибыли. Поэтому, чтобы предприятие функционировало и успешно развивалось необходимо пользоваться некоторыми методами, которые этому способствуют. Если обобщить, то можно объединить эти методы в три пути. Первый из них – это удержание цены на том же уровне на продукцию данного предприятия, второй – уменьшение затрачиваемых средств на производство продукции, что ведет к некоторой потере качества, и последний – это увеличение объема производимой продукции. Все это, так или иначе, позволяет получать дополнительные средства.

На многих российских предприятиях зачастую принимают расходы на энергоносители как накладные. Это грубая ошибка, так как данные расходы очень остро отражаются на конечной себестоимости выпускаемой продукции. Эта стоимость включает в себя весьма большую часть от этих расходов. Именно поэтому для данного вида затрат необходимо отдельное, нацеленное управление.

В условиях российской экономики цены на энергоносители имеют тенденцию к повышению. Для больших производственных предприятий данный вопрос актуален как никогда, и это вполне естественно. Из-за естественных условий рыночной экономики иногда происходит уменьшение спроса на производимую этим предприятием продукцию, это ведет к тому, что производственную мощность следом уменьшают. Снижения мощности бывают крайне велики, вплоть до 90 процентов от запланированной. Данное снижение мощностей приносит для предприятий дополнительные затраты, для содержания мощностей которые не используются.

Электроэнергетика – это весьма большая отрасль промышленности, которую включает народное хозяйство, она определяет энергосбережение. Частью данной отрасли также являются и системы электроснабжения.

В России проблемы электроснабжения являются очень актуальными, особенно в последнее время. Города растут, и именно поэтому требуется увеличение объемов производства, а также его расширение. В связи с этим приходится производить замену устаревшего и частично утратившего свои качества оборудования на более современное и производительное. Необходимо модернизировать всю систему электроснабжения, для этого и применяются различные расчетные методы для сетей энергоснабжения.

Основной задачей данного курсового проекта является реконструкция текущей системы электроснабжения ОАО “Жигулевский хлебозавод” в связи с расширением производства, а также износом использующейся аппаратуры.

## 1 Краткая характеристика объекта проектирования

Жигулевский хлебозавод был построен и введен в эксплуатацию в 1952 году. Данный завод является крупным поставщиком хлебобулочных и кондитерских изделий, а также газированных безалкогольных напитков во всей Самарской области. Ассортимент продукции завода насчитывает более 150 различных наименований хлебобулочных изделий.

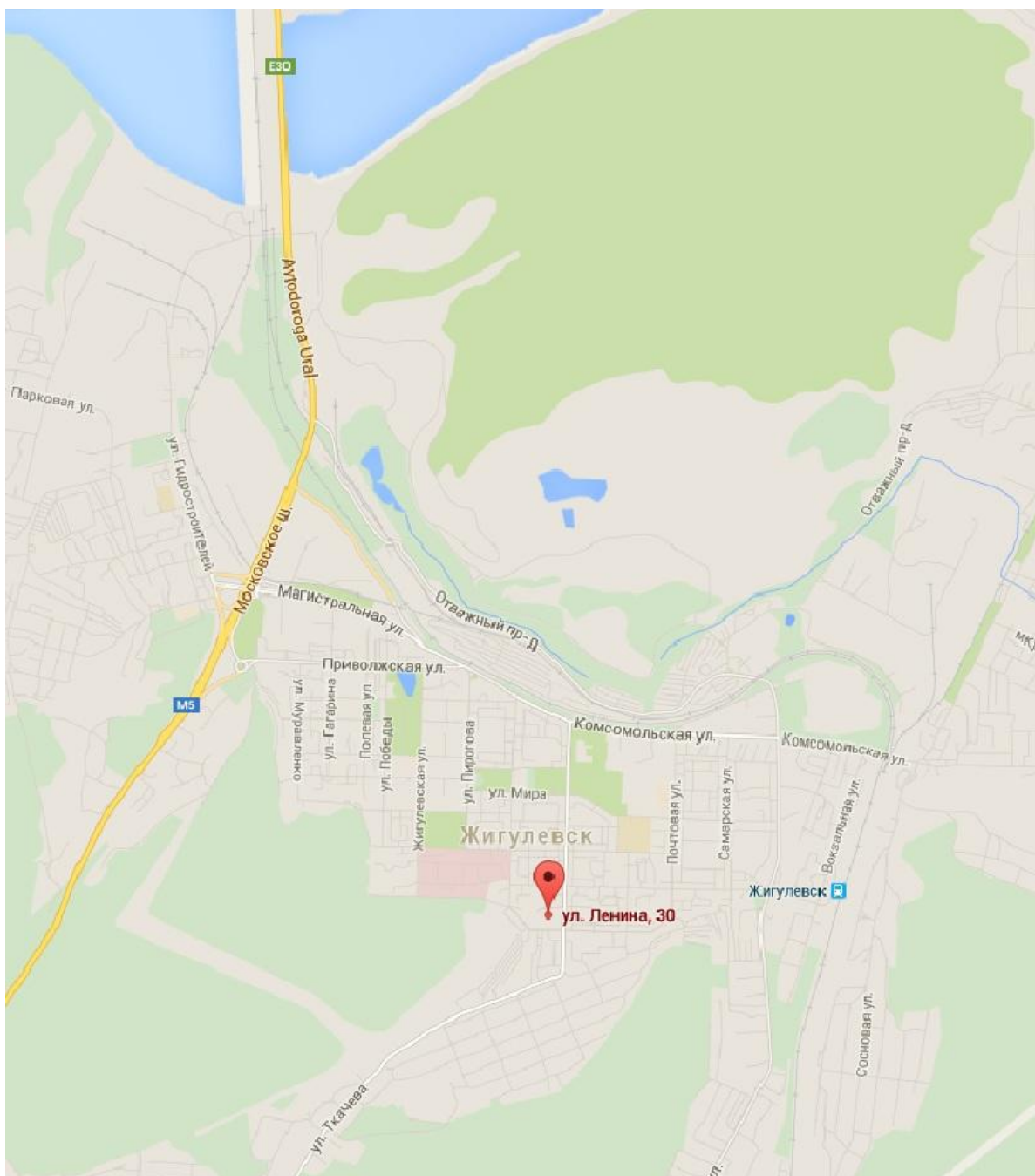


Рисунок 1 – Месторасположение ОАО “Жигулевский хлебозавод”

Цеха, производящие хлебобулочную и кондитерскую продукцию, не являются взрывоопасными и пожароопасными зонами, это указано в ПУЭ. Поэтому в сетях до 1 кВ, защита кабелей и выбор сечений проводов выполняется по току срабатывания в случае перегрузки линии кабелей, а также току срабатывания автомата в случае короткого замыкания. Чтобы выбрать сечение кабеля нужно произвести его проверку на соответствие токовой защиты и обратить внимание на длительность допустимого тока нагрузки. Для того чтобы произвести данную выборку в сетях напряжением свыше 1 кВ необходимо произвести проверку на экономическую плотность тока. Также очень важно выполнить проверку выбранного сечения на термическую стойкость токов короткого замыкания.

Так как наше помещение не является взрывоопасным, что подтверждается ПУЭ, мы можем использовать кабели и провода с алюминиевыми жилами.

Изоляция:

Провода выполняем поливинилхлоридной и резиновой, а кабели ещё и бумажной изоляцией. Также для кабелей применяем оболочки – резиновую, металлическую и поливинилхлоридную.

Бронированная защищающая оболочка не нужна, потому что вероятность каких-либо повреждений для проводников крайне мала.

Подстанция будет работать в двухсменном режиме.



Рисунок 2 – Главный вход на территорию ОАО “Жигулевский хлебозавод”

### **1.1 Категория потребителя по надежности электроснабжения**

Для данного предприятия выбирается вторая категория надежности энергоснабжения. Выбрана она потому, что перебой в энергоснабжении не поставит под угрозу жизнь и здоровье людей, не приведет к разрушению сложного технического процесса и аппаратуры. Перебой приведет лишь к прекращению работы людей, механизмов и прочей рабочей аппаратуры, также предприятие понесет убытки из-за уменьшения количества производимой продукции. Учитывая эти факторы и следуя указаниям ПУЭ, мы выбираем вторую категорию электроснабжения. Подача электроэнергии на электроприемники второй категории осуществляется с помощью двух источников питания, которые независимы, а также взаиморезервируют друг друга. Также стоит отметить, что если подача электроэнергии от одного из источников прекращается, то для электроприемников второй категории допускается некоторый перерыв в электроснабжении, который используется для подключения резервного питания либо дежурными, либо выездными работниками.



## 1.2 Режим работы нейтрали

В данном случае низкая сторона напряжения подразумевает применение глухозаземленной нейтрали.

Для определения сопротивления заземления нейтрали необходимо опираться на следующее:

1) Препятствие последствиям аварийных ситуаций в случае пробоя изоляции в обмотках низшего и высшего напряжения в трансформаторе.

2) При замыкании на землю препятствие ненормированному повышению напряжения фаз, касательно заземленных частей электроустановок низкого напряжения.

У нейтрали в этом режиме работы аварийные участки автоматически отключаются в кратчайшие сроки, у проводников изоляция производится на фазные напряжения, это является более дешевым вариантом, нежели в изолированной нейтрали. У глухого заземления нейтралей есть несколько положительных качеств, изоляция облегчается по отношению к земле, поэтому можно снизить уровень изоляции, из этого следует, что снижаются и затраты, можно отметить, что с увеличением напряжения в сети растет также и экономия. Также важно отметить, что это позволяет предотвратить дуговые перенапряжения.

Так как на высокой стороне напряжения токи КЗ очень малы, там нет необходимости в мгновенном отключении линии, поэтому мы будем применять там изолированную нейтраль.

## **2 Расчёт силовых нагрузок предприятия. Выбор величины питающего напряжения**

Чаще всего, для электросетей внутри цехов применяется напряжение 380 В. У него есть масса преимуществ, главное из которых то, что от этого напряжения можно запитать как осветительные электроприборы, так и силовые. Установленная единичная мощность электроприемников не более 250 кВт, а номинальное напряжение 380 В, эти факторы позволяют сделать вывод, что разумно будет применить напряжение 380/220 В, учитывая номинальное напряжение всех потребителей электроэнергии цеха.

### **2.1 Расчет мощности потребителей**

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

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

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

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

$$m = \frac{P_{нmax}}{P_{нмин}}, \quad (1.2)$$

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

$$\kappa_{u\text{ гр}} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н}}, \quad (1.3)$$

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

$$P_{см} = \kappa_u \cdot P_{н}, \quad (1.4)$$

где  $P_{см}$  - среднесменная мощность электроприемника,  $\kappa_u$  - коэффициент использования электроприемника.

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

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

$$tg\phi_{гр} = \frac{\sum Q_{см}}{\sum P_{см}}, \quad (1.6)$$

где  $tg\phi_{2p}$  - групповой коэффициент реактивной мощности,  $\Sigma Q_{см}$  - суммарная среднесменная реактивная мощность электроприемников,  $\Sigma P_{см}$  - суммарная среднесменная активная мощность электроприемников.

Поскольку при расчетах коэффициент использования электроприемника оказался менее 0,2, то эффективное число ЭП определяется в следующем порядке: выбирается наибольший по номинальной мощности ЭП рассматриваемого узла, выбираются наиболее крупные ЭП, номинальная мощность каждого из которых равна или больше половины мощности наибольшего ЭП, и для них подсчитывается число  $n_1$  и суммарная мощность  $p_{n1}$ , затем подсчитывается суммарная мощность всех ЭП рассматриваемого узла  $p_n$  и находятся относительные значения  $n_{1*}=n_1/n$  и  $p_{1*}=p_{n1}/p_n$ ; по полученным значениям  $n_{1*}$  и  $p_{1*}$  по кривым на рисунке 3 сначала определяется  $n_{3*}$ , а затем  $n_3=n_{3*}\cdot n$ .

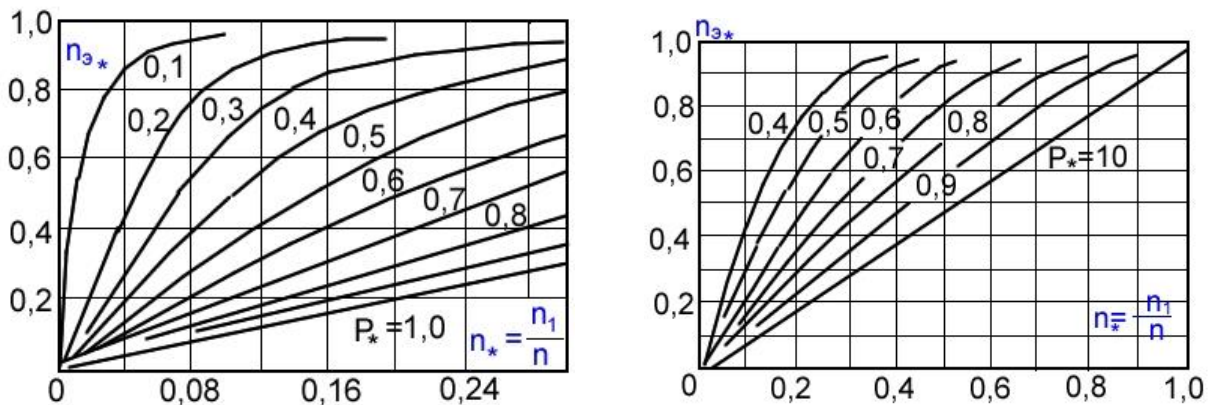


Рисунок 3 – Определение  $n_{3*}=f(n_{1*}, p_{1*})$

$$P_p = \Sigma P_{см} \cdot \kappa_{ма}, \quad (1.7)$$

где  $P_p$  - расчетная мощность электроприемников,  $\kappa_{ма}$  - коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных  $n_3$  и  $m$ .

Реактивная расчётная мощность:

$$Q_p = \kappa_{mp} \cdot \Sigma Q_{cm}, \quad (1.8)$$

где  $\kappa_{mp}$  - коэффициент максимума для реактивной мощности,  $\kappa_{mp} = 1,1$ , т.к. в нашем случае групповой коэффициент использования  $\kappa_{uzp} \leq 0,2$ , а эффективное число электроприемников  $n_{\text{э}} \leq 100$ .

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.9)$$

где  $S_p$  - полная расчетная мощность всех электроприёмников.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.10)$$

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

Если используется устройство в режиме повторно-кратковременного режима работы, то необходимо привести его паспортную мощность к долговременному режиму, используя формулу:

$$P_n = P_{пкр} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (1.11)$$

где  $P_{пкр}$  - паспортная мощность устройства, работающего в ПКР,

ПВ – продолжительность включения в процентах.

При наличии группы однофазных ЭП, которые распределены по фазам с неравномерностью выше 15%, номинальная мощность эквивалентной группы трехфазных ЭП принимается равной тройному значению мощности наиболее загруженной фазы.

Производим расчет, используя формулы 1.1...1.11. Результаты приведены в таблице 1.

Произведя расчет предварительной нагрузки, производим расчет освещения.

Таблица 1 – Расчет нагрузок электроприемников

№	Наименование электроприемников	Количество ЭП, шт.	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		Ки	m	cosφ tgφ	Средняя нагрузка		n <sub>э</sub>	K <sub>μ</sub>	Расчетная нагрузка			I <sub>p</sub> , А	
			Одного ЭП, кВт	Всех ЭП, кВт				P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар			P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Цех №1 (хлебный цех)																
1	Печь хлебопекарная ФТЛ-2 с газовой горелкой ГБГ 16/32	3	5,7	17,1	0,65	>3	0,8 0,75	11,115	8,336	-	-	-	-	-	-	
2	Шкаф для окончатальной расстойки Р-1-57	3	4	12	0,65		0,85 0,62	7,8	4,836	-	-	-	-	-	-	-
3	Конвейер отводящий для готовой продукции	1	3	3	0,5		0,8 0,75	1,5	1,125	-	-	-	-	-	-	-
4	Конвейер подающий	1	3	3	0,5		0,8 0,75	1,5	1,125	-	-	-	-	-	-	-
5	Тестомесильная машина Г4-МТМ-330-01	2	11	22	0,5		0,75 0,88	11	9,68	-	-	-	-	-	-	-
6	Дёжеопркидыватель А2-ХП2-Д	2	3	6	0,2		0,7 1,02	1,2	1,224	-	-	-	-	-	-	-
7	Тестоделитель Кузбасс 68-2М	1	4	4	0,6		0,8 0,75	2,4	1,8	-	-	-	-	-	-	-
8	Льдогенератор BREMA СВ-316	1	0,37	0,37	0,7		0,8 0,75	0,259	0,194	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

16	9	Хлеборезка Аго-Слайсер 21	1	2,2	2,2	0,5	>3	0,8 0,75	1,1	0,825	-	-	-	-	-	-	
	10	Пончиковая машина Гольфстрим-2	1	6	6	0,85		0,95 0,33	5,1	1,683	-	-	-	-	-	-	-
	11	Формовочная машина для лаваша	3	2,2	6,6	0,6		0,8 0,75	3,96	2,97	-	-	-	-	-	-	-
	12	Печь электрическая туннельная UTFKiev	1	62	62	0,85		0,95 0,33	52,7	17,391	-	-	-	-	-	-	-
	13	Увлажнитель автоматический УЛ-07	1	1,1	1,1	0,5		0,75 0,88	0,55	0,484	-	-	-	-	-	-	-
	14	Транспортер стабилизационный UTFKiev	1	0,37	0,37	0,5		0,8 0,75	0,185	0,139	-	-	-	-	-	-	-
	15	Транспортер накопительный UTFKiev	1	0,37	0,37	0,5		0,8 0,75	0,185	0,139	-	-	-	-	-	-	-
	16	Тестоделитель Восход ТД-4М	1	1	1	0,6		0,8 0,75	0,6	0,45	-	-	-	-	-	-	-
	17	Тестоокруглитель ТО-5	1	2,85	2,85	0,6		0,75 0,88	1,71	1,505	-	-	-	-	-	-	-
	18	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	1	7,5	7,5	0,65		0,85 0,62	4,875	3,023	-	-	-	-	-	-	-
19	Приточно-вытяжная установка Климат-40С-ПВР	1	30	30	0,65	0,85 0,62	19,5	12,09	-	-	-	-	-	-	-		
20	Просеиватель муки Пионер П2-П	1	1,1	1,1	0,5	0,75 0,88	0,55	0,484	-	-	-	-	-	-	-		



## Продолжение таблицы 1

Цех №1 (участок растаривания, просеивания и взвешивания муки)																
21	Транспортер Нория Н10	2	2,2	4,4	0,5	<3	0,8 0,75	2,2	1,65	-	-	-	-	-	-	
22	Линия просеивания Бурат	2	1,5	3	0,5		0,75 0,88	1,5	1,32	-	-	-	-	-	-	-
23	Шнековый транспортер с вибратором	4	2	8	0,5		0,8 0,75	4	3	-	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (склад бестарного хранения муки)																
24	Воздуходувка ЭФ-106	1	18,5	18,5	0,65	>3	0,85 0,62	12,025	7,456	-	-	-	-	-	-	-
25	Емкость с питателем и вибратором	8	2,4	19,2	0,5		0,75 0,88	9,6	8,448	-	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (холодильный участок)																
26	Холодильная установка POLAIR SM222SF	1	1,65	1,65	0,7	<3	0,8 0,75	1,155	0,866	-	-	-	-	-	-	-
27	Холодильная установка POLAIR SM226SF	1	1,65	1,65	0,7		0,8 0,75	1,155	0,866	-	-	-	-	-	-	-
28	Холодильная установка ALS-117	1	1,34	1,34	0,7		0,8 0,75	1,155	0,866	-	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (участок дрожжевой заварки)																
29	Заварочная машина ХЗМ-200	2	2,2	4,4	0,5	>3	0,75 0,88	2,2	1,936	-	-	-	-	-	-	-
30	Насос перекачивающий НЦМ-1	2	0,75	1,5	0,5		0,8 0,75	0,75	0,563	-	-	-	-	-	-	-

## Продолжение таблицы 1

31	Емкость с питателем	1	1,5	1,5	0,5	>3	0,75 0,88	0,75	0,66	-	-	-	-	-	-
32	Парогенератор ПЭЭ-30	1	24	24	0,65		0,85 0,62	15,6	9,672	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (котельная)															
33	Котел Е-1-0,9Г	1	6	6	0,7	<3	0,8 0,75	4,2	3,15	-	-	-	-	-	-
34	Вентиляция ВД-6,3	1	5,75	5,75	0,65		0,85 0,62	3,738	2,317	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (механический участок)															
35	Токарный станок 16К25	2	13	26	0,12	>3	0,4 2,29	3,12	7,145	-	-	-	-	-	-
36	Фрезерный станок 6Н10	1	3	3	0,12		0,4 2,29	0,36	0,824	-	-	-	-	-	-
37	Вертикально-сверлильный станок 2Н125	1	1,5	1,5	0,12		0,4 2,29	0,18	0,412	-	-	-	-	-	-
38	Сварочный трансформатор ВД306-У3	1	11,4	11,4	0,12		0,4 2,29	1,368	3,133	-	-	-	-	-	-
39	Заточный станок ТШ-2	1	2	2	0,12		0,4 2,29	0,24	0,55	-	-	-	-	-	-
40	Заточный станок ТШ-3	1	3	3	0,12		0,4 2,29	0,36	0,824	-	-	-	-	-	-
41	Строгальный станок Корвет 101	1	1,1	1,1	0,12		0,4 2,29	0,132	0,302	-	-	-	-	-	-
42	Циркуляционный станок Корвет 13М	1	1,5	1,5	0,12		0,4 2,29	0,18	0,412	-	-	-	-	-	-

## Продолжение таблицы 1

Цех №1 (вспомогательные помещения хлебного цеха)															
43	Компьютер	11	0,4	11	0,6	>3	0,75 0,88	6,6	5,808	-	-	-	-	-	-
44	Кондиционер R9	3	2,6												
Цех №1 (экспедиция хлебного цеха)															
45	Тепловая завеса Купол	1	25	25	0,65	>3	0,85 0,62	16,25	10,075	-	-	-	-	-	-
46	Мойка высокого давления Портотехника Торнадо A180T	1	5,3	5,3	0,65		0,85 0,62	3,445	2,136	-	-	-	-	-	-
47	Компьютер	4	0,4	7,8	0,6		0,75 0,88	4,68	3,51	-	-	-	-	-	-
48	Кондиционер R9	1	2,6												
Цех №1 (участок приготовления газированных напитков)															
49	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	1	7,5	7,5	0,65	>3	0,85 0,62	4,875	3,023	-	-	-	-	-	-
50	Машина для выдува пластиковой тары СП-8У	1	0,1	0,1	0,65		0,85 0,62	0,065	0,04	-	-	-	-	-	-
51	Машина для разогрева пластиковой тары СП-8/2	1	8	8	0,85		0,95 0,33	6,8	2,244	-	-	-	-	-	-
52	Машина для розлива напитков ЛД	1	1,5	1,5	0,65		0,8 0,75	0,975	0,731	-	-	-	-	-	-

## Продолжение таблицы 1

53	Водоохладитель ВХ-1000	1	10	10	0,7	>3	0,8 0,75	7	5,25	-	-	-	-	-	-
54	Упаковочная машина ТПЦ-550	1	13	13	0,6		0,75 0,88	7,8	6,864	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (магазин «Универсам»)															
55	Холодильная витрина ВХС-1,8	4	0,25	1	0,7	<3	0,8 0,75	0,7	0,525	-	-	-	-	-	-
56	Холодильная камера ШХ-1,4	1	0,25	0,25	0,7		0,8 0,75	0,175	0,131	-	-	-	-	-	-
57	Кондиционер BALLU BSA-24HN1	1	2,35	2,35	0,7		0,8 0,75	1,645	1,234	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (дежурный киоск)															
58	Холодильная витрина Рапсодия R750МС	2	0,5	7,8	0,6	>3	0,8 0,75	4,68	3,51	-	-	-	-	-	-
59	Кондиционер R9	1	2,6												
Цех №1 (кондитерский цех)															
60	Печь газовая ПР-150	1	3	3	0,65	>3	0,8 0,75	1,95	1,463	-	-	-	-	-	-
61	Печь электрическая PFS-9E	4	14,5	58	0,85		0,95 0,33	49,3	16,269	-	-	-	-	-	-
62	Кремозбивальная машина МВУ-60	5	2,2	11	0,5		0,75 0,88	5,5	4,84	-	-	-	-	-	-
63	Тестоотсадочная машина Teknostamar	1	2	2	0,6		0,75 0,88	1,2	1,056	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

64	Тестомесильная машина ТММ-140	1	1,87	1,87	0,5	>3	0,75 0,88	0,935	0,823	-	-	-	-	-	-
65	Плита 4-хкомф.	1	4,8	4,8	0,85		0,95 0,33	4,08	1,346	-	-	-	-	-	-
66	Вентиляция ВД-6,3	1	5,75	5,75	0,65		0,85 0,62	3,738	2,317	-	-	-	-	-	-
67	Холодильная установка ММ20А	1	1,8	1,8	0,7		0,8 0,75	1,26	0,945	-	-	-	-	-	-
68	ММ24В	1	2,1	2,1	0,7		0,8 0,75	1,47	1,103	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (экспедиция кондитерского цеха)															
69	Тепловая завеса Ballu ВНС 18.000TR	1	9	9	0,6	>3	0,8 0,75	5,4	4,05	-	-	-	-	-	-
70	Холодильная установка MAZ 32002F	1	2,2	2,2	0,7		0,8 0,75	1,54	1,155	-	-	-	-	-	-
71	Холодильная установка MGM-315s	1	1,8	1,8	0,7		0,8 0,75	1,26	0,945	-	-	-	-	-	-
72	Кондиционер R24	1	7	21	0,6		0,75 0,88	12,6	11,09	-	-	-	-	-	-
73	Компьютер	1	0,4												
Цех №1 (участок обжарки кофейных зёрен)															
74	Ростер для обжарки кофе Торег ТКМ-60	1	7,2	7,2	0,5	>3	0,75 0,88	3,6	3,168	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

75	Упаковочная машина	1	3	3	0,6	>3	0,82 0,7	1,8	1,26	-	-	-	-	-	-
76	Насос Grundfos UPS32-120	1	0,38	0,38	0,5		0,8 0,75	0,19	0,143	-	-	-	-	-	-
77	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	1	7,5	7,5	0,65		0,85 0,62	4,875	3,023	-	-	-	-	-	-
Цех №1 (административное здание)															
78	Компьютер	13	0,4	21,7	0,6	>3	0,75 0,88	13,02	11,46	-	-	-	-	-	-
79	Кондиционер R9	5	2,6												
80	Кондиционер R12	1	3,5												
	Итого по цеху №1 без освещения	144	62/0,1	603,65	0,63	>3	0,85 0,61	360,15	225,95	18	0,9	324,135	225,95	395,12	570,3
Цех №2 (булочный цех)															
81	Тестомесильная машина Восход Прима 300P	1	17,6	17,6	0,5	>3	0,75 0,88	8,8	7,744	-	-	-	-	-	-
82	Тестомесильная машина А2-ХТ-3Б	1	4,75	4,75	0,5		0,75 0,88	2,375	2,09	-	-	-	-	-	-
83	Тестомесильная машина ТММ-140	2	1,87	3,74	0,5		0,75 0,88	1,87	1,646	-	-	-	-	-	-
84	Тестомесильная машина ТИТАН 8С-L	1	3,67	3,67	0,5		0,75 0,88	1,835	1,615	-	-	-	-	-	-

## Продолжение таблицы 1

85	Кремозбивальная машина МВУ-60	1	2,2	2,2	0,5	>3	0,75 0,88	1,1	0,968	-	-	-	-	-	-
86	Льдогенератор BREMA GB 1540A	1	0,65	0,65	0,7		0,8 0,75	0,455	0,341	-	-	-	-	-	-
87	Круасан-машина ВАВУ 2800	1	1,77	1,77	0,85		0,95 0,33	1,505	0,496	-	-	-	-	-	
88	Тестораскаточная машина Teknostamar Lam	1	1,5	1,5	0,6		0,75 0,88	0,9	0,792	-	-	-	-	-	
89	Плита электрическая Лысьва ЭП401СТ	1	1,5	1,5	0,85		0,95 0,33	1,275	0,421	-	-	-	-	-	
90	Дёжеопркидыватель А2-ХП2-Д	1	1,5	1,5	0,2		0,7 1,02	0,3	0,306	-	-	-	-	-	
91	Тестоделитель Восход ТД-3	1	1,56	1,56	0,6		0,8 0,75	0,936	0,702	-	-	-	-	-	
92	Тестоделитель Восход ТД-4М	1	1	1	0,6		0,8 0,75	0,6	0,45	-	-	-	-	-	
93	Шкаф предварительной расстойки Восход Бриз-Плюс	1	1,25	1,25	0,65		0,85 0,62	0,813	0,504	-	-	-	-	-	
94	Тестозакаточная машина ТЗ-3М	1	1,5	1,5	0,6		0,75 0,88	0,9	0,732	-	-	-	-	-	
95	Тестоокруглитель ТО-5	1	2,85	2,85	0,6		0,75 0,88	1,71	1,505	-	-	-	-	-	
96	Печь газовая ПР-150Г	5	3	15	0,65		0,8 0,75	9,75	7,313	-	-	-	-	-	

Продолжение таблицы 1

97	Шкаф окончательной расстойки Климат Агро 24/36	1	20,2	20,2	0,65	0,85 0,62	13,13	8,141	-	-	-	-	-	-
98	Печь электрическая PFS-9E	1	14,5	14,5	0,85	0,95 0,33	12,325	4,067	-	-	-	-	-	-
99	Делитель-округлитель Sottoriva SP	1	0,5	0,5	0,6	0,8 0,75	0,3	0,225	-	-	-	-	-	-
100	Холодильная установка POLAIR SM113SF	1	0,84	0,84	0,7	0,8 0,75	0,588	0,441	-	-	-	-	-	-
101	Холодильная установка POLAIR SM218SF	1	1,15	1,15	0,7	0,8 0,75	0,805	0,604	-	-	-	-	-	-
102	Просеиватель муки Пионер П2-П	1	1,1	1,1	0,5	0,75 0,88	0,55	0,484	-	-	-	-	-	-
103	Шнековый транспортер АИР100L4У3	2	4	8	0,6	0,8 0,75	4,8	3,6	-	-	-	-	-	-
104	Дозатор воды БВГ-03М	1	6	6	0,35	0,75 0,88	2,1	1,848	-	-	-	-	-	-
105	Хлебoreзка Strom-Auto	2	1,21	2,42	0,5	0,8 0,75	1,21	0,908	-	-	-	-	-	-
106	Духовой шкаф (жаровня) ФЗСЭ-600	1	9,9	9,9	0,85	0,95 0,33	8,415	2,777	-	-	-	-	-	-
107	Тестозакаточная машина А2-ХПО/7	1	0,75	0,75	0,6	0,75 0,88	0,45	0,396	-	-	-	-	-	-
108	Вентиляция ВД-8	1	7	7	0,65	0,85 0,62	4,55	2,821	-	-	-	-	-	-



Продолжение таблицы 1

Итого по цеху №2 без освещения	35	20/0,18	134,4	0,63	>3	0,84 0,64	84,347	53,937	13	0,9	75,91	53,937	92,12	134,41
Итого по объекту без освещения	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400,045	279,887	498,771	719,914
Освещение цеха №1	256	0,072	18,432	-	-	0,85 0,62	-	-	-	-	18,432	11,428	21,69	-
Освещение цеха №2	34	0,072	2,45	-	-	0,85 0,62	-	-	-	-	2,45	1,519	2,88	-
Итого по цеху №1 с освещением	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	342,567	237,378	416,774	601,561
Итого по цеху №2 с освещением	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78,36	55,456	95,998	138,56
Итого по объекту	-	-	-	-	-	0,82 0,7	-	-	-	-	420,927	292,834	512,768	740,117

## 2.2 Расчёт осветительной нагрузки цеха

В данном пункте произведен расчет освещения в программном пакете «DIALux».

Для освещения были выбраны светильники Lumier FL 258 T IP40.

Универсальный люминесцентный светильник FL 258 T IP40 имеет широкую область применения. Корпус, изготовленный из листовой стали, обладает компактными размерами и высокой прочностью. Покрыт белой высокопрочной порошковой краской. Прозрачный рассеиватель из прочного поликарбоната, устойчивого к ультрафиолетовым лучам.

Монтаж FL 258 T IP40: крепится стандартным крепежом и может монтироваться на плоские потолки, фермы, кабельные каналы, осветительные шинопроводы или тросовые подвесы.



Рисунок 4 – Изображение светильника

Основным достоинством этого светильника является его стоимость, которая составляет порядка 2685 рублей, что делает данный выбор экономически выгодным.

При расчете в программе «DIALux» были назначены следующие уровни освещенности:

1. Хлебный цех – 200 лк,
2. Булочный цех – 200 лк,
3. Лаборатория – 300 лк,
4. Раздевалка – 200 лк,
5. Котельная – 200 лк,
6. Мастерская – 300 лк,
7. Инструментальная – 300 лк,
8. Склад готовой продукции – 200 лк,
9. Склад тарного хранения муки – 200 лк,
10. Склад бестарного хранения муки – 200 лк,
11. Экспедиционный участок – 200 лк.

Уровни освещенности для складов были заданы при том факте, что оба склада – стеллажного типа.

Освещенность каждой части служебного здания была выбрана в соответствии со СНиП 23-05-2010 – «Естественное и искусственное освещение».

### **3 Выбор трансформаторов для предприятия с учётом компенсации реактивной мощности**

Выбор трансформаторов является важным этапом проектирования, существенно влияющим на основные технико-экономические показатели разрабатываемой схемы электроснабжения промышленного предприятия. В общем случае выбор трансформаторов представляет собой достаточно сложную задачу, которая может иметь не одно, а несколько решений, из которых следует выбрать наилучшее. Основой расчетов при этом служит, как правило, технико-экономическое сравнение вариантов.

Мощность трансформаторов КТП зависит от величины нагрузки электроприемников, их категории по надежности электроснабжения, от размеров площади цехов и т.п.

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

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

Все потребители в нашем случае – 2 категории надежности.

Рассмотрим 2 варианта: вариант А – один трансформатор и резервный кабель 0,4 кВ, вариант Б – два трансформатора. В обоих случаях трансформаторы ТМГ, поскольку их стоимость гораздо ниже, нежели стоимость трансформаторов ТСЗ.

Вариант А

Исходные данные:

$$P_{p\Sigma} = 420,927 \text{ кВт}, Q_{p\Sigma} = 292,834 \text{ квар}, S_{p\Sigma} = 512,768 \text{ кВА}.$$

Исходя из данных, выбираем трансформатор ТМГ-630. Определим количество трансформаторов, принимая коэффициент загрузки равным 0,7:

$$N_T = \frac{P_p}{\kappa_3 \cdot S_H} = \frac{420,927}{0,7 \cdot 630} = 1, \quad (3.1)$$

где  $\kappa_3$  - коэффициент загрузки трансформатора,  $N_T$  - количество трансформаторов,  $S_H$  - мощность трансформатора.

Исходя из расчетов, выбираем 1 трансформатор ТМЗ-630/6/0,4 с параметрами указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры трансформатора ТМЗ-630/6/0,4

Название	ТМГ-630/6/0,4
$\square P_{xx}$	1,05 кВт
$\square P_{кз}$	7,6 кВт
$U_k$	5,5%
$i_x$	1,6%

Потери в трансформаторе:

$$\begin{aligned} \Delta P_{T\Sigma} &= N_T \cdot \square P_{xx} + \kappa_3^2 \cdot \square P_{кз} = 1 \cdot (1,05 + 0,7^2 \cdot 7,6) = 4,774 \text{ кВт}; \\ \Delta Q_{T\Sigma} &= N_T \cdot i_x + \kappa_3^2 \cdot U_k \cdot \frac{S_H}{100} = 1 \cdot (1,6 + 0,7^2 \cdot 5,5) \cdot \frac{630}{100} = 27,058 \text{ квар}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Расчётная нагрузка корпуса с учётом потерь в трансформаторе:

$$\begin{aligned}
 P_p &= P_{p\Sigma} + \Delta P_{T\Sigma} = 420,927 + 4,774 = 425,701 \text{ кВт}; \\
 Q_p &= Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T\Sigma} = 292,834 + 27,058 = 319,892 \text{ квар}.
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{\min} = 0,5 \cdot Q_p = 0,5 \cdot 319,892 = 159,946 \text{ квар} . \tag{3.4}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума:

$$\begin{aligned}
 Q'_{\text{э}1} &= Q_p - 0,7 \cdot Q_{\text{сд}} = 319,892 - 0,7 \cdot 0 = 319,892 \text{ квар}; \\
 Q''_{\text{э}1} &= \alpha \cdot P_p = 0,28 \cdot 425,701 = 119,196 \text{ квар},
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

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

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений:  $Q_{\text{э}1} = 119,196 \text{ квар}$  .

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$\begin{aligned}
 Q'_{\text{э}2} &= Q_{\min} + Q_k = 159,946 + 0 = 159,946 \text{ квар}; \\
 Q''_{\text{э}2} &= Q_{\min} - Q_{\text{кд}} = Q_{\min} - Q_p - Q_{\text{э}1} = \\
 &= 159,946 - 319,892 - 119,196 = -40,75 \text{ квар}.
 \end{aligned}
 \tag{3.6}$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности:  $Q_{\text{э}2} = 159,946 \text{ квар}$  .

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$\begin{aligned} Q_{КУ\_max} &= 1,1 \cdot Q_P - Q_{\text{э}1} = 1,1 \cdot 319,892 - 119,196 = 232,685 \text{ квар}; \\ Q_{КУ\_min} &= Q_{\text{min}} - Q_{\text{э}2} = 159,946 - 159,946 = 0 \text{ квар}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемые.

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

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

$$Q_T = \sqrt{N_T \cdot \kappa_3 \cdot S_T^2 - P_P^2} = \sqrt{1 \cdot 0,7 \cdot 630^2 - 425,701^2} = 115,151, \text{ квар} \quad (3.8)$$

Мощность КУ на стороне до 1кВ:

$$Q_{КУ.н} = Q_P - Q_T = 319,892 - 115,151 =, \text{ квар} \quad (3.9)$$

Как видно из расчета, установка КУ на стороне до 1 кВ нецелесообразна, т. к. мощность вышла менее 50 квар.

Мощность КУ на стороне 10 кВ :

$$Q_{КУ.в} = Q_{КУ\_max} - Q_{КУ.н} = 214,92 - (-18,58) = 233,5 \text{ квар}. \quad (3.10)$$

Данный расчет показывает, что на стороне 6 кВ компенсирующее устройство также не требуется, поскольку рассчитанная мощность КУ оказалась менее 800 квар.

В связи с нецелесообразностью установки компенсирующих устройств как на стороне до 1 кВ, так и на стороне 6 кВ приведенные затраты на КУ отсутствуют. Говоря иначе,  $Z_{КУ}=0$ .

Приведённые затраты на трансформатор:

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

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

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

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

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

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

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

Стоимость трансформатора ТМГ-630 по данным 2016 года составляет 294800 руб.

$E=0,223$ ;

$K_{ТП}=523100$  руб.



$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot \kappa_3^2 \cdot \Delta P_{кз}; \quad (3.15)$$

$$C \cdot \Delta P_T = 157,68 \cdot 1,05 + 43,3 \cdot 0,8^2 \cdot 7,6 = 376,18,$$

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} \cdot N_T + C \cdot \Delta P_T \cdot N_T = E \cdot K_{ТП} \cdot N_T + C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot \kappa_3^2 \Delta P_{кз}; \quad (3.16)$$

$$Z_{КТП} = 0,223 \cdot 523100 \cdot 1 + 376,18 = 117027,48 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты:

$$Z_{\Sigma} = Z_{КУ} + Z_{КТП} = 0 + 117027,48 = 117027,48 \text{ руб.}$$

Вариант Б

Расчет производим согласно формулам 3.1...3.17.

Исходные данные:

$$P_{p\Sigma} = 420,927 \text{ кВт}, \quad Q_{p\Sigma} = 292,834 \text{ квар}, \quad S_{p\Sigma} = 512,768 \text{ кВА}$$

Исходя из данных, выбираем трансформаторы ТМГ-250. Определим количество трансформаторов, принимая коэффициент загрузки равным 0,8:

$$N_T = \frac{P_p}{\kappa_3 \cdot S_H} = \frac{387,12}{0,8 \cdot 250} = 2,$$

где  $\kappa_3$  - коэффициент загрузки трансформатора,

$N_T$  - количество трансформаторов,

$S_H$  - мощность трансформатора.

Исходя из расчетов, выбираем 2 трансформатора ТМГ-250/6/0,4 с параметрами указанными в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры трансформатора ТМГ-250/6/0,4

Название	ТМГ-250/6/0,4
$\square P_{xx}$	0,58 кВт
$\square P_{кз}$	3,7 кВт
$U_{к}$	4,5%
$i_{x}$	1,9%

Потери в трансформаторах:

$$\Delta P_{T\Sigma} = N_T \cdot \square P_{xx} + \kappa_3^2 \cdot \square P_{кз} = 2 \cdot (0,58 + 0,8^2 \cdot 3,7) = 5,9 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = N_T \cdot i_x + \kappa_3^2 \cdot U_{к} \cdot \frac{S_H}{100} = 2 \cdot (1,9 + 0,8^2 \cdot 4,5) \cdot \frac{250}{100} = 23,9 \text{ квар}.$$

Расчётная нагрузка корпуса с учётом потерь в трансформаторе:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_{T\Sigma} = 387,12 + 5,9 = 394,02 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T\Sigma} = 263,42 + 23,9 = 287,32 \text{ квар}.$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{\min} = 0,5 \cdot Q_p = 0,5 \cdot 287,32 = 143,66 \text{ квар}.$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума:

$$Q'_{\text{э1}} = Q_P - 0,7 \cdot Q_{\text{CD}} = 287,32 - 0,7 \cdot 0 = 287,32 \text{ квар};$$

$$Q''_{\text{э1}} = \alpha \cdot P_P = 0,28 \cdot 394,02 = 110,33, \text{ квар},$$

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

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений:  $Q_{\text{э1}} = 110,33 \text{ квар}$ .

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э2}} = Q_{\text{min}} + Q_{\text{к}} = 143,66 + 0 = 143,66 \text{ квар},$$

$$Q''_{\text{э2}} = Q_{\text{min}} - Q_{\text{KD}} = Q_{\text{min}} - Q_P - Q_{\text{э1}} =$$

$$= 143,66 - 287,32 - 110,33 = -33,33 \text{ квар}.$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности:  $Q_{\text{э2}} = 143,66 \text{ квар}$ .

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{КУ}_{\text{max}}} = 1,1 \cdot Q_P - Q_{\text{э1}} = 1,1 \cdot 287,32 - 110,33 = 205,72 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{КУ}_{\text{min}}} = Q_{\text{min}} - Q_{\text{э2}} = 147,66 - 147,66 = 0 \text{ квар}.$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемые.

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

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

$$Q_T = \sqrt{N_T \cdot \kappa_3 \cdot S_T^2 - P_P^2} = \sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 250^2 - 394,02^2} = 68,91 \text{ квар.}$$

Мощность КУ на стороне до 1кВ:

$$Q_{КУ.н} = Q_P - Q_T = 287,32 - 68,91 = 218,41 \text{ квар.}$$

Как видно из расчета, требуется установка КУ на стороне до 1 кВ, т. к. мощность вышла более 50 квар. Устанавливаем УКМ-58-0,4-200-25 мощностью 200 квар.

Мощность КУ на стороне 6 кВ :

$$Q_{КУ.в} = Q_{КУ\_max} - Q_{КУ.н} = 205,72 - (-218,41) = 424,13 \text{ квар.}$$

Данный расчет показывает, что на стороне 6 кВ компенсирующее устройство не требуется, поскольку рассчитанная мощность КУ оказалась менее 800 квар.

В связи с установкой компенсирующего устройства на стороне до 1 кВ, включаем их стоимость в затраты на КУ. На стороне 6 кВ приведенные затраты на КУ отсутствуют.  $Z_{КУ}=83300$  руб.

Приведённые затраты на трансформатор:

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

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

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

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

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

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

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

Стоимость трансформатора ТМГ-250 по данным 2016 года составляет 146800 руб.

$$E = 0,223,$$

$$K_{ТП} = 350400 \text{ руб},$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_s^2 \cdot \Delta P_{кз};$$

$$C \cdot \Delta P_T = 157,68 \cdot 0,58 + 43,3 \cdot 0,8^2 \cdot 3,7 = 193,99,$$

$$Z_{КТП} = E \cdot K_{ТП} \cdot N_T + C \cdot \Delta P_T \cdot N_T = E \cdot K_{ТП} \cdot N_T + C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_s^2 \Delta P_{кз};$$

$$Z_{КТП} = 0,223 \cdot 350100 \cdot 2 + 193,99 = 156338,59 \text{ руб}.$$

Суммарные затраты:

$$Z_{\Sigma} = Z_{КУ} + Z_{КТП} = 83300 + 156338,59 = 239638,59 \text{ руб}.$$

Из расчетов наглядно видно, что вариант А экономически выгоден относительно варианта Б, что позволяет сделать выбор, приняв к установке трансформатор ТМГ-630/6/0,4 и резервный кабель 0,4 кВ.

#### **4 Выбор трансформаторов тока, автоматических выключателей, шинопроводов и кабелей**

Шинопроводы, автоматические выключатели, трансформаторы тока и РУ были выбраны от компании «Schneider Electric».

Расчет токов для каждого электроприемника и узла, что необходимо для выбора цехового оборудования, приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет токов

№	Наименование электроприемников	Количество ЭП, шт.	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		Ки	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Средняя нагрузка		n <sub>э</sub>	K <sub>μ</sub>	Расчетная нагрузка			I <sub>p</sub> , А
			Одного ЭП, кВт	Всех ЭП, кВт				P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар			P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Тестомесильная машина Г4-МТМ-330-01	2	11	22	0,5		0,75 0,88	11	9,68	-	-	11	9,68	14,65	21,15
2	Льдогенератор ВРЕМА СВ-316	1	0,37	0,37	0,7		0,8 0,75	0,259	0,194	-	-	0,37	0,278	0,463	0,668
3	Пончиковая машина Гольфстрим-2	1	6	6	0,85		0,95 0,33	5,1	1,683	-	-	6	1,98	6,318	9,12
4	Формовочная машина для лаваша	3	2,2	6,6	0,6		0,8 0,75	3,96	2,97	-	-	2,2	1,65	2,75	3,969
5	Печь электрическая туннельная UTFKiev	1	62	62	0,85		0,95 0,33	52,7	17,391	-	-	62	20,46	65,29	94,24
6	Увлажнитель автоматический УЛ-07	1	1,1	1,1	0,5		0,75 0,88	0,55	0,484	-	-	1,1	0,968	1,465	2,115
7	Транспортер стабилизационный UTFKiev	1	0,37	0,37	0,5		0,8 0,75	0,185	0,139	-	-	0,37	0,278	0,463	0,668
8	Транспортер накопительный UTFKiev	1	0,37	0,37	0,5		0,8 0,75	0,185	0,139	-	-	0,37	0,278	0,463	0,668



Продолжение таблицы 4

9	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	1	7,5	7,5	0,65	0,85 0,62	4,875	3,023	-	-	7,5	4,65	8,825	12,74
10	Просеиватель муки Пионер П2-П	1	1,1	1,1	0,5	0,75 0,88	0,55	0,484	-	-	1,1	0,968	1,465	2,115
11	Транспортер Нория Н10	2	2,2	4,4	0,5	0,8 0,75	2,2	1,65	-	-	2,2	1,65	2,75	3,969
12	Линия просеивания Бурат	2	1,5	3	0,5	0,75 0,88	1,5	1,32	-	-	1,5	1,32	1,998	2,884
13	Шнековый транспортер с вибратором	4	2	8	0,5	0,8 0,75	4	3	-	-	2	1,5	2,5	3,608
14	Воздуходувка ЭФ-106	1	18,5	18,5	0,65	0,85 0,62	12,025	7,456	-	-	18,5	11,47	21,77	31,42
15	Емкость с питателем и вибратором	8	2,4	19,2	0,5	0,75 0,88	9,6	8,448	-	-	2,4	2,112	3,197	4,614
16	Холодильная установка POLAIR SM222SF	1	1,65	1,65	0,7	0,8 0,75	1,155	0,866	-	-	1,65	1,238	2,063	2,977
17	Холодильная установка POLAIR SM226SF	1	1,65	1,65	0,7	0,8 0,75	1,155	0,866	-	-	1,65	1,238	2,063	2,977
18	Холодильная установка ALS-117	1	1,34	1,34	0,7	0,8 0,75	1,155	0,866	-	-	1,34	1,005	1,675	2,418
19	Заварочная машина ХЗМ-200	2	2,2	4,4	0,5	0,75 0,88	2,2	1,936	-	-	2,2	1,936	2,931	4,23
20	Насос перекачивающий НЦМ-1	2	0,75	1,5	0,5	0,8 0,75	0,75	0,563	-	-	0,75	0,563	0,938	1,354
21	Емкость с питателем	1	1,5	1,5	0,5	0,75 0,88	0,75	0,66	-	-	1,5	1,32	1,998	2,884

Продолжение таблицы 4

22	Парогенератор ПЭЭ-30	1	24	24	0,65	0,85 0,62	15,6	9,672	-	-	24	14,88	28,24	40,76
Итого по ШРА-1											202,55	121,1	236	340,6
1	Печь хлебопекарная ФТЛ-2 с газовой горелкой ГБГ 16/32	3	5,7	17,1	0,65	0,8 0,75	11,115	8,336	-	-	5,7	4,275	7,125	10,28
2	Шкаф для окончательной расстойки Р-1-57	3	4	12	0,65	0,85 0,62	7,8	4,836	-	-	4	2,48	4,706	6,793
3	Конвейер отводящий для готовой продукции	1	3	3	0,5	0,8 0,75	1,5	1,125	-	-	3	2,25	3,75	5,413
4	Конвейер подающий	1	3	3	0,5	0,8 0,75	1,5	1,125	-	-	3	2,25	3,75	5,413
5	Дёжеопркидыватель А2-ХП2-Д	2	3	6	0,2	0,7 1,02	1,2	1,224	-	-	3	3,06	4,285	6,185
6	Тестоделитель Кузбасс 68-2М	1	4	4	0,6	0,8 0,75	2,4	1,8	-	-	4	3	5	7,217
7	Хлеборезка Аго-Слайсер 21	1	2,2	2,2	0,5	0,8 0,75	1,1	0,825	-	-	2,2	1,65	2,75	3,969
8	Тестоделитель Восход ТД-4М	1	1	1	0,6	0,8 0,75	0,6	0,45	-	-	1	0,75	1,25	1,804
9	Тестоокруглитель ТО-5	1	2,85	2,85	0,6	0,75 0,88	1,71	1,505	-	-	2,85	2,508	3,796	5,48
10	Котел Е-1-0,9Г	1	6	6	0,7	0,8 0,75	4,2	3,15	-	-	6	4,5	7,5	10,83
11	Вентиляция ВД-6,3	1	5,75	5,75	0,65	0,85 0,62	3,738	2,317	-	-	5,75	3,565	6,765	9,765

Продолжение таблицы 4

12	Токарный станок 16К25	2	13	26	0,12	0,4 2,29	3,12	7,145	-	-	13	29,77	32,48	46,89
13	Фрезерный станок 6Н10	1	3	3	0,12	0,4 2,29	0,36	0,824	-	-	3	6,87	7,496	10,82
14	Вертикально- сверлильный станок 2Н125	1	1,5	1,5	0,12	0,4 2,29	0,18	0,412	-	-	1,5	3,435	3,748	5,41
15	Сварочный трансформатор ВД306-У3	1	11,4	11,4	0,12	0,4 2,29	1,368	3,133	-	-	11,4	26,11	28,49	41,12
16	Заточный станок ТШ-2	1	2	2	0,12	0,4 2,29	0,24	0,55	-	-	2	4,58	4,998	7,213
17	Заточный станок ТШ-3	1	3	3	0,12	0,4 2,29	0,36	0,824	-	-	3	6,87	7,496	10,82
18	Строгальный станок Корвет 101	1	1,1	1,1	0,12	0,4 2,29	0,132	0,302	-	-	1,1	2,519	2,749	3,967
19	Циркуляционный станок Корвет 13М	1	1,5	1,5	0,12	0,4 2,29	0,18	0,412	-	-	1,5	3,435	3,748	5,41
Итого по ШРА-2											112,4	160,5	195,9	282,8
1	Приточно-вытяжная установка Климат-40С-ПВР	1	30	30	0,65	0,85 0,62	19,5	12,09	-	-	30	18,6	35,3	50,95
2	Тепловая завеса Купол	1	25	25	0,65	0,85 0,62	16,25	10,075	-	-	25	15,5	29,42	42,46
3	Мойка высокого давления Портотехника Торнадо А180Т	1	5,3	5,3	0,65	0,85 0,62	3,445	2,136	-	-	5,3	3,286	6,236	9,001

Продолжение таблицы 4

4	Компьютер	4	0,4	7,8	0,6	0,75 0,88	4,68	3,51	-	-	0,4	0,352	0,533	0,769
5	Кондиционер R9	1	2,6								2,6	2,288	3,463	4,999
6	Дёжеопркидыватель А2-ХП2-Д	1	1,5	1,5	0,2	0,7 1,02	0,3	0,306	-	-	1,5	1,53	2,143	3,093
7	Тестоделитель Восход ТД-3	1	1,56	1,56	0,6	0,8 0,75	0,936	0,702	-	-	1,56	1,17	1,95	2,815
8	Тестоделитель Восход ТД-4М	1	1	1	0,6	0,8 0,75	0,6	0,45	-	-	1	0,75	1,25	1,804
9	Шкаф предварительной расстойки Восход Бриз-Плюс	1	1,25	1,25	0,65	0,85 0,62	0,813	0,504	-	-	1,25	0,775	1,471	2,123
10	Тестозакаточная машина ТЗ-3М	1	1,5	1,5	0,6	0,75 0,88	0,9	0,732	-	-	1,5	1,32	1,998	2,884
11	Тестоокруглитель ТО-5	1	2,85	2,85	0,6	0,75 0,88	1,71	1,505	-	-	2,85	2,508	3,796	5,48
12	Печь газовая ПР-150Г	1	3	3	0,65	0,8 0,75	1,95	1,46	-	-	3	2,25	3,75	5,413
13	Делитель-округлитель Sottoriva SP	1	0,5	0,5	0,6	0,8 0,75	0,3	0,225	-	-	0,5	0,375	0,625	0,902
14	Хлеборезка Strom-Auto	2	1,21	2,42	0,5	0,8 0,75	1,21	0,908	-	-	1,21	1,815	2,181	3,149
15	Тестозакаточная машина А2-ХПО/7	1	0,75	0,75	0,6	0,75 0,88	0,45	0,396	-	-	0,75	0,66	0,999	1,442
16	Вентиляция ВД-8	1	7	7	0,65	0,85 0,62	4,55	2,821	-	-	7	4,34	8,236	11,89

Продолжение таблицы 4

Итого по ШРА-3												87,83	60,39	106,6	153,8
1	Тестомесильная машина Восход Прима 300P	1	17,6	17,6	0,5	0,75 0,88	8,8	7,744	-	-	17,6	15,49	23,45	33,84	
2	Тестомесильная машина А2-ХТ-3Б	1	4,75	4,75	0,5	0,75 0,88	2,375	2,09	-	-	4,75	4,18	6,327	9,133	
3	Тестомесильная машина ТММ-140	2	1,87	3,74	0,5	0,75 0,88	1,87	1,646	-	-	1,87	1,646	2,491	3,596	
4	Тестомесильная машина ТИТАН 8С-Л	1	3,67	3,67	0,5	0,75 0,88	1,835	1,615	-	-	3,67	3,23	4,889	7,057	
5	Кремозбивальная машина МВУ-60	1	2,2	2,2	0,5	0,75 0,88	1,1	0,968	-	-	2,2	1,936	2,931	4,23	
6	Льдогенератор ВРЕМА GB 1540А	1	0,65	0,65	0,7	0,8 0,75	0,455	0,341	-	-	0,65	0,488	0,813	1,173	
7	Круасан-машина ВАВУ 2800	1	1,77	1,77	0,85	0,95 0,33	1,505	0,496	-	-	1,77	0,584	1,864	2,69	
8	Тестораскаточная машина Teknostamar Lam	1	1,5	1,5	0,6	0,75 0,88	0,9	0,792	-	-	1,5	1,32	1,998	2,884	
9	Плита электрическая Лысьва ЭП401СТ	1	1,5	1,5	0,85	0,95 0,33	1,275	0,421	-	-	1,5	0,495	1,58	2,28	
10	Печь газовая ПР-150Г	4	3	12	0,65	0,8 0,75	7,8	5,85	-	-	3	2,25	3,75	5,413	
11	Шкаф окончательной расстойки Климат Агро 24/36	1	20,2	20,2	0,65	0,85 0,62	13,13	8,141	-	-	20,2	12,52	23,77	34,3	
12	Печь электрическая PFS-9E	1	14,5	14,5	0,85	0,95 0,33	12,325	4,067	-	-	14,5	4,785	15,27	22,04	

Продолжение таблицы 4

13	Холодильная установка POLAIR SM113SF	1	0,84	0,84	0,7	0,8 0,75	0,588	0,441	-	-	0,84	0,63	1,05	1,516
14	Холодильная установка POLAIR SM218SF	1	1,15	1,15	0,7	0,8 0,75	0,805	0,604	-	-	1,15	0,863	1,438	2,075
15	Просеиватель муки Пионер П2-П	1	1,1	1,1	0,5	0,75 0,88	0,55	0,484	-	-	1,1	0,968	1,465	2,115
16	Шнековый транспортер АИР100L4Y3	2	4	8	0,6	0,8 0,75	4,8	3,6	-	-	4	3	5	7,217
17	Дозатор воды БВГ-03М	1	6	6	0,35	0,75 0,88	2,1	1,848	-	-	6	5,28	7,992	11,54
18	Духовой шкаф (жаровня) ФЗСЭ-600	1	9,9	9,9	0,85	0,95 0,33	8,415	2,777	-	-	9,9	3,267	10,43	15,05
Итого по ШРА-4											111,07	74,33	133,6	192,9
1	Холодильная витрина ВХС-1,8	4	0,25	1	0,7	0,8 0,75	0,7	0,525	-	-	0,25	0,188	0,313	0,451
2	Холодильная камера ШХ-1,4	1	0,25	0,25	0,7	0,8 0,75	0,175	0,131	-	-	0,25	0,188	0,313	0,451
3	Кондиционер BALLU BSA-24HN1	1	2,35	2,35	0,7	0,8 0,75	1,645	1,234	-	-	2,35	1,763	2,938	4,24
4	Холодильная витрина Рапсодия R750МС	2	0,5	7,8	0,6	0,8 0,75	4,68	3,51	-	-	0,5	0,375	0,625	0,902
5	Кондиционер R9	1	2,6								2,6	1,95	3,25	4,691
6	Компьютер	13	0,4	21,7	0,6	0,75 0,88	13,02	11,46	-	-	0,4	0,352	0,533	0,769

Продолжение таблицы 4

7	Кондиционер R9	5	2,6	21,7	0,6	0,75 0,88	13,02	11,46	-	-	2,6	2,288	3,463	4,999
8	Кондиционер R12	1	3,5						-	-	3,5	3,08	4,662	6,729
Итого по ШРА-5											28,9	24,5	37,89	54,68
1	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	1	7,5	7,5	0,65	0,85 0,62	4,875	3,023	-	-	7,5	4,65	8,825	12,74
2	Машина для выдува пластиковой тары СП-8У	1	0,1	0,1	0,65	0,85 0,62	0,065	0,04	-	-	0,1	0,062	0,118	0,17
3	Машина для разогрева пластиковой тары СП-8/2	1	8	8	0,85	0,95 0,33	6,8	2,244	-	-	8	2,64	8,424	12,16
4	Машина для розлива напитков ЛД	1	1,5	1,5	0,65	0,8 0,75	0,975	0,731	-	-	1,5	1,125	1,875	2,706
5	Водоохладитель ВХ-1000	1	10	10	0,7	0,8 0,75	7	5,25	-	-	10	7,5	12,5	18,04
6	Упаковочная машина ТПЦ-550	1	13	13	0,6	0,75 0,88	7,8	6,864	-	-	13	11,44	17,32	24,99
Итого по ШРА-6											40,1	27,42	48,58	70,11
1	Тестоотсадочная машина Teknostamar	1	2	2	0,6	0,75 0,88	1,2	1,056	-	-	2	1,76	2,664	3,845
2	Тестомесильная машина ТММ-140	1	1,87	1,87	0,5	0,75 0,88	0,935	0,823	-	-	1,87	1,646	2,491	3,596
3	Холодильная установка ММ20А	1	1,8	1,8	0,7	0,8 0,75	1,26	0,945	-	-	1,8	1,35	2,25	3,248

Продолжение таблицы 4

4	MM24B	1	2,1	2,1	0,7	0,8 0,75	1,47	1,103	-	-	2,1	1,575	2,625	3,789
5	Тепловая завеса Ballu ВНС 18.000TR	1	9	9	0,6	0,8 0,75	5,4	4,05	-	-	9	6,75	11,25	16,24
6	Холодильная установка MAZ 32002F	1	2,2	2,2	0,7	0,8 0,75	1,54	1,155	-	-	2,2	1,65	2,75	3,969
7	Холодильная установка MGM-315s	1	1,8	1,8	0,7	0,8 0,75	1,26	0,945	-	-	1,8	1,35	2,25	3,248
8	Кондиционер R24	1	7	21	0,6	0,75 0,88	12,6	11,09	-	-	7	6,16	9,324	13,46
9	Компьютер	1	0,4								0,4	0,352	0,533	0,769
10	Ростер для обжарки кофе Torref ТКМ-60	1	7,2	7,2	0,5	0,75 0,88	3,6	3,168	-	-	7,2	6,336	9,591	13,84
11	Упаковочная машина	1	3	3	0,6	0,82 0,7	1,8	1,26	-	-	3	2,1	3,662	5,286
12	Насос Grundfos UPS32-120	1	0,38	0,38	0,5	0,8 0,75	0,19	0,143	-	-	0,38	0,285	0,475	0,686
13	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	1	7,5	7,5	0,65	0,85 0,62	4,875	3,023	-	-	7,5	4,65	8,825	12,74
Итого по ШРА-7											46,25	35,96	58,59	84,56
1	Печь газовая ПР-150	1	3	3	0,65	0,8 0,75	1,95	1,463	-	-	3	2,25	3,75	5,413
2	Печь электрическая PFS-9E	4	14,5	58	0,85	0,95 0,33	49,3	16,269	-	-	14,5	4,785	15,27	22,04



Продолжение таблицы 4

3	Кремозбивальная машина МВУ-60	5	2,2	11	0,5	0,75 0,88	5,5	4,84	-	-	2,2	1,936	2,931	4,23
4	Плита 4-хкомф.	1	4,8	4,8	0,85	0,95 0,33	4,08	1,346	-	-	4,8	1,584	5,055	7,296
5	Вентиляция ВД-6,3	1	5,75	5,75	0,65	0,85 0,62	3,738	2,317	-	-	5,75	3,565	6,765	9,765
Итого по ШРА-8											82,55	36,22	90,15	130,1
Итого по ШМА-1											711,65	540,4	893,6	1290

Для выбора распределительного устройства необходимо знать суммарный ток, для чего нужно сложить токи по ШРА-1, ШРА-2 и ШРА-3, ШРА-4, ШРА-5, ШРА-6, ШРА-7, ШРА-8.

$$I_{\Sigma} = I_{\text{ШРА-1}} + I_{\text{ШРА-2}} + I_{\text{ШРА-3}} + I_{\text{ШРА-4}} + I_{\text{ШРА-5}} + I_{\text{ШРА-6}} + I_{\text{ШРА-7}} + I_{\text{ШРА-8}};$$

$$I_{\Sigma} = 340,65 + 282,78 + 153,85 + 192,9 + 54,68 + 70,11 + 84,56 + 130,12 = 1309,65 \text{ А.}$$

На основании результатов расчета, сведенных в таблицу, выбираем шинопроводы, автоматические выключатели, кабели, РУ и трансформаторы тока. Как было сказано ранее, предпочтение при выборе было отдано компании «Schneider Electric».

Шинопроводы:

ШРА-1 – SE Canalis KS с номинальным током 400 А;

ШРА-2 – SE Canalis KS с номинальным током 400 А;

ШРА-3 – SE Canalis KN с номинальным током 160 А;

ШРА-4 – SE Canalis KS с номинальным током 250 А;

ШРА-5 – SE Canalis KN с номинальным током 63 А;

ШРА-6 – SE Canalis KN с номинальным током 100 А;

ШРА-7 – SE Canalis KN с номинальным током 100 А;

ШРА-8 – SE Canalis KN с номинальным током 160 А.

Трансформаторы тока:

ТТ-1 – Schneider Electric ТИ 400/5 А;

ТТ-2 – Schneider Electric ТИ 400/5 А;

ТТ-3 – Schneider Electric ТИ 160/5 А;

ТТ-4 – Schneider Electric ТИ 300/5 А;

ТТ-5 – Schneider Electric ТИ 75/5 А;

ТТ-6 – Schneider Electric ТИ 100/5 А;

ТТ-7 – Schneider Electric ТИ 100/5 А;

ТТ-8 – Schneider Electric ТИ 150/5 А.

Распределительное устройство – Schneider Electric SM6 с номинальным током 1600 А и максимальным – 30 кА.

Для наглядности выбор автоматических выключателей и кабелей для каждого электроприемника в отдельности и узлов в целом сведен в приложение А.

## **5 Расчёт токов короткого замыкания**

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

В данном разделе необходимо провести анализ КЗ, произошедшего на самом близком и мощном потребителе. Обычно короткое замыкание возможно в 3 точках, на выходе из трансформатора, на шинопроводе, и на кабеле возле источника. Самый ближайший (он же самый мощный) ЭП к источнику: Печь электрическая туннельная UTFKiev.

Схема для расчета КЗ представлена на рисунке 5.

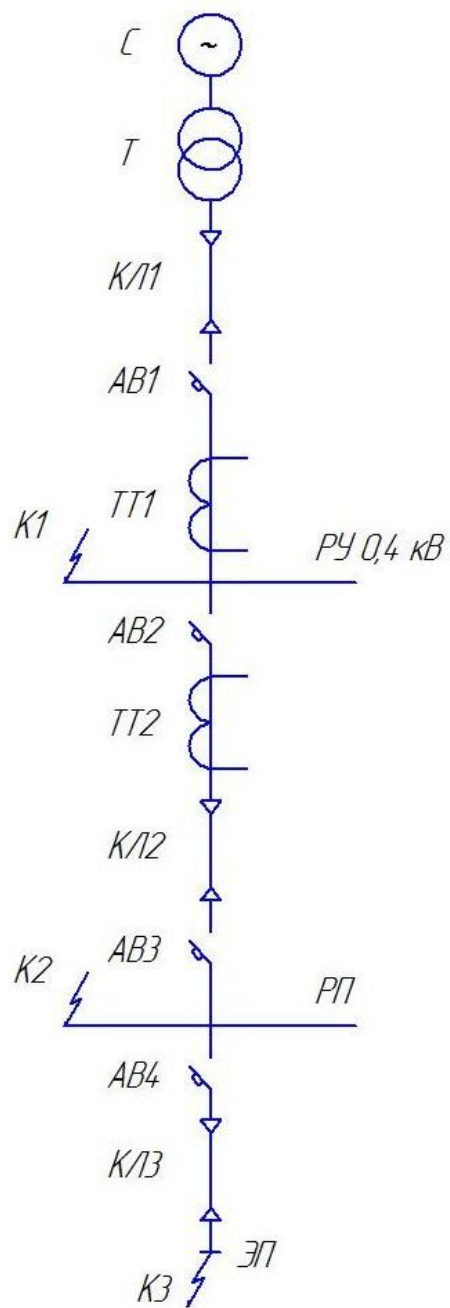


Рисунок 5 – Схема для расчета К3

Схема замещения для расчета К3 представлена на рисунке 6.

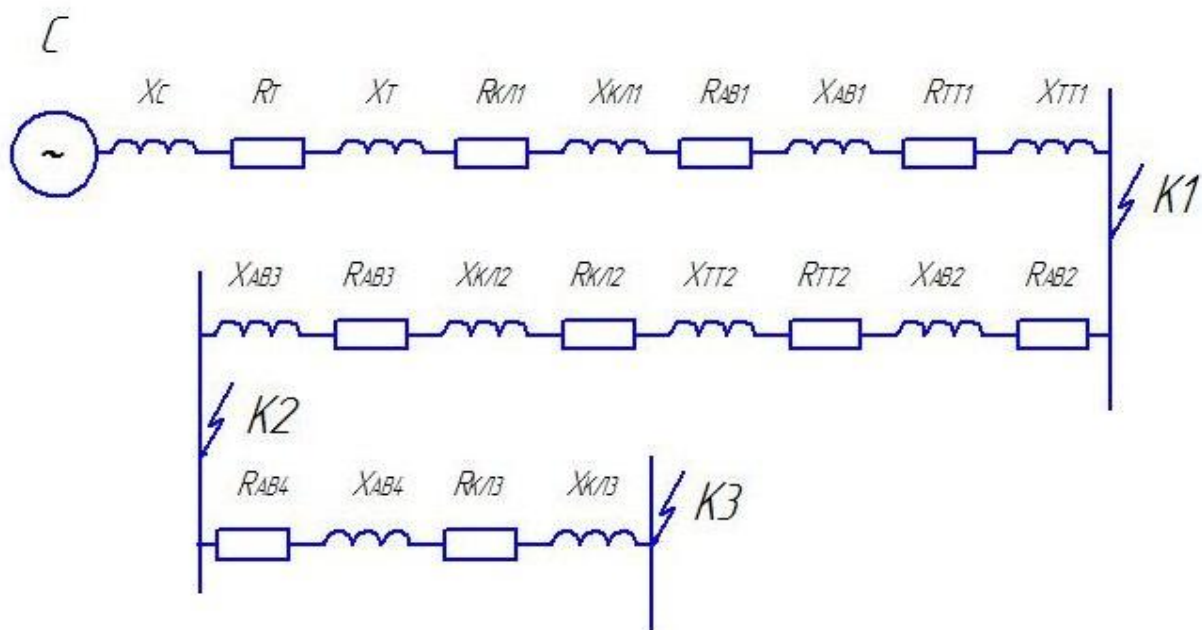


Рисунок 6 – Схема замещения для расчета КЗ

Параметры для расчета тока КЗ на самом близком потребителе:

Трансформатор:  $U_k=5,5\%$ ,  $\Delta P_T = 7,6 \text{ кВт}$ .

Шинопровод ШМА-1:  $r_{ШРА-1} = 0,079 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}$ ,  $x_{ШРА-1} = 0,0358 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}$ ,  $l = 36 \text{ м}$ .

Шинопровод ШРА-1:  $r_{ШРА-2} = 0,15 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}$ ,  $x_{ШРА-2} = 0,17 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}$ ,  $l = 42 \text{ м}$ .

Кабель КЛ1:  $r_{КЛ1} = 0,256 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}$ ,  $x_{КЛ1} = 0,063 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}$ ,  $l = 1 \text{ м}$ .

Трансформатор тока системы:  $r = 0,11 \text{ МОм}$ ,  $x = 0,17 \text{ МОм}$ .

Автоматический выключатель системы:  $r = 0,25 \text{ МОм}$ ,  $x = 0,1 \text{ МОм}$ .

Трансформатор тока шинпровода:  $r = 0,42 \text{ МОм}$ ,  $x = 0,67 \text{ МОм}$ .

Автоматический выключатель шинпровода:  $r = 1,1 \text{ МОм}$ ,  $x = 0,5 \text{ МОм}$ .

Автоматический выключатель ЭП:  $r = 1,3 \text{ МОм}$ ,  $x = 0,7 \text{ МОм}$ .

Решение:

$$z_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 13,968 \text{ МОм};$$

$$r_T = \Delta P_{кз} \cdot \frac{U_H^2}{S_T^2} = 7,6 \cdot \frac{0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 3,064 \text{ МОм};$$

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = \sqrt{13,968^2 - 3,064^2} = 13,628 \text{ МОм}.$$

$$\begin{aligned} z_{\Sigma 1} &= \sqrt{r_{TT-1} + r_{AB-1} + r_T + r_{ШМА-1}^2 + x_{TT-1} + x_{AB-1} + x_T + x_{ШМА-1}^2} = \\ &= \sqrt{0,11 + 0,25 + 3,064 + 0,079 \cdot 36^2} = \\ &= \sqrt{0,17 + 0,1 + 13,628 + 0,0358 \cdot 36^2} = \\ &= 22,3733 \text{ МОм}. \end{aligned}$$

Ток в точке К1:

$$I_{K1} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma 1}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0224} = 10,32 \text{ кА}.$$

Ударный ток в точке К1:

$$\frac{x}{r} = \frac{x_C + x_{TT-C} + x_{A-C} + x_T + x_{ШРА-1}}{r_{TT-C} + r_{A-C} + r_T + r_{ШРА-1}} = \frac{15,1868}{6,268} = 2,423;$$

$$1 + e^{\left( \frac{-0,01}{\frac{x}{r} \cdot \omega} \right)} = 1 + e^{\left( \frac{-0,01}{2,423 \cdot 314} \right)} = 1,99;$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot I_{K1} = 29,189 \text{ кА}.$$

Расчет точки К2:

$$\begin{aligned}
 z_{\Sigma 2} &= z_{\Sigma 1} + \sqrt{r_{TT-2} + r_{AB-2} + r_{ШРА-1}^2 + x_{TT-2} + x_{AB-2} + x_{ШРА-1}^2} = \\
 &= 22,3733 + \sqrt{0,42 + 1,1 + 0,256 \cdot 42^2} = 27,3966 \text{ мОм}; \\
 &\quad + \sqrt{0,67 + 0,5 + 0,063 \cdot 42^2} \\
 I_{K2} &= \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma 2}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0274} = 8,4295 \text{ кА}.
 \end{aligned}$$

Ударный ток в точке К2:

$$\begin{aligned}
 \frac{x}{r} &= \frac{23,4968}{14,088} = 1,66786; \\
 1 + e^{\left( \frac{-0,01}{\frac{x}{r} \cdot 314} \right)} &= 1 + e^{\left( \frac{-0,01}{1,66786 \cdot 314} \right)} = 1,99; \\
 i_{y2} &= \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot I_{K2} = 23,842 \text{ кА}.
 \end{aligned}$$

Ток в точке К3:

$$\begin{aligned}
 z_{\Sigma 3} &= z_{\Sigma 2} + \sqrt{r_{AB-3} + r_{КЛ-1}^2 + x_{AB-3} + x_{КЛ-1}^2} = \\
 &= 27,3966 + \sqrt{1,3 + 0,25 \cdot 1^2 + 0,7 + 0,063 \cdot 1^2} = 28,8665 \text{ мОм}; \\
 I_{K3} &= \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma 3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0289} = 8 \text{ кА}.
 \end{aligned}$$

Ударный ток в точке К3:

$$\frac{x}{r} = \frac{24,2598}{15,644} = 1,5507;$$

$$1 + e^{\left(\frac{-0,01}{\frac{x}{r} \cdot 314}\right)} = 1 + e^{\left(\frac{-0,01}{1,5507 \cdot 314}\right)} = 1,99;$$

$$i_{y3} = \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot I_{K3} = 22,627 \text{ кА}.$$

Исходя из полученных результатов, можно сказать, что оборудование выдерживает ударный и трёхфазный ток короткого замыкания. В варианте для самого ближайшего потребителя. Ударный ток в К1=29,189 кА, максимальный ток, который может выдержать выключатель – 30 кА. Ток в К2=23,842 кА, максимальный ток, который может выдержать выключатель – 25 кА. Ток в точке К3=22,627 кА, максимальный ток, который может выдержать выключатель – 25 кА.



## 6 Монтаж КТП

Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки производятся в тупиковом (КТПН-Т) или в проходном (КТПН-П) исполнении, с вводом со стороны ВН воздушным или кабельным и выходом, со стороны НН воздушным или кабельным, а так же в двухтрансформаторном или однострансформаторном исполнении.

Подстанции следует устанавливать в взрывобезопасной среде, не содержащей едкие пары и газы, а также в местах не подверженных сильной вибрации.

Место установки подстанции и расстояние до соседних сооружений должны соответствовать правилам пожарной безопасности и правилам устройства электроустановок (ПУЭ). В то же время в любом случае должны быть обеспечены:

- пожарный подъезд;
- выкатка и транспортировка силового трансформатора;
- свободный приток и отвод воздуха через жалюзи.

КТПН устанавливается на подготовленный ленточный фундамент, на подготовленную площадку из железобетонных плит. Установка производится без силового трансформатора и заземляется. Отметка верха фундамента принимается +0,2...+1,5 м над уровнем земли. Высота опорной конструкции выбирается в зависимости от следующих факторов:

- высота снегового покрова в зоне установки для предотвращения заметания приточных жалюзийных решеток;
- исполнение кабельных вводов и необходимость их обслуживания.

После установки КТПН следует смонтировать все монтажные изделия и электроаппаратуру, поставляемые комплектно с КТПН в демонтированном на период транспортировки виде.

Заземляющее устройство выполняется в соответствии с ПУЭ и проектом установки подстанции.

Подключение вводов УВН, установка и подключение трансформатора к УВН и РУНН, соединение сборных шин секций производится только после окончательной установки, сборки и заземления КТПН на месте ее дальнейшей эксплуатации.

При исполнении КТПН с воздушным вводом со стороны ВВ на крыше КТПН устанавливается высоковольтный блок, состоящий из:

- токопроводников на опорных изоляторах;
- проходных изоляторов;
- траверсы со штыревыми опорными изоляторами;
- ограничителей перенапряжения.

## Заключение

Повышенная производительность труда и надежное электроснабжение – это далеко не все, что дает нам полная реконструкция системы электроснабжения ОАО “Жигулевский хлебозавод”. Данная схема, также минимизирует время вывода оборудования из работы, в случае каких-либо аварий или ремонтных работ, проходящих непосредственно в основном оборудовании.

В этой выпускной квалификационной работе мы реконструировали текущую ТП, демонтировав подстанцию вместо с щитом управления. Мы ввели в работу комплектную трансформаторную подстанцию, запитав распределительные пункты и электроприемники с помощью шин комплектной трансформаторной подстанции. Данное решение позволит сэкономить денежные средства, а также обеспечит наиболее полное заполнение электрической схемы завода. Преимуществом данной схемы является также то, что ее использование позволяет снизить затраты на ремонт и поддержание в эксплуатации текущего оборудования. Также стоит отметить, что данная схема отличается высококлассной надежностью и позволяет осуществлять подачу питания без перебоев, даже в самые загруженные смены.

Применение рациональных решений, выбирая наиболее выгодные сечения кабелей, выбирая защитную аппаратуру, ведут к оптимизации системы электроснабжения производственного предприятия. Данные мероприятия позволяют сократить непроизводственные расходы, за счет этого у предприятия появляются необходимые ресурсы, которые позволят расширить производство и увеличить количество выпускаемой продукции ОАО “Жигулевский хлебозавод”.

## Список использованных источников

1. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2007.
2. Вахнина, В.В. Проектирование осветительных установок : учебное пособие / В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2008.
3. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения машиностроительных предприятий : учебное пособие/ В.В. Вахнина, В.Л. Горячева, Ю.В. Стёпкина. – Тольятти : ТГУ, 2004.
4. Вахнина, В.В. Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия : методические указания по курсовому проектированию / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти : ТГУ, 2008.
5. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие / В.В. Вахнина. – Тольятти : ТГУ, 2006.
6. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2007 г. – М.: КНОРУС, 2007.
7. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии // Инструктивные материалы Главгосэнергонадзора – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 276 – 326.
8. Карпов Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. – М.: Энергия, 1975. – 184 с.
9. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.

10. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений/Б.И. Кудрин.- М.: Интермет Инжиниринг 2007.

11. Рожин, А.Н. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. Пособие для выполнения курсового и дипломного проектов /А.Н. Рожин, Н.С. Бакшаева.- Киров: Изд-во ВятГУ 2006.

12. Рекус, Г.Г. Электрооборудование производств: учеб. пособие. Москва: Высшая школа 2005.

13. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / Э.А. Киреева.- И.: Кнорус 2011.

14. Шлыков, С.В. Потребители электрической энергии : учеб. пособие / С.В. Шлыков, В.А. Шаповалов, Н.А. Шаповалова. – Тольятти: ТГУ 2011.

15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

16. Edvard C. Lighting Essentials You Can't Deny [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/3-lighting-essentials-you-cant-deny> -(дата обращения 22.02.16)

17. Edvard C. How residual current device (RCD) works? [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/how-residual-current-device-rcd-works> -(дата обращения 25.02.16)

18. Edvard C. Maintenance Of Low Voltage Circuit Breakers [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/maintenance-of-low-voltage-circuit-breakers> - (дата обращения 25.02.16).

19. Edvard C. The Case Of Real Time Reactive Compensation [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/the-case-of-real-time-reactive-compensation> - (дата обращения 20.02.16).

20. Edvard C. Types of electrical power distribution systems [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/types-of-electrical-power-distribution-systems>

[portal.com/types-of-electrical-power-distribution-systems](http://portal.com/types-of-electrical-power-distribution-systems) - (дата обращения 20.02.16).

Приложение А – Выбор оборудования

№	Наименование электроприемников	Ip, А	Автоматические выключатели	Кабель
1	2	3	4	5
1	Тестомесильная машина Г4-МТМ-330-01	21,1494	SE Acti 9 iC60H (25 А)	АВВГ – 3х4+1х2,5
2	Льдогенератор ВРЕМА СВ-316	0,66799	SE Acti 9 iC60H (1,6 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
3	Пончиковая машина Гольфстрим-2	9,11962	SE Acti 9 iC60H (13 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
4	Формовочная машина для лаваша	3,96928	SE Acti 9 iC60H (5 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
5	Печь электрическая туннельная UTFKiev	94,2361	SE Compact NSX (100 А)	АВВГ – 3х25+1х16
6	Увлажнитель автоматический УЛ-07	2,11494	SE Acti 9 iC60H (3 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
7	Транспортер стабилизационный UTFKiev	0,66799	SE Acti 9 iC60H (1,6 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
8	Транспортер накопительный UTFKiev	0,66799	SE Acti 9 iC60H (1,6 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
9	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	12,7371	SE Acti 9 iC60H (16 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
10	Просеиватель муки Пионер П2-П	2,11494	SE Acti 9 iC60H (3 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
11	Транспортер Нория Н10	3,96928	SE Acti 9 iC60H (5 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5
12	Линия просеивания Бурат	2,88401	SE Acti 9 iC60H (4 А)	АВВГ – 3х2+1х1,5

## Продолжение приложения А

13	Шнековый транспортер с вибратором	3,60844	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
14	Воздуходувка ЭФ-106	31,4182	SE Acti 9 iC60H (40 A)	ABBГ – 3x5+1x4
15	Емкость с питателем и вибратором	4,61441	SE Acti 9 iC60H (6 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
16	Холодильная установка POLAIR SM222SF	2,9774	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
17	Холодильная установка POLAIR SM226SF	2,9774	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
18	Холодильная установка ALS-117	2,41765	SE Acti 9 iC60H (3 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
19	Заварочная машина ХЗМ-200	4,22988	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
20	Насос перекачивающий НЦМ-1	1,3536	SE Acti 9 iC60H (2 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
21	Емкость с питателем	2,88401	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
22	Парогенератор ПЭЭ-30	40,7588	SE Acti 9 iC60H (50 A)	ABBГ – 3x8+1x6
Итого по ШРА-1		340,649	SE Compact NS (400 A)	SE Canalis KS (400 A)
1	Печь хлебопекарная ФТЛ-2 с газовой горелкой ГБГ 16/32	10,2841	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
2	Шкаф для окончательной расстойки Р-1-57	6,79313	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5



## Продолжение приложения А

3	Конвейер отводящий для готовой продукции	5,41266	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
4	Конвейер подающий	5,41266	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
5	Дёжеопрокидыватель А2-ХП2-Д	6,18526	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
6	Тестоделитель Кузбасс 68-2М	7,21688	SE Acti 9 iC60H (10 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
7	Хлеборезка Аго-Слайсер 21	3,96928	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
8	Тестоделитель Восход ТД-4М	1,80422	SE Acti 9 iC60H (2,5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
9	Тестоокруглитель ТО-5	5,47961	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
10	Котел Е-1-0,9Г	10,8253	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
11	Вентиляция ВД-6,3	9,76513	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
12	Токарный станок 16K25	46,8876	SE Acti 9 iC60H (50 A)	ABBГ – 3x10+1x8
13	Фрезерный станок 6Н10	10,8202	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
14	Вертикально-сверлильный станок 2Н125	5,4101	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
15	Сварочный трансформатор ВД306-У3	41,1221	SE Acti 9 iC60H (50 A)	ABBГ – 3x8+1x6

## Продолжение приложения А

16	Заточный станок ТШ-2	7,21347	SE Acti 9 iC60H (10 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
17	Заточный станок ТШ-3	10,8202	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
18	Строгальный станок Корвет 101	3,96741	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
19	Циркуляционный станок Корвет 13М	5,4101	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
Итого по ШРА-2		282,782	SE Compact NS (320 A)	SE Canalis KS (400 A)
1	Приточно-вытяжная установка Климат-40С-ПВР	50,9485	SE Acti 9 iC60H (63 A)	ABBГ – 3x10+1x8
2	Тепловая завеса Купол	42,4571	SE Acti 9 iC60H (50 A)	ABBГ – 3x8+1x6
3	Мойка высокого давления Портотехника Торнадо А180Г	9,0009	SE Acti 9 iC60H (10 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
4	Компьютер	0,76907	SE Acti 9 iC60H (1,6 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
5	Кондиционер R9	4,99895	SE Acti 9 iC60H (6 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
6	Дёжеопркидыватель А2-ХП2-Д	3,09263	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
7	Тестоделитель Восход ТД-3	2,81458	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
8	Тестоделитель Восход ТД-4М	1,80422	SE Acti 9 iC60H (2,5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
9	Шкаф предварительной расстойки Восход Бриз-Плюс	2,12285	SE Acti 9 iC60H (3 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5

## Продолжение приложения А

10	Тестокачаточная машина ТЗ-3М	2,88401	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
11	Тестоокруглитель ТО-5	5,47961	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
12	Печь газовая ПР-150Г	5,41266	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
13	Делитель-округлитель Sottoriva SP	0,90211	SE Acti 9 iC60H (1,5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
14	Хлеборезка Strom-Auto	3,14852	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
15	Тестокачаточная машина А2-ХПО/7	1,442	SE Acti 9 iC60H (2 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
16	Вентиляция ВД-8	11,888	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
Итого по ШРА-3		153,847	SE Compact NSX (160 A)	SE Canalis KN (160 A)
1	Тестомесильная машина Восход Прима 300Р	33,8409	SE Acti 9 iC60H (40 A)	ABBГ – 3x5+1x4
2	Тестомесильная машина А2-ХТ-3Б	9,13269	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
3	Тестомесильная машина ТММ-140	3,59578	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
4	Тестомесильная машина ТИТАН 8С-L	7,05659	SE Acti 9 iC60H (10 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
5	Кремозбивальная машина МВУ-60	4,22988	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
6	Льдогенератор BREMA GB 1540A	1,17318	SE Acti 9 iC60H (2 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5

## Продолжение приложения А

7	Круасан-машина BABY 2800	2,69024	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
8	Тестораскаточная машина Teknostamar Lam	2,88401	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
9	Плита электрическая Лысьва ЭП401СТ	2,27991	SE Acti 9 iC60H (3 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
10	Печь газовая ПР-150Г	5,41266	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2,5+1x2
11	Шкаф окончательной расстойки Климат Агро 24/36	34,3023	SE Acti 9 iC60H (40 A)	ABBГ – 3x5+1x4
12	Печь электрическая PFS-9E	22,0391	SE Acti 9 iC60H (25 A)	ABBГ – 3x2,5+1x2
13	Холодильная установка POLAIR SM113SF	1,51554	SE Acti 9 iC60H (2,5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
14	Холодильная установка POLAIR SM218SF	2,07529	SE Acti 9 iC60H (3 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
15	Просеиватель муки Пионер П2-П	2,11494	SE Acti 9 iC60H (3 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
16	Шнековый транспортер AIP100L4Y3	7,21688	SE Acti 9 iC60H (10 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
17	Дозатор воды БВГ-03М	11,536	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
18	Духовой шкаф (жаровня) ФЗСЭ-600	15,0474	SE Acti 9 iC60H (20 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
Итого по ШРА-4		192,901	SE Compact NSX (250 A)	SE Canalis KS (250 A)

## Продолжение приложения А

1	Холодильная витрина ВХС-1,8	0,45149	SE Acti 9 iC60H (1 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
2	Холодильная камера ШХ-1,4	0,45149	SE Acti 9 iC60H (1 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
3	Кондиционер BALLU BSA-24HN1	4,24035	SE Acti 9 iC60H (6 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
4	Холодильная витрина Рапсодия R750MC	0,90211	SE Acti 9 iC60H (1,6 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
5	Кондиционер R9	4,69097	SE Acti 9 iC60H (6 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
6	Компьютер	0,76907	SE Acti 9 iC60H (1,6 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
7	Кондиционер R9	4,99895	SE Acti 9 iC60H (6 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
8	Кондиционер R12	6,72935	SE Acti 9 iC60H (8 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
Итого по ШРА-5		54,6849	SE Compact NSX (63 A)	SE Canalis KN (63 A)
1	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	12,7371	SE Acti 9 iC60H (16 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
2	Машина для выдува пластиковой тары СП-8У	0,16983	SE Acti 9 iC60H (1 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5
3	Машина для разогрева пластиковой тары СП-8/2	12,1595	SE Acti 9 iC60H (16 A)	АВВГ – 3х2+1х1,5

## Продолжение приложения А

4	Машина для розлива напитков ЛД	2,70633	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
5	Водоохладитель ВХ-1000	18,0422	SE Acti 9 iC60H (20 A)	ABBГ – 3x2,5+1x2
6	Упаковочная машина ТПЦ-550	24,9947	SE Acti 9 iC60H (32 A)	ABBГ – 3x3+1x2,5
Итого по ШРА-6		70,1145	SE Compact NSX (80 A)	SE Canalis KN (100 A)
1	Тестоотсадочная машина Teknostamar	3,84534	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
2	Тестомесильная машина ТММ-140	3,59578	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
3	Холодильная установка ММ20А	3,2476	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
4	Холодильная установка ММ24В	3,78886	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
5	Тепловая завеса Ballu ВНС 18.000TR	16,238	SE Acti 9 iC60H (20 A)	ABBГ – 3x2,5+1x2
6	Холодильная установка MAZ 32002F	3,96928	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
7	Холодильная установка MGM-315s	3,2476	SE Acti 9 iC60H (4 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
8	Кондиционер R24	13,4587	SE Acti 9 iC60H (16 A)	ABBГ – 3x4+1x2,5
9	Компьютер	0,76907	SE Acti 9 iC60H (1,6 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
10	Ростер для обжарки кофе Toper ТКМ-60	13,8432	SE Acti 9 iC60H (16 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5

## Продолжение приложения А

11	Упаковочная машина	5,28559	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
12	Насос Grundfos UPS32-120	0,6856	SE Acti 9 iC60H (1,6 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
13	Компрессорная установка СБ4/Ф-500.LT100	12,7371	SE Acti 9 iC60H (16 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
Итого по ШРА-7		84,5635	SE Compact NSX (100 A)	SE Canalis KN (100 A)
1	Печь газовая ПР-150	5,41266	SE Acti 9 iC60H (8 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
2	Печь электрическая PFS-9E	22,0391	SE Acti 9 iC60H (25 A)	ABBГ – 3x3+1x2,5
3	Кремозбивальная машина МВУ-60	4,22988	SE Acti 9 iC60H (5 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
4	Плита 4-хкомф.	7,2957	SE Acti 9 iC60H (10 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
5	Вентиляция ВД-6,3	9,76513	SE Acti 9 iC60H (13 A)	ABBГ – 3x2+1x1,5
Итого по ШРА-8		130,115	SE Compact NSX (160 A)	SE Canalis KN (160 A)
От ТП до РП (ШМА)		1309,65	SE Compact NS (1600 A)	SE Canalis КТ (1600 A)

От трансформаторной подстанции до распределительного устройства берем шинопровод SE Canalis КТ с номинальным током 1600 А и пиковым – 78,7 кА.