

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)

Энергосбережение и энергоаудит
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Повышение энергетической эффективности системы электроснабжения
производственного корпуса по розливу молочной продукции

Студент

Н. В. Фролов
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент А.В. Кириллова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

В бакалаврской работе представлено электроснабжение производства линии розлива молочной продукции АО «Тольяттимолоко». Были выполнены расчеты согласно государственным стандартам, а именно ПУЭ. В бакалаврской работе были выполнены расчеты нагрузок, тока короткого замыкания, потери трансформатора.

Выпускная квалификационная работа содержит такие расчеты, как:

- расчет нагрузок предприятия;
- расчет силовой части электрооборудования;
- расчеты электрического освещения;
- расчет номинальных токов;
- расчет токов короткого замыкания;
- расчет потерь электроэнергии в трансформаторе;
- расчет потерь электроэнергии в трансформаторе линии розлива при минимальных электрических нагрузках в течении 5 часов;
- Расчет заземления.

Бакалаврская работа состоит из записки с пояснением объемом в 49 страниц, а также графической части на 6 листах, которые имеют формат А1. Также присутствуют 6 таблиц и 6 рисунков и 66 формул.

Abstract

The title of the graduation work is « Increasing the energy efficiency of the power supply system for the production facility bottling dairy products».

The graduation work consists of an introduction, seven parts, conclusion, tables, a list of references, including foreign sources, and graphic part on 6 A1 sheets.

We touch upon the problem of increasing the energy efficiency of the power supply system for the production facility bottling dairy products of JSC Togliattimoloko located in Togliatti.

The purpose of this work is to calculate the electrical losses of the transformer and their reductions.

The graduation work can be divided into two parts. In the first the minimum and maximum consumption of electricity for bottling dairy products is compiled. In the second part, electrical losses are calculated and technical and economic measures are taken to minimize electrical losses.

Finally, as a result of calculations and the economic considerations we adopted, it was possible to reduce the energy consumption of the dairy bottling line under investigation.

In conclusion, we'd like to stress that this work may be of great interest for other enterprises where the operating mode is uneven and abrupt in terms of electricity consumption, this work will reduce electricity costs and increase the energy efficiency of enterprises.

Содержание

Введение.....	5
1 Перечень электрооборудования предприятия.....	6
2 Расчет нагрузок предприятия.....	9
2.1 Расчет силовой части электрооборудования.....	9
2.2 Расчеты электрического освещения.....	15
3 Выбор силовых трансформаторов.....	22
4 Расчет номинальных токов.....	26
5 Расчет токов короткого замыкания.....	28
6 Рекомендации к снижению энергопотребления.....	39
6.1 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторе.....	39
6.2 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторе линии розлива при минимальных электрических нагрузках в течении 5 часов.....	42
7 Расчет заземления.....	45
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	48

Введение

Тольяттимолоко выпускает в год до 150 тонн молочной продукции, до 100 тонн кисломолочной продукции и до 50 тонн творожной продукции, уверенно наращивает объёмы производства и расширяет ассортимент, который насчитывает более 70 позиций. На производстве работает около 100 человек. Завод представляет собой прямоугольное здание, состоящее из двух этажей. На первом располагается линия розлива и масло цех, а также осуществляется прием молока из молоковозов, на втором творожная и линия закваски (кефир). Имеется 2 больших склада готовой продукции на первом этаже для молочной продукции и масла, на втором для творожной продукции также предприятие оборудовано большим грузовым лифтом.

В перспективе развития «Тольяттимолоко», при планомерном наращивании производства, входит освоение новой технологии упаковки продукции. С каждым годом компания расширяет свою деятельность в социальной и благотворительной сферах.

В данной бакалаврской работе будет произведен расчет нагрузок и повышение энергоэффективности линии розлива молочной продукции, также расчет реактивных и активных потерь электрооборудования установленного на линии розлива молочной продукции, будут обозначены и рассчитаны меры по снижению электрических потерь линии розлива, от этого будет зависеть не только целостное состояние электрооборудование но и скажется на общем электропотреблении и его оптимизации что в конечном счете приведет к экономии.

Будут рассчитаны номинальные токи и токи короткого замыкания, также будет выполнен расчет заземления.

Цель бакалаврской работы заключается в повышении энергетической эффективности системы электроснабжения производственного корпуса по розливу молочной продукции.

1 Краткое описание производственного объекта проектирования

АО «Тольяттимолоко» является крупным поставщиком молочной продукции и от того насколько правильно будет осуществлен расчет электроприемников будет зависеть целостная экономическая энергоэффективность не только нашей рассматриваемой линии производства молочной продукции, но и всего предприятия.

Линия розлива молочной продукции имеет как комнаты отдыха, так и склады упаковок для молочной продукции.

Предприятие работает в 2 смены, имеет 2 категорию в энергоснабжении.

Установленное электрооборудование линии розлива молочной продукции с расчетами потребляемой мощности представлено в таблице 1.

План с расстановкой электрооборудования представлен на чертеже №2.

Предприятие находится по следующему адресу: Россия, Самарская область, город Тольятти, улица Коммунальная 26, строение 2.

Расположение предприятия представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Расположение АО «Тольяттимолоко»

Таблица 1 - Перечень электрооборудования молочного завода «Гольяттмолоко»

Кол- во штук	Наименование электрооборудования	(P_{nom}) кВт	Примечания
1	Tauras-fenix	5	Разливочно - упаковочный автомат, предназначен для розлива более тягучего продукта таких как кефир.
1	Nichrome FILPACK 5000	15	Автомат для розлива молока в пакеты, производительность 5000 пакетов в час.
2	АДНК 39	2	Автомат для розлива в пластиковые стаканчики, предназначен в основном для розлива йогурта в пластмассовую тару (стаканчики).
1	Galdi RG 50UCS	28,7	Разливочная машина в пакеты пюр-пак.
1	Elopak P-S50	38	Асептическая линия розлива, 5100 упаковок в час объемом 0,5 и 1л.
2	Royal Clima CO-4C 60HNR	6,26	Сплит система.
5	Конвейер горизонтальный	2,2	Транспортировка молочной продукции.
6	Резервуар универсальный Я1-ОСВ	0,75	Хранение молока для дальнейшей транспортировки на автоматы розлива.
1	Сепаратор молокоочиститель Ж5-ОМ-	18	Очистка молока от механических примесей.
1	Гомогенизатор Р9-ОГЗМ-5,0	27	Гомогенизатор предназначен для обработки молока.
1	Пастеризационная установка AISI-304	4,2	Пластинчатая пастеризационно – охладительная установка предназначена для пастеризации и охлаждения (подогрева) молока в закрытом потоке при автоматическом контроле и регулировании температуры технологического процесса.

Этапы производства молочной продукции линии розлива:

Автомолцистерна поставляет молоко из которого в дальнейшем берут пробу молока и несут в лабораторию там смотрят его органолептику, жирность, кислотность, плотность, наличие антибиотиков и т.д. Далее по программе меркурий проверяют его в базе данных. После успешной проверки начинается скачивание молока.

В процессе скачивания, молоко проходит по трубопроводу, на котором установлен счетчик объема молока. Далее молоко через фильтр попадает на сепаратор где очищается от механических примесей и затем поступает в резервуар где оно храниться при температуре от 4 до 6 плюс градусов Цельсия.

Пастеризованное молоко через гомогенизатор и пастеризационную охлаждающую установку поступает в резервуар где находится при температуре 4 плюс минус 2 градуса. Далее контролер проверяет его качество и дает разрешение на розлив. Молоко поступает в розливочно упаковочные автоматы и далее по горизонтальным конвейерам поступает на склад готовой продукции.

Вывод: В данном разделе был представлен перечень электрооборудования рассматриваемой нами линии производства молочной продукции, а также были рассмотрены этапы производства.

2 Расчет нагрузок предприятия

2.1 Расчет силовой части электрооборудования

Расчет электрических нагрузок, один из немаловажных пунктов при промышленном электроснабжении любого предприятия и любой отрасли, ведь по расчетам нагрузок определяются и подбираются параметры сечения проводов, а также мощность по которой будет выбираться трансформатор.

1.) Для начала по табличным данным определим коэффициент использования K_u , а также мощность $\cos f$ наших электроприемников.

2.) вычислим активные средние нагрузки активные P_{cp} и реактивные Q_{cp} :

$$P_{cp} = K_u \cdot P_H, \quad (1)$$

$$Q_{cp} = K_u \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} f.$$

3.) Используя значения n_ε и K_u с помощью табличных данных находим максимальный коэффициент K_{max} , рассчитываем активные $P_{расч}$ и реактивные $Q_{расч}$:

$$P_{расч} = K_M \cdot P_c, \quad (2)$$

$$Q_{расч} = 1,1 Q_{cp} \text{ при } n_\varepsilon \leq 10,$$

$$Q_{расч} = Q_{cp} \text{ при } n_\varepsilon > 10.$$

Для начала произведем расчёты суммарной активной мощности электроприемников, для линии розлива молочной продукции.

$$P_{H\Sigma} = P_{ном} \cdot n \quad (3)$$

Упаковочный автомат розлива Taurus-fenix:

$$P_{н\Sigma} = 5 \text{ кВт}$$

Автомат розлива молочной продукции Nichrome FILPACK 5000:

$$P_{н\Sigma} = 15 \text{ кВт}$$

Автомат розлива в пластмассовые стаканчики АДНК 39:

$$P_{н\Sigma} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ кВт.}$$

Разливочная машина молока Galdi RG 50UCS:

$$P_{н\Sigma} = 28,7 \text{ кВт.}$$

Асептическая линия розлива Elopak P-S50:

$$P_{н\Sigma} = 38 \text{ кВт.}$$

Сплит система цеха Royal Clima CO-4C 60HNR:

$$P_{н\Sigma} = 6,26 \cdot 2 = 12,52 \text{ кВт.}$$

Конвейер горизонтальный:

$$P_{н\Sigma} = 2,2 \cdot 5 = 11 \text{ кВт.}$$

Резервуар универсальный Я1-ОСВ:

$$P_{н\Sigma} = 0,75 \cdot 6 = 4,5 \text{ кВт.}$$

Сепаратор молокоочиститель Ж5-ОМ-2ЕС:

$$P_{н\Sigma} = 18 \text{ кВт.}$$

Гомогенизатор Р9-ОГЗМ-5,0:

$$P_{н\Sigma} = 27 \text{ кВт.}$$

Пастеризационная установка AISI-304:

$$P_{н\Sigma} = 4,2 \text{ кВт.}$$

Определим значение силового коэффициента:

$$m = \frac{P_{н \max}}{P_{н \min}}, \quad (4)$$

$$m = \frac{38}{4} = 9,5 > 3.$$

Рассчитаем средние нагрузки активную и реактивную по формулам, представленным ниже:

$$P_{ср н} = P_{ном} \cdot K_{ис}, \quad (5)$$

$$Q_{ср н} = P_{ср н} \cdot \operatorname{tg} f. \quad (6)$$

Упаковочный автомат розлива Taurus-fenix:

$$P_{ср н} = 5 \cdot 0,50 = 2,5 \text{ кВт,}$$

$$Q_{ср н} = 2,5 \cdot 0,75 = 1,785 \text{ квар.}$$

Автомат розлива молочной продукции Nichrome FILPACK 5000:

$$P_{ср н} = 15 \cdot 0,50 = 7,5 \text{ кВт,}$$

$$Q_{ср н} = 7,5 \cdot 0,70 = 5,25 \text{ квар.}$$

Автомат розлива в пластмассовые стаканчики АДНК 39:

$$P_{ср н} = 4 \cdot 0,40 = 1,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{ср н} = 1,6 \cdot 0,50 = 0,8 \text{ квар.}$$

Разливочная машина молока Galdi RG 50UCS:

$$P_{ср н} = 28,7 \cdot 0,60 = 17,22 \text{ кВт},$$

$$Q_{ср н} = 17,22 \cdot 0,60 = 10,322 \text{ квар.}$$

Асептическая линия розлива Еlorак P-S50:

$$P_{ср н} = 38 \cdot 0,60 = 22,8 \text{ кВт},$$

$$Q_{ср н} = 22,8 \cdot 0,60 = 13,68 \text{ квар.}$$

Сплит система цеха Royal Clima CO-4C 60HNR:

$$P_{ср н} = 12,52 \cdot 0,50 = 6,26 \text{ кВт},$$

$$Q_{ср н} = 6,26 \cdot 0,50 = 3,13 \text{ квар.}$$

Конвейер горизонтальный:

$$P_{ср н} = 11 \cdot 0,50 = 5,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{ср н} = 5,5 \cdot 0,60 = 3,3 \text{ квар.}$$

Резервуар универсальный Я1-ОСВ:

$$P_{cp \ n} = 4,5 \cdot 0,60 = 2,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp \ n} = 2,7 \cdot 0,60 = 1,62 \text{ квар.}$$

Сепаратор молокоочиститель Ж5-ОМ-2ЕС:

$$P_{cp \ n} = 18 \cdot 0,60 = 10,8 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp \ n} = 10,8 \cdot 0,60 = 6,48 \text{ квар.}$$

Гомогенизатор Р9-ОГЗМ-5,0:

$$P_{cp \ n} = 27 \cdot 0,60 = 16,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp \ n} = 16,2 \cdot 0,60 = 9,72 \text{ квар.}$$

Пастеризационная установка AISI-304:

$$P_{cp \ n} = 4,2 \cdot 0,50 = 2,1 \text{ кВт},$$

$$Q_{cp \ n} = 2,1 \cdot 0,50 = 1,05 \text{ квар.}$$

Определение среднего коэффициента, а также среднего $tg f$:

$$K_{н.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н}}, \quad (7)$$

$$K_{и.ср} = \frac{95,18}{167,92} = 0,56,$$

$$\operatorname{tg} f = \frac{P_{см}}{Q_{см}}, \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} f = \frac{95,18}{57,14} = 1,66.$$

Определяем так называемое эффективное число наших электроприемников линии розлива молочной продукции:

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot \sum P_{н}}{P_{н \max}}, \quad (9)$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot 167,92}{38} = 8 \text{ шт.},$$

$$K_m = 2,40.$$

Рассчитаем активные и реактивные нагрузки наших трехфазных электроприемников установленных на линии розлива молочной продукции:

$$P_p = P_{см} \cdot K_m, \quad (10)$$

$$P_p = 95,18 \cdot 2,40 = 228,432 \text{ кВт.}$$

так как $n_{эф}$ получился < 10 , то наше $Q_{см} = 1,1 \cdot Q_{расч}$,

$$Q_{расч} = 1,1 \cdot 57,14 = 62,854 \text{ квар.}$$

Рассчитаем нашу нагрузку по формуле, приведенной ниже:

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

$$S_p = \sqrt{228,432^2 + 62,854^2} = 237 \text{ кВа.}$$

Рассчитаем наш ток по формуле, приведенной ниже:

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

$$I_p = \frac{237}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 360,1 \text{ А.}$$

2.2 Расчеты электрического освещения

Произведем расчет освещения для нашей линии розлива молочной продукции АО «Тольяттмолоко». От правильно выбранного освещения будет зависеть продуктивность и безопасность работников, ведь при малой освещенности возможно получение травм из-за плохой видимости [18].

Произведем расчет индекса нашего производственного помещения по формуле, приведенной ниже:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (13)$$

где $S = 700$ площадь освещаемого помещения, м^2 ;

$h = 4$ - расчетная высота подвеса, м;

$A = 22$ - ширина нашей линии производства, м;

$B = 31,8$ - длина нашего помещения, м.

$$I = \frac{700}{4 \cdot (22 + 31,8)} = 3,25.$$

Определим необходимое количество светильников, по световому потоку [17], который нашли по табличным данным, равный $E = 210$ лк.

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n},$$

Где $E = 210$

$K = 1,5$ – коэффициент запаса

$Z = 1,01$ отношение средней освещенности к минимальной

$n = 0,30$ по табличным данным

$$F = \frac{210 \cdot 1,5 \cdot 700 \cdot 1,01}{0,30} = 742350 \text{ лм.}$$

Для освещения выбрали светодиодный светильник типа Линия-21, световой поток которого составляет 5700 лк.

Рассчитаем необходимое нам количество светильников

$$F = \frac{F}{F_{л}} = \frac{742350}{5700} = 130 \text{ шт.}$$

Окончательно принимаем к установке светодиодные светильники Линия – 21 (ССП-А-220-029-Н,Т-УХЛ1). Каждый светильник комплектуется двумя светодиодными лампами [16]. Ниже в таблице 2 представлено количество светильников как в рабочей зоне, так и в других помещениях.

Таблица 2 – Освещение помещений линии розлива

Наименование	Количество установленных светильников
Комната отдыха 1	3
Склад пленочной упаковки	6
Комната отдыха 2	3
Склад картонной упаковки	10
Щитовая	3
Операторская	3
Цех розлива молочной продукции	102

Определим активные и реактивные нагрузки нашего освещения:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot P_{\text{лампы}}, \quad (14)$$

где $P_{\text{лампы}}$ – мощность лампы, кВт

$$P_{\text{осв}} = 130 \cdot 0,048 = 6,24 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \tan f,$$

$$Q_{\text{осв}} = 6,24 \cdot 0,65 = 4,056 \text{ квар.}$$

Расчёт суммарной активной и реактивной мощности производства:

$$P_{\Sigma} = P_p + P_{\text{осв}}, \quad (15)$$

$$P_{\Sigma} = 228,432 + 6,24 = 235 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\Sigma} = Q_p + Q_{\text{осв}}, \quad (16)$$

$$Q_{\Sigma} = 62,854 + 4,056 = 67 \text{ квар.}$$

Рассчитаем нашу полную суммарную нагрузку по производству:

$$S_p = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{q\Sigma}^2}, \quad (17)$$

$$S_p = \sqrt{235^2 + 67^2} = 244 \text{ кВа.}$$

Рассчитаем наш суммарный расчетный ток производства:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (18)$$

$$I_{p\Sigma} = \frac{244}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 370 \text{ А}$$

Таблица 3 – Электрические нагрузки производства

№ п/п	наименование ЭП	кол-во, шт	Установленная мощность		m	Ки	cos f/tg f	средняя нагрузка		n _э	К _м	расчетная нагрузка			I _{max} , А
			P _{одного} , кВт	P _{общая} , кВт				P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _{max} , кВт	Q _{max} , квар	S _{max} , кВА	
1	Taurus-fenix	1	5	5	-	0,50	0,8/0,75	2,5	1,785	-	-	2,425	1,875	3,065	4,65
2	Nichrome FILPACK 5000	1	15	15	-	0,50	0,8/0,70	7,5	5,25	-	-	7,28	5,25	9	14
3,4	АДНК 39	2	2	4	-	0,40	0,6/0,50	1,6	0,8	-	-	1,552	0,776	1,74	2,64
5	Galdi RG 50UCS	1	28,7	28,7	-	0,60	0,8/0,60	17,22	10,322	-	-	16,7	10,332	19,63	30
6	Elopak P-S50	1	38	38	-	0,60	0,8/0,60	22,8	13,68	-	-	22,116	13,7	26,02	39,53
7,8	Royal Clima CO-4C 60HNR	2	6,26	12,52	-	0,50	0,75/0,50	3,13	1,565	-	-	3,04	1,6	3,44	5,226

Продолжение таблицы 3

9-13	Конвейер горизонтальный	5	2,2	11	-	0,50	0,7/0,60	5,5	3,3	-	-	5,335	3,3	6,3	9,6
14-19	Резервуар универсальный Я1-ОСВ	6	0,75	4,5	-	0,60	0,6/0,60	2,7	1,62	-	-	2,62	1,62	3,1	4,71
20	Сепаратор молокоочистите ль Ж5-ОМ-2ЕС	1	18	18	-	0,60	0,7/0,60	10,8	6,48	-	-	10,5	6,5	12,35	19
21	Гомогенизатор Р9- ОГЗМ-5,0	1	27	27	-	0,60	0,8/0,60	16,2	9,72	-	-	16	9,72	19	29
22	Пастеризационная установка AISI-304	1	4,2	4,2	-	0,50	0,75/0,50	2,1	1,05	-	-	2,04	1,05	2,3	3,5

Продолжение таблицы 3

-	Итого по цеху без освещения	22	147,1 1	168	>3	0,25	0,4/0,65	92,0 5	55,5 72	5	0,9 7	89,29	55,57 2	105,2	160
-	Освещение	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,24	4,056	7,442	11,307
-	Дополнительные нагрузки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1495	1046, 4	1825	2773
-	Итого по цеху с учетом освещения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1591	1106	1938	2944

Вывод: В ходе работы были рассчитаны реактивные и активные нагрузки электрооборудования линии розлива молочной продукции [2], которые сведены в таблицу 3, был произведен расчет электрического освещения в результате чего было выбрано 130 светильников марки Линия – 21, составлена таблица с наименованием помещений и количеством в них ламп.

3 Выбор силовых трансформаторов

Рассчитаем номинальную мощность трансформаторов:

$$S_{\text{НОМ}} = \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot N_T}, \quad (19)$$
$$S_{\text{НОМ}} = \frac{1591}{0,7 \cdot 2} = 1136,4 \text{ кВА.}$$

На основе расчётных данных номинальной мощности, выбираем трансформатор марки ТМ – 1250/6/0,4.

Данные выбранного трансформатора из паспорта занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Паспортные данные трансформатора ТМ – 1250/6/0,4

$P_{\text{х.х}}$, кВт	$P_{\text{к.з}}$, кВт	$U_{\text{к.з}}$, %	$i_{0(\text{х.х})}$, %	K_3	N_T , шт	S_H , кВа
1,95	13	4,5	1,5	0,7	2	1250

Рассчитаем наши потери в трансформаторах [3], по следующим формулам, которые представлены ниже:

$$\Delta P_T = N_T \cdot P_{\text{х.х}} + K_3^2 \cdot P_{\text{к.з}}, \quad (20)$$

$$\Delta P_T = 2 \cdot 1,95 + 0,7^2 \cdot 13 = 10,27 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot i_{0(\text{х.х})} + K_3^2 \cdot U_{\text{к.з}} \cdot \frac{S_H}{100}, \quad (21)$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot 1,5 + 0,7^2 \cdot 4,5 \cdot \frac{1250}{100} = 65,1 \text{ квар.}$$

Произведем расчет наших потерь в трансформаторах с учетом расчетной нагрузки, которые находятся по формуле, приведенной ниже:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T, \quad (22)$$

$$P_p = 1591 + 10,27 = 1601,3 \text{ кВт,}$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T, \quad (23)$$

$$Q_p = 1106 + 65,1 = 1171,1 \text{ квар.}$$

В часы минимума своей работы производства реактивная мощность нагрузки находится по формуле, которая представлена ниже:

$$Q_{\min} = 50\% \cdot Q_p, \quad (24)$$

$$Q_{\min} = 0,5 \cdot 1171,1 = 586 \text{ квар.}$$

В часы максимального пика производственной нагрузки, наши расчётные значения реактивной мощности находятся по следующим формулам:

$$Q'_{\varepsilon 1} = Q_p = 1171,1 \text{ квар,}$$

$$Q''_{\varepsilon 1} = \alpha \cdot P_p, \quad (25)$$

$$Q''_{\varepsilon 1} = 0,28 \cdot 1601,3 = 448,4 \text{ квар.}$$

где α – расчётный коэффициент предприятия, полученный от условий энергетических мощностей.

В режиме, когда нагрузки находятся на минимальном значении [4], экономически обусловленные значения реактивной мощности находятся по формуле:

$$Q'_{\varepsilon 2} = Q_{\min} = 586 \text{ квар,}$$

$$Q''_{\varepsilon 2} = Q_{\min} - Q_p - Q''_{\varepsilon 1}, \quad (26)$$

$$Q''_{\varepsilon 2} = 586 - 1171,1 - 448,4 = -136,7 \text{ квар.}$$

Рассчитаем нашу суммарную мощность компенсирующих устройств, которые определим по формуле ниже:

$$Q_{\text{ку.маx}} = 1,1 \cdot Q_p - Q''_{\text{э1}}, \quad (27)$$

$$Q_{\text{ку.маx}} = 1,1 \cdot 1171,1 - 448,4 = 840 \text{ квар},$$

$$Q_{\text{ку.миn}} = Q_{\text{миn}} - Q'_{\text{э2}} = 0 \text{ квар}.$$

Произведем расчет с парой трансформаторов типа ТМ – 1250/6/0,4.

Передаваемая, реактивная не компенсируемая мощность из сети 6 кВ в сеть до 1 кВ [5], находится по формуле:

$$Q_{\text{эH}} = Q''_{\text{э1}} - Q_p - Q_{\text{p}\Sigma}, \quad (28)$$

$$Q_{\text{эH}} = 448,4 - (1171,1 - 1106) = 383,3 \text{ квар}.$$

Реактивная мощность, передаваемая из сети 6 кВ в сеть до 1 кВ:

$$Q_T = \sqrt{N_T \cdot K_3 \cdot S_H^2 - P_{\text{p}\Sigma}^2}, \quad (29)$$

$$Q_T = \sqrt{2 \cdot 0,7 \cdot 1250^2 - 1106^2} = 982 \text{ квар}.$$

На низкой стороне, которая до 1 кВ, мощность конденсаторной установки находится по формуле, приведенной ниже:

$$Q_{\text{ку.н}} = Q_{\text{p}\Sigma} - Q_T, \quad (30)$$

$$Q_{\text{ку.н}} = 1106 - 982 = 124 \text{ квар}.$$

Из – за того, что $Q_{\text{ку.н}} > 50$ квар, то в таком случае на низкой стороне до 1 кВ конденсаторная установка является хорошим и целесообразным решением.

Наш выбор пал на 2 конденсаторные установки типа – АУКРМ – 0,4 – 100 – 50, стоимость за штуку составляет порядка 47000 рублей.

На нашей высокой стороне мощностью 6 кВ, мощность конденсаторной установки определяется по формуле, приведенной ниже:

$$Q_{\text{ку.в}} = Q_{\text{ку.маx}} - Q_{\text{ку.н}}, \quad (31)$$

$$Q_{\text{ку.в}} = 840 - 124 = 716 \text{ квар.}$$

Из-за того, что $Q_{\text{ку.в}} < 800$ квар, то вследствие нет необходимости и целесообразности, в конденсаторной установке на высокой стороне в 6кВ [1].

На производстве установлено две одно трансформаторные КТП с трансформатором ТМ – 1250/6/0,4.

Стоимость нашей КТП [11] с трансформатором ТМ – 1250/6/0,4 составляет порядка 500 000 рублей.

Вывод: Был произведен расчет мощности для выбора трансформатора ТМ – 1250/6/0,4, также реактивная мощность вследствие чего на низкую сторону выбрали конденсаторную установку АУКРМ – 0,4 – 100 – 50.

4 Расчёт номинальных токов

Расчет номинальных токов является основным параметром любого электротехнического оборудования, ведь номинальный ток потребляется электрооборудованием и важную роль играет то, что - бы электрооборудование потребляло его длительное время без особо больших потерь своих качеств и характеристик, а так - же по допустимым условиям нагрева, как токопроводящих частей, так и изоляционных качеств.

Приступим к нашему расчету номинального тока трехфазных электроприемников по представленной формуле ниже:

$$I_{\text{расч.}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot \cos f}, \quad (32)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная активная мощность электроприемника, $\cos f$ – номинальный коэффициент мощности электрооборудования.

Далее рассчитаем наш номинальный ток, упаковочного автомата розлива Taurus – fenix:

$$I_{\text{расч.}} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot 0,8} = 9,5 \text{ А.} \quad (33)$$

Расчеты остальных номинальных токов электроприемников производства линии молочной продукции представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Номинальные токи электроприемников

Наименование электроприемников	$I_{\text{расч.}}, \text{ А}$
1	2
Taurus - fenix	9,5
Nichrome FILPAK 5000	28,5
АДНК - 39	5,06
Galdi RG 50 UCS	54,5
Elopak P – S50	72,2

Продолжение таблицы 5

Royal Clima CO – 4C 60HNR	12,7
Конвейер горизонтальный	5
Резервуар универсальный Я1-ОСВ	1,9
Сепаратор молокоочиститель Ж5 ОМ-2ЕС	39,1
Гомогенизатор Р9-ОГЗМ0-0,5	51,3
Пастеризационная установка AISI-304	8,5

Вывод: Был произведен расчет номинальных токов электрооборудования, установленного на производстве, а точнее линии производства молочной продукции.

5 Расчет токов короткого замыкания

Самым распространенным происшествием на предприятиях считается короткое замыкание установленного там электрооборудования. При неправильных действиях работников предприятия или же при устаревшей и полуразрушенной изоляции могут выйти из строя элементы установленного там электрооборудования. Для устранения таких происшествий в быстрые сроки, да и вообще минимизировать такие опасные ситуации позволяет правильный расчет токов короткого замыкания.

Для того что бы подобрать и проверить наше оборудование для дальнейшей эксплуатации на необходимо произвести расчет короткого трехфазного замыкания.

По формуле, представленной ниже, найдем индуктивное сопротивление системы $X_{\text{сист.}}$.

$$X_{\text{сист.}} = \frac{U_{\text{низ.}}^2}{S_{\text{сист.}}} \cdot 10^3, \quad (34)$$

где $U_{\text{низ.}}$ – напряжение на низкой стороне = 0,4 кВ; $S_{\text{сист.}}$ – полная мощность системы которая равняется 100 МВА.

Произведем расчет:

$$X_{\text{сист.}} = \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^3 = 1,6 \text{ МОМ.}$$

Теперь рассчитаем активное сопротивление нашего трансформатора $r_{\text{тр-р.}}$, по формуле, представленной ниже:

$$r_{\text{тр-р.}} = \frac{P_{\text{к.зам.}} \cdot U_{\text{низ.}}^2}{S_{\text{ном.}}^2} \cdot 10^6. \quad (35)$$

где $P_{к.зам.}$ – потери короткого замыкания; $S_{НОМ.}^2$ – трансформаторная номинальная мощность по его паспорту, от завода изготовителя.

$$r_{тр-р.} = \frac{13 \cdot 0,4^2}{1250^2} \cdot 10^6 = 1,3 \text{ мОм.}$$

Так – же находим полное сопротивление нашего трансформатора $Z_{тр-ра.}$, по формуле представленной ниже:

$$Z_{тр-ра.} = \frac{U_{к.зам.} \cdot U_{низ.}^2}{S_{НОМ.}} \cdot 10^4, \quad (36)$$

где – $U_{к.зам.}$ – напряжение короткого замыкания.

Приступим к расчету по формуле ниже:

$$Z_{тр-ра.} = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{1250} \cdot 10^4 = 5,76 \text{ мОм.}$$

Так – же найдем индуктивное сопротивление нашего трансформатора $X_{тр-ра.}$ [20], по представленной ниже формуле:

$$X_{тр-ра.} = \sqrt{Z_{тр-ра.}^2 - r_{тр-р.}^2}, \quad (37)$$

Произведем расчет по формуле ниже:

$$X_{тр-ра.} = \sqrt{5,76^2 - 1,3^2} = 5,6 \text{ мОм.}$$

Далее по удельному параметру кабеля и его длине, найдем его активные и индуктивные сопротивления, по представленной ниже формуле:

$$r_{\text{каб.л.}} = r_{\text{удел.}} \cdot l. \quad (38)$$

где $r_{\text{удел.}}$ - активное сопротивление кабеля; l – протяженность кабеля.

Произведем расчет активного сопротивления, по формуле ниже:

$$r_{\text{каб.л1.}} \cdot l = 0,2 \cdot 60 = 12 \text{ мОм,}$$

$$r_{\text{каб.л2.}} \cdot l = 0,34 \cdot 40 = 14 \text{ мОм,}$$

$$r_{\text{ш3.}} \cdot l = 0,3 \cdot 15 = 4,5 \text{ мОм.}$$

Произведем расчет индуктивного сопротивления, по формуле ниже:

$$X_{\text{каб.л.}} = X_{\text{удел.}} \cdot l. \quad (39)$$

где $X_{\text{удел.}}$ – удельное сопротивление кабеля.

$$X_{\text{каб.л1.}} = 0,077 \cdot 60 = 5 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{каб.л2.}} = 0,20 \cdot 40 = 8 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{ш3.}} = 0,06 \cdot 15 = 1 \text{ мОм.}$$

Далее, в основном из данных паспорта завода изготовителя, находим реактивное и активное сопротивление установленного оборудования, такого, как выключатели автоматические [8], а так - же трансформатора тока.

Как известно в электрических сетях время от времени возникают аварийные ситуации, как правило из – за, износа сетей или по вине человека, что может повлечь за собой определенные денежные потери, среди таких аварийных ситуаций, самой распространенной является короткое замыкание, если быть точнее, то трехфазное металлическое короткое замыкание [19]. Расчет которого находится по формуле, представленной ниже:

$$I_{\text{кор.зам.}} = \frac{U_{\text{ном.нн.}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{сум}\Sigma}} = \frac{U_{\text{ном.нн.}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\text{сум.}\Sigma}^2 + X_{1\text{сум.}\Sigma}^2}}, \quad (40)$$

Алгебраической суммой находим суммарные сопротивления, а именно $r_{1\text{сум.}\Sigma}^2$ и $X_{1\text{сум.}\Sigma}^2$, методом схемы замещения, до короткого замыкания, а именно точки.

$$r_{1\text{сум.}\Sigma} = \sum r , \quad (41)$$

$$X_{1\text{сум.}\Sigma} = \sum x . \quad (42)$$

Короткое трехфазное дуговое замыкание, найдем по формуле, представленной ниже, так – же стоит добавить, что определим значения начального ($K_{\text{кз.нач.}}$) и установившегося ($K_{\text{кз.уст.}}$) момента короткого замыкания [9].

Ударный ток, найдем по формуле, представленной ниже:

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot I \cdot I_{\text{кор.зам.}} \quad (43)$$

откуда следует, что $K_{\text{уд.}}$ – означает ударный коэффициент, находимый по отношению ниже:

$$\frac{x_{\text{сум.}\Sigma}}{r_{\text{сум.}\Sigma}} \quad (44)$$

Ниже представлена схема для нашего расчета токов короткого замыкания:

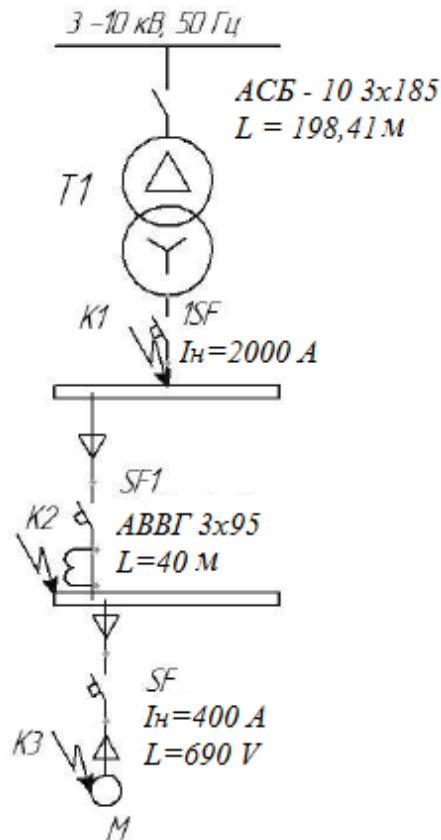


Рисунок 2 – Расчетная схема замещения токов короткого замыкания

Далее рассчитаем наши сопротивления элементов [6] и отобразим на схеме замещения (рисунок 3).

- расчет для нашей системы:

$$I_{\text{сис}} = \frac{S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{сис}}}, \quad (45)$$

$$I_{\text{сис}} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 72,2 \text{ А.}$$

По наружная АСБ – 10 3x185;

$$X'_c = x_0 L_c \quad (46)$$

откуда известно, что $x_0 = 0,077 \text{ Ом/км}$.

$$X'_c = 0,077 \cdot 1,5 = 0,12 \text{ Ом,}$$

$$R'_{\text{сис}} = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ Ом.}$$

Далее приведем сопротивления к низкой нагрузке НН по формуле, представленной ниже:

$$R_{\text{сис}} = R'_{\text{сис}} \cdot \frac{V_{\text{низ н}}^2}{V_{\text{выс н}}^2}, \quad (47)$$

$$R_{\text{сис}} = 0,3 \cdot \frac{0,4^2}{10} = 0,5 \text{ мОм,}$$

$$X_c = X'_c \cdot \frac{V_{\text{низ н}}^2}{V_{\text{выс н}}^2}, \quad (48)$$

$$X_c = 0,12 \cdot \frac{0,4^2}{10} = 0,2 \text{ мОм.}$$

По справочным данным определим значения для трансформатора:

$$R_{\text{тр}} = 100 \text{ Ом,}$$

$$X_T = 202 \text{ мОм,}$$

$$Z_T^{(1)} = 1600 \text{ мОм.}$$

По справочным данным определим значения для автоматов:

1SF имеет параметры: $R_{(1)SF} = 0,2 \text{ мОм}$, $X_{(1)SF} = 0,2 \text{ мОм}$, $R_{n(1)SF} = 1,5 \text{ мОм}$;

SF1 имеет параметры: $R_{(SF1)} = 0,20 \text{ мОм}$, $X_{(SF1)} = 0,22 \text{ мОм}$, $R_{n(SF1)} = 0,30 \text{ мОм}$;

SF имеет параметры: $R_{(SF)} = 1,5 \text{ мОм}$, $X_{(SF)} = 1,4 \text{ мОм}$, $R_{n(SF)} = 0,9 \text{ мОм}$;

По справочным данным определим степень определения:

$$R_{(c1)} = 16 \text{ мОм; } R_{(c2)} = 26 \text{ мОм.}$$

Справочные данные для нашего трансформатора тока:

$$X_{\text{тр.т}} = 0,20 \text{ мОм;}$$

$$r_{\text{тр.т}} = 0,12 \text{ мОм;}$$

$$R_{\text{тр.т}} = 0,12 \cdot 3 = 0,36 \text{ мОм; } X_{\text{тр.т}} = 0,20 \cdot 3 = 0,6 \text{ мОм.}$$

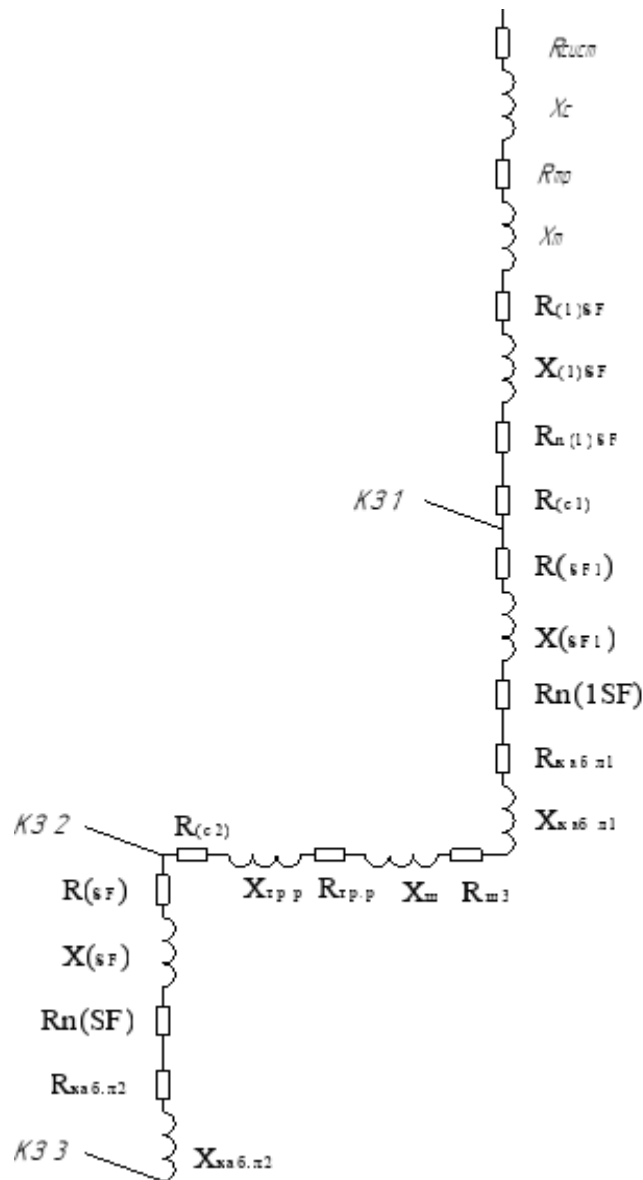


Рисунок 3 – Схема замещения расчетов токов короткого замыкания

В нашей точке КЗ1 – ток короткого замыкания равен:

$$R_{эл1} = R_{сис} + R_{тп} + R_{(1)SF} + R_{n(1)SF} + R_{(c1)} = 0,5 + 100 + 0,2 + 1,5 + 16 = 118,2 \text{ мОм},$$

$$X_{эл1} = X_c + X_T + X_{(1)SF} = 0,2 + 202 + 0,2 = 202,4 \text{ мОм},$$

$$R_{эл2} = R_{(SF1)} + R_{n(SF1)} + r_{каб.л1} + r_{ш3} + R_{(c2)} + R_{тп.т} = 0,20 + 0,30 + 12 + 4,5 + 26 + 0,36 = 43,36 \text{ мОм},$$

$$X_{эл2} = X_{(SF1)} + X_{каб.л1} + X_{ш} + X_{тп.т} = 0,22 + 5 + 1 + 0,6 = 7 \text{ мОм},$$

$$R_{\text{эл}3} = R_{(\text{SF})} + R_{\text{n}(\text{SF})} + r_{\text{каб.л}2} = 1,5 + 0,9 + 14 = 16,4 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{эл}2} = X_{(\text{SF})} + X_{\text{каб.л}2} = 1,4 + 8 = 9,4 \text{ мОм}.$$

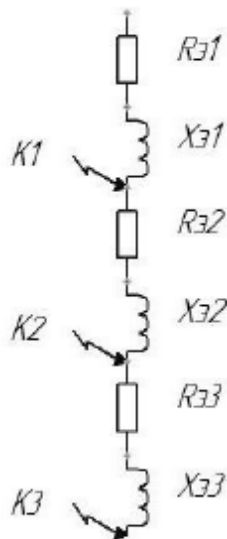


Рисунок 4 – Упрощенная схема замещения

Рассчитаем для каждой точки короткого замыкания сопротивления

$$R_{k1} = R_{\text{эл}1} = 118,2 \text{ мОм},$$

$$X_{k1} = X_{\text{эл}1} = 202,4 \text{ мОм},$$

$$Z_{1\text{сум}\Sigma} = \sqrt{R_{k1}^2 + X_{k1}^2},$$

$$Z_{1\text{сум}\Sigma} = \sqrt{118,2^2 + 202,4^2} = 234,4 \text{ мОм},$$

$$R_{k2} = R_{\text{эл}1} + R_{\text{эл}2},$$

$$R_{k2} = 118,2 + 43,36 = 161,56 \text{ мОм},$$

$$X_{k2} = X_{\text{эл}1} + X_{\text{эл}2},$$

$$X_{k2} = 202,4 + 7 = 209,4 \text{ мОм},$$

$$Z_{2\text{сум}\Sigma} = \sqrt{R_{k2}^2 + X_{k2}^2},$$

$$Z_{2\text{сум}\Sigma} = \sqrt{161,56^2 + 209,4^2} = 264 \text{ мОм},$$

$$R_{k3} = R_{k2} + R_{\text{эл}3},$$

$$R_{k3} = 161,56 + 16,4 = 178 \text{ мОм},$$

$$X_{k3} = X_{k2} + X_{\text{эл}3},$$

$$X_{k3} = 209,4 + 9,4 = 219 \text{ мОм},$$

$$Z_{3\text{сум}\Sigma} = \sqrt{R_{k3}^2 + X_{k3}^2},$$

$$Z_{3\text{сум}\Sigma} = \sqrt{178^2 + 219^2} = 282,2 \text{ мОм},$$

$$\frac{R_{(k1)}}{X_{(k1)}} = \frac{118,2}{202,4} = 0,6,$$

$$\frac{R_{(k2)}}{X_{(k2)}} = \frac{161,56}{209,4} = 0,7,$$

$$\frac{R_{(k3)}}{X_{(k3)}} = \frac{178}{219} = 0,81.$$

Находим токи трехфазного короткого замыкания и двухфазного по расчетам, приведенным ниже.

Сначала находим трехфазные токи:

$$I_{\text{кор.зам}1.} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 234,4} = 0,98 \text{ кА},$$

$$I_{\text{кор.зам}2.} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 264} = 0,87 \text{ кА},$$

$$I_{\text{кор.зам3.}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 282,2} = 0,8 \text{ кА},$$

$$I = q_{(1)} \cdot I_{\text{кор.зам1}},$$

$$I_{(1)} = 1 \cdot 0,98 = 0,98 \text{ кА},$$

$$I_{(2)} = 1 \cdot 0,87 = 0,87 \text{ кА},$$

$$I_{(3)} = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ кА}.$$

Производим расчет ударного тока:

$$i = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot I_{\text{кор.зам1}},$$

$$i_{(1)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,98 = 1,4 \text{ кА},$$

$$i_{(2)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,87 = 1,2 \text{ кА},$$

$$i_{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,8 = 1,1 \text{ кА}.$$

Наконец определяем по расчетам наши двухфазные токи короткого замыкания:

$$I_{\text{к.зам.}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{кор.зам1}}, \quad (49)$$

$$I_{\text{к.зам1.}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,98 = 0,85 \text{ кА},$$

$$I_{\text{к.зам2.}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,87 = 0,75 \text{ кА},$$

$$I_{\text{к.зам3.}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,8 = 0,7 \text{ кА}.$$

Все рассчитанные данные токов коротких замыканий для нашей линии розлива молочной продукции заносим в таблицу 6:

Таблица 6 – Полученные расчеты токов короткого замыкания

Короткое замыкание (точка)	R_k , мОм	X_k , мОм	$Z_{сум\Sigma}$, Ом	R_k / X_k	K_y	$I_{кор.зам}^{(3)}$ кА	i кА	$I_{к.зам.}^{(2)}$ кА
КЗ 1	118,2	202,4	234,4	0,6	1,0	0,98	1,4	0,85
КЗ 2	161,56	209,4	264	0,7	1,0	0,87	1,2	0,75
КЗ 3	178	219	282,2	0,81	1,0	0,8	1,1	0,7

Вывод: Составлена схема замещения коротких токов, а также произведены их расчеты, полученные данные, занесли в таблицу 6.

6 Рекомендации к снижению энергопотребления

6.1 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторе

Рассчитаем потери реактивной мощности при коротком замыкании трансформатора по выражению:

$$\Delta Q_{кз} = \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_H, \quad (50)$$
$$\Delta Q_{кз} = \frac{4,5}{100} \cdot 1250 = 56,25 \text{ квар.}$$

Рассчитаем потери реактивной мощности трансформатора при холостом ходе по выражению:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_H, \quad (51)$$
$$\Delta Q_{xx} = \frac{1,5}{100} \cdot 1250 = 18,75 \text{ квар.}$$

Определяем коэффициент загрузки трансформатора по выражению:

$$K_{31} = \frac{P_{см}}{S_H}, \quad (52)$$
$$K_{31} = \frac{800}{1250} = 0,64.$$

Рассчитываем полное число часов работы трансформатора [10], за месяц при семидневке:

$$T_n = 12 \cdot 7 \cdot 4 = 336,$$
$$T_{раб} = T_n.$$

Рассчитываем потери активной электроэнергии нашего трансформатора, по следующей формуле:

$$\Delta W_{a1} = \Delta P_{xx} \cdot T_n + \Delta P_{кз} \cdot K_{з1}^2 \cdot T_{раб}, \quad (53)$$
$$\Delta W_{a1} = 1,95 \cdot 336 + 13 \cdot 0,64^2 \cdot 336 = 2444 \text{ кВт*ч.}$$

Рассчитываем потери реактивной электроэнергии нашего трансформатора, по следующей формуле:

$$\Delta W_{p1} = \Delta Q_{xx} \cdot T_n + \Delta Q_{кз} \cdot K_{з}^2 \cdot T_{раб}, \quad (54)$$
$$\Delta W_{p1} = 18,75 \cdot 336 + 56,25 \cdot 0,64^2 \cdot 336 = 14041,44 \text{ квар*ч.}$$

Рассчитаем электрические потери трансформатора за месяц, по следующему выражению:

$$\Delta W_1 = \Delta W_{a1} + (\Delta W_{p1} \cdot \Delta P_{xx}), \quad (55)$$

$\Delta W_1 = 2444 + (14041,44 \cdot 1,95) = 29825 \text{ кВт*ч}$, в перевод на рубли при стоимости в 4,08 рублей за кВт*ч составляет 121686 рублей.

Рекомендации по энергосбережению линии розлива:

И так нам известны электрические потери предприятия за месяц, которые составляют 29825 кВт*ч, в перевод на рубли составляет 121686 рублей при тарифе в 4,08 рублей.

Составим график и таблицу суточного потребления электроэнергии линии розлива молочной продукции [7], которые представлены на (рисунке 5 и 6).

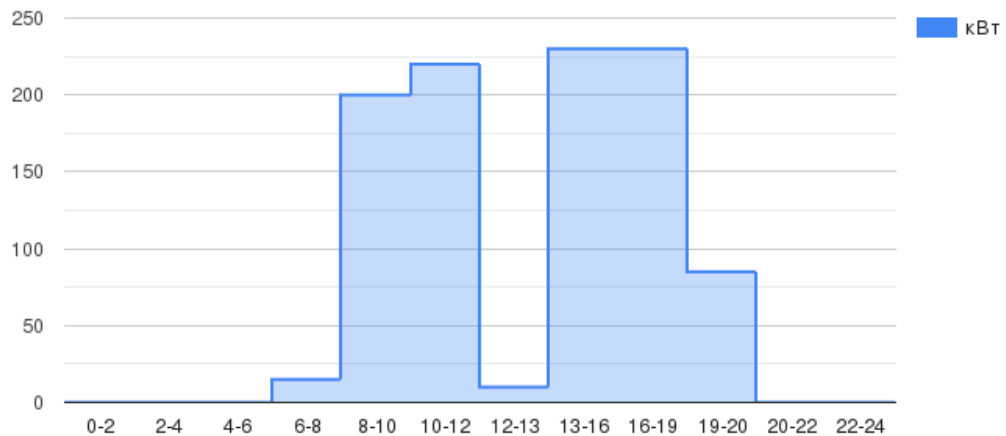


Рисунок 5 - График суточного потребления электроэнергии розлива молочной продукции

X	Y
часы	кВт
0-2	0
2-4	0
4-6	0
6-8	15
8-10	200
10-12	220
12-13	10
13-16	230
16-19	230
19-20	85
20-22	0
22-24	0

Рисунок 6 - Таблица суточного потребления электроэнергии розлива молочной продукции

Определим наше суточное потребление электроэнергии линии розлива по формуле, представленной ниже:

$$W_{\text{сут.}} = P_{p\Sigma} \cdot t = 90 \cdot 11 = 990 \text{ кВт}\cdot\text{ч}. \quad (56)$$

Розлив линии молочной продукции начинает работу с 8:00 часов утра, но пиковая мощность начинается ближе к 10:00 часам утра [12], так как сначала все оборудование моется дезинфицируется и с помощью специальных ватных палочек снимаются пробы, так называемые смывы (хорошо ли промыто оборудование перед вводом в работу с молочным продуктом), далее смывы относятся в отдел химиков – лаборантов, где химически определяется есть ли наличие микробов внутри машины розлива молока или нет, в следствии отрицательной пробы на бактерии дается разрешение на работу с молоком.

Так – же линия розлива молока заканчивает работу примерно к 20:00, когда все остальные (цеха) заканчивают в 16:30 [13].

Проведем расчет по потерям молочного розлива если в промежуток с 8:00 до 9:00 и с 17:00 до 19:00 часов, мы с помощью перемычки будем отключать один трансформатор [14].

6.2 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторе линии розлива при минимальных электрических нагрузках в течении 5 часов

Рассчитаем потери реактивной мощности при коротком замыкании трансформатора по выражению:

$$\Delta Q_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{н}}, \quad (57)$$
$$\Delta Q_{\text{кз}} = \frac{4,5}{100} \cdot 1250 = 56,25 \text{ квар.}$$

Рассчитаем потери реактивной мощности трансформатора при холостом ходе по выражению:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_H, \quad (58)$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{1,5}{100} \cdot 1250 = 18,75 \text{ квар.}$$

Определяем коэффициент загрузки трансформатора по выражению:

$$K_{31} = \frac{P_{CM}}{S_H}, \quad (59)$$

$$K_{31} = \frac{92}{1250} = 0,07.$$

Рассчитываем полное число часов работы трансформатора за месяц при семидневке:

$$T_n = 5 \cdot 7 \cdot 4 = 140,$$

$$T_{\text{раб}} = T_n.$$

Рассчитываем потери активной электроэнергии нашего трансформатора, по следующей формуле:

$$\Delta W_{a1} = \Delta P_{xx} \cdot T_n + \Delta P_{кз} \cdot K_{31}^2 \cdot T_{\text{раб}}, \quad (60)$$

$$\Delta W_{a1} = 1,95 \cdot 140 + 13 \cdot 0,07^2 \cdot 140 = 282 \text{ кВт*ч.}$$

Рассчитываем потери реактивной электроэнергии нашего трансформатора, по следующей формуле:

$$\Delta W_{p1} = \Delta Q_{xx} \cdot T_n + \Delta Q_{кз} \cdot K_{31}^2 \cdot T_{\text{раб}}, \quad (61)$$

$$\Delta W_{p1} = 18,75 \cdot 140 + 56,25 \cdot 0,07^2 \cdot 140 = 2664 \text{ квар*ч.}$$

Рассчитаем электрические потери трансформатора за месяц, по следующему выражению:

$$\Delta W_1 = \Delta W_{a1} + (\Delta W_{p1} \cdot \Delta P_{xx}), \quad (62)$$

$\Delta W_{роз.} = 282 + (2664 \cdot 1,95) = 5476,8 \text{ кВт*ч}$, в перевод на рубли при стоимости в 4,08 рублей за кВт*ч составляет 22345,3 рублей.

Произведем месячный расход потребления с учетом рассчитанной экономией [15]:

$$\Delta W_{расх.} = \Delta W_1 - \Delta W_{роз.}, \quad (63)$$

$$\Delta W_{расх.} = 29825 - 5476,8 = 24350 \text{ кВт*ч в месяц.}$$

Вывод: В ходе расчетов потерь линии розлива молочной продукции, при отключении одного трансформатора в периоды низкой загруженности в совокупности это 5 часов, мы получаем следующее месячное потребление с учетом экономии от предложенных мероприятий, которое составляет 24350 кВт*ч в месяц.

Экономия составила 22345,3 рублей в месяц, при ставке в 4,08 рублей за кВт*ч.

7 Расчет заземления

Дабы избежать поражения электрическим током, а так получение травм или увечий при прикосновениях к оборудованию, связанных с износом и устареванием изоляции. Заземление представляет из себя соединение корпуса с землей, во избежание удара электрическим током.

Помимо всего существуют определенные правила заземления.

Так же существуют несколько типов заземляющих устройств, таких как контурное и выносное.

Первое применяется в электроустановках свыше 1 кВт, при протекании больших токов на землю. При контурном заземлении, равномерно распределяют заземлители вокруг объекта.

Второй тип заземления применяется в электроустановках до 1 кВт.

Разрешенное защитное сопротивление заземления по ПУЭ составляет:

$$R_{\text{доп.}} = 4 \text{ Ом,}$$

Произведем расчет одной единицы заземлителя по вертикали, иными словами электрода:

$$R_{\text{верт.}} = \frac{\rho_{\text{верт.}}}{2\pi \cdot L} \left(\lg \frac{2L}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4T+L}{4T-L} \right). \quad (64)$$

где $R_{\text{верт.}}$ - сопротивление электрода по вертикали; ρ - удельное эквивалентное значение сопротивления земли; L - составляющая длина нашего электрода; d - составляющий диаметр нашего электрода; T - составляющее расстояние, с середины электрода до прикосновения с землей.

$$R_{\text{верт.}} = \frac{48}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,9} \left(\lg \frac{2 \cdot 2,9}{0,02} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 2,1 + 2,9}{4 \cdot 2,1 - 2,9} \right) = 6,5 \text{ Ом.}$$

Произведем расчет сопротивления одного из горизонтальных электродов по формуле, представленной ниже:

$$R_{\text{гор.}} = 0,360 \frac{\rho_{\text{гор.}}}{L_{\text{гор.}}} \lg \frac{L_{\text{гор.}}^2}{d}. \quad (65)$$

где $R_{\text{гор.}}$ - сопротивление электрода по горизонтали; $\rho_{\text{гор.}}$ - удельное эквивалентное значение сопротивления почвы; $L_{\text{гор.}}$ - составляющая длина нашего электрода; d - составляющий диаметр нашего электрода (при ширине b , необходимо рассчитать как $d=0,5b$).

Если длина расположенных 5 горизонтально электродов, составляет 14,5 метров вертикали.

$$R_{\text{гор.}} = 0,360 \frac{45}{14,5} \lg \frac{14,5^2}{0,5 \cdot 0,04} = 1,4 \text{ Ом.}$$

Произведем итоговый расчет всех сопротивлений наших электродов по формуле ниже:

$$R_{\text{ит.}} = \frac{R_{\text{верт.}} \cdot R_{\text{гор.}}}{R_{\text{верт.}} \cdot \eta_{\text{гор.}} + R_{\text{гор.}} \cdot \eta_{\text{вер.}} \cdot n}. \quad (66)$$

где n – количество электродов вертикальных; $\eta_{\text{гор.}}$ и $\eta_{\text{вер.}}$ – коэффициенты при горизонтальных и вертикальных электродах, при их использовании.

$$R_{\text{ит.}} = \frac{6,5 \cdot 1,4}{6,5 \cdot 0,74 + 1,4 \cdot 0,78 \cdot 5} = 1 \text{ Ом.}$$

При нашем итоговом расчете, сопротивление заземленного устройства равно 1 Ом, что не превышает допустимых 4 Ом по ПУЭ. В результате чего наше заземляющее устройство было правильно подобрано и удовлетворяет безопасности на нашем предприятии.

Вывод: Был произведен расчет заземления, в результате данные расчета сверены с ПУЭ и подходят.

Заключение

В ходе расчетов, выполненных в представленной выпускной квалификационной работе с помощью расчетов линии розлива молочной продукции, был произведен расчет освещения линии розлива молочной продукции и рассчитали требуемое количество светодиодных светильников для помещений, результат занесен в (таблицу 2).

Был сделан расчет нагрузок электрооборудования установленного на линии розлива молочной продукции, расчеты занесены в (таблицу 3), также составлена схема замещения для простоты расчетов токов коротких замыканий.

Данные расчетов КЗ были занесены в (таблицу 6), был сделан расчет общей потребляемой мощности электрооборудования линии розлива, которая составила $S_{\max} = 105,2$ кВА, и представили график наименьшего и наибольшего электропотребления производства (рисунки 5 и 6), на основании чего был сделан вывод рассчитать общие потери всего предприятия, которые составили 29825 кВт*ч, за месяц и отдельно нашего розлива молочной продукции которые составили 5476,8 кВт*ч в месяц, на основании этих расчетов было принято экономически целесообразное решение о том чтобы отключать один трансформатор при малых нагрузках нашего розлива молочной продукции путем переемычки.

Был произведен расчет заземления в результате чего полученные данные сверены с ПУЭ и полностью подходят.

В ходе данных экономических расчетных мероприятий, месячная экономия составляет 22345,3 рублей в месяц, при ставке в 4,08 рублей за кВт*ч.

Результатом проведенных расчетов в ВКР является снижение или минимизирование расхода электропотребления в часы низкой загрузки на предприятиях.

Список используемых источников

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: учебно-методическое пособие. Издательство ТГУ: Тольятти, 2016. 78 с.
2. Вахнина В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебно-методическое пособие. Издательство ТГУ: Тольятти, 2006. 69 с.
3. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие. Издательство ТГУ: Тольятти, 2007. 76 с.
4. Волков Н.Г. Надежность электроснабжения: учебно-методическое пособие. М. : Томск, ТПУ. 2003. 137 с.
5. Виталий К. Основы экономики энергетики. М. : ЛАП. 2013. 120 с.
6. Кривенков В.В. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М. : Энергоатомиздат. 2000. 166 с.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебно-методическое пособие. М. : Издательский центр «Академия» 2006. 669 с.
8. Латышев М.П. Виды защит электроустановок: учебно-методическое пособие. М. : КузГТУ. 2002. 120 с.
9. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М. : Высшая школа. 2000. – 90 с.
10. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: учебно-методическое пособие. М. : ИНФРА-М. 2000. 414 с.
11. Правила устройства электроустановок. М. : Энергоатомиздат. 2015. 330 с.
12. Почаевец В.С. Подстанции электрические: учебно-методическое пособие. М. : Желдориздат. 2012. 490 с.

13. Сергей Н. Формирование распределенной энергетики на основе когенерации. М. : ЛАП. 2012. 232 с.
14. Юрий Е. Автоматизация производственных процессов. М. : Агропромиздат. 2012. 62 с.
15. Януковича Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства: учебно-методическое пособие. М. : «ИВЦ Минфина». 2013. 516 с.
16. David B. Experiments in Electronics Fundamentals and Electric Circuits Fundamentals. Elsevier Science, 2000. 400 p.
17. Gordon A. Energy systems, power electronics., 2018. 557 p.
18. Jackson, L.T. High performance power supply optimization., 2000. 100 p.
19. Salem, Alshahrani. Transformer commissioning [электронный ресурс]. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/testing-commissioning-power-transformers-experience/> (дата обращения 10.05.2021).
20. Zilberman, S. Optimization model of power supply system of industrial enterprise., 2018. 450 p.