

Аннотация

Название выпускной квалификационной работы: «Реконструкция электроснабжения ООО КорпусГрупп Волга-Дон». Целью ВКР является расчет электрической части предприятия с последующим выбором трансформаторной подстанции. Объектом бакалаврской работы служит предприятие, выпускающее хлебобулочную продукцию для Волжского автомобильного завода.

В ВКР расчет начинается с определения ожидаемых нагрузок по цеху, где все электроприборы приводятся к трёхфазному долговременному режиму. Далее рассчитывается освещение и производится выбор КТП. После определения токов КЗ производится расчет заземляющего устройства.

Пояснительная записка содержит 56 страниц, в том числе 8 таблиц и 7 рисунков, а также шесть графических чертежей формата А1.

Abstract

The title of the senior thesis is "Reconstruction of power supply LLC Korpusgroup Volga-don." The aim of the graduation work is to calculate the electrical part of the enterprise, followed by the choice of a transformer substation. The object of the graduation thesis is the company that produces bakery products for the Volga automobile plant.

In this diploma work the calculation begins with the determination of the expected loads on the shop floor, where all electrical appliances are reduced to a three-phase long-term mode. The next point is the calculation of electrical loads of lighting, which initially calculated the area of the premises, then selected lamps and using the software environment DIALux calculation of lighting of all workshops. Particular attention is paid to the preparation of a summary statement of loads on the shop floor, where electrical appliances are divided into distribution points and calculated a separate load for each distribution point and the final. The second and main stage is the replacement of power transformers of the complete transformer substation. The second item was selected transformer of TM-400/10/0,4 kV.

Summing up, we would like to emphasize that the selected transformer substation is a reliable, economical and more environmentally friendly source of electricity supply to the enterprise than the previous one, it follows that the work carried out meets all the requirements set at the beginning. Thus, the goals set in the task for this course project have been achieved in full.

Содержание

Введение.....	5
1 Определение ожидаемых электрических нагрузок по цеху	7
2 Расчет электрических нагрузок освещения.....	14
3 Составление сводной ведомости нагрузок по цеху.....	18
4 Выбор трансформаторов КТП с учётом компенсации реактивной мощности	28
5 Расчет токов короткого замыкания	35
6 Расчет заземляющего устройства электроустановок	48
Заключение	53
Список используемых источников.....	54

Введение

В современном мире идёт стремительный рост и развитие технологий. С каждым годом на смену старого оборудования приходит обновлённое или принципиально новые устройства. Но на данный момент в России и мире осталось множество заводов, фабрик и предприятий со старым электрооборудованием. Зачастую полная замена и реконструкция заводских цехов сопоставима по затратам постройке новых. Как следствие управляющие предприятием люди отказываются от таких затрат. Значительно опередившее свой возраст электрооборудование подвержено частым поломкам и аварийным ситуациям, что в свою очередь влечёт, как и к угрозе окончательной поломке этого оборудования, так и угрозе здоровья и жизни обслуживающего персонала.

ООО «Корпусгрупп Волга-Дон» предприятие занимающиеся выпуском хлебобулочных изделий для обеспечения питанием рабочих автомобильного завода «АвтоВаз».

На заводе существуют три цеха по выпуску продукции; хлебный цех, кондитерский цех и упаковочный цех. На самом предприятии так же существуют таромоечный отдел, кабинеты для персонала, мукоприёмник, склад и мастерская. Каждое отделение снабжено отдельным специализированным оборудованием.

В среднем в день выпускается порядка 15000 единиц продукции. Предприятие рассчитано на обеспечение 90 столовых по всему заводу. Так же дополнительно оно берёт на себя ответственность на организацию значимых для завода мероприятий в качестве.

С момента открытия прошло порядка 25 лет, но модернизации предприятие подвергнуто не было, что негативно сказывается на безопасности, производительности и экономии электроэнергии. Так же стоит обратить внимание на то, что за последние года участились аварийные ситуации.

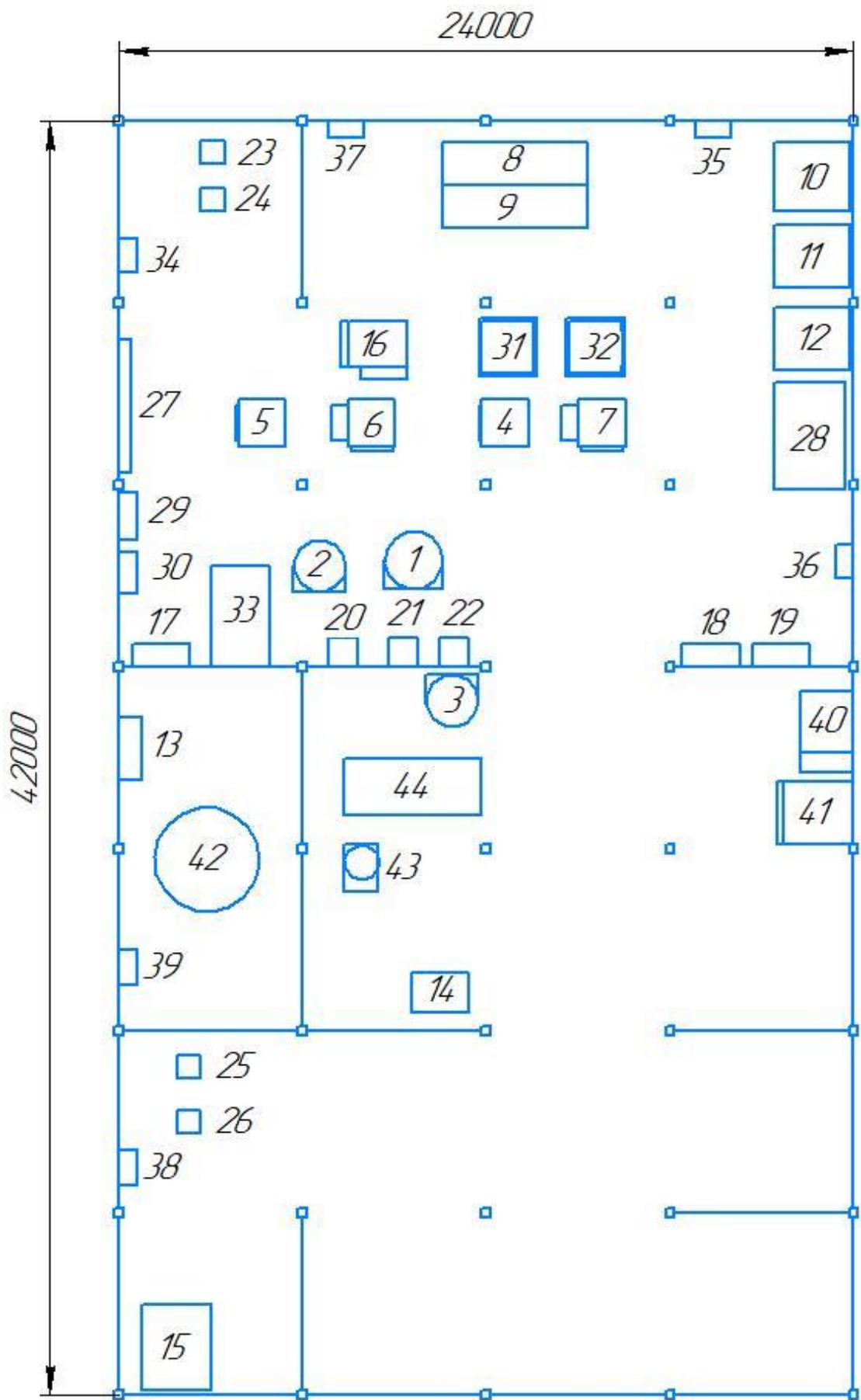


Рисунок 1 - Общий план цехового оборудования

1 Определение ожидаемых электрических нагрузок по цеху

Первый, и один из наиболее ответственных этапов проектирования системы электроснабжения предприятия – это определение расчетных нагрузок по цеху.

«Расчётная максимальная мощность, потребляемая электроприёмниками предприятия, всегда меньше суммы номинальных мощностей этих приёмников» [4]. Это обусловлено неполной загрузкой мощностей электроприёмников, разновременностью их работы, обеспечением условий труда обслуживающего персонала.

Определение нагрузок в данной ситуации произведем методом упорядоченных диаграмм, заключающимся в вычислении максимальных расчетных нагрузок группы электроприемников.

Таблица 1.1 – Перечень оборудования цехов предприятия

№ на плане	Количество	Наименование оборудования	$P_{\text{пасп}}$ кВт	Примечание
1	1	Большой тестомес	9	
2,3	2	Малый тестомес	5,6	
4,5	2	Машина формовочная	0,55	
6,7	2	Тестоделитель-округлитель	1,3	
8,9	2	Расстоечные камеры	2,5	
10,11,12	3	Печи	65	
13	1	Мукопросеиватель	3,8	
14	1	Плита	27	
15	1	Холодильник	5,5	1-фазные
16	1	Капельная машина	2,8	
17,18,19	3	Водонагреватель	1,8	1-фазные
20,21,22	3	Дозатор муки	1,2	ПВ=60%
23...26	4	Компьютер	0,6	1-фазные

Продолжение таблицы 1.1

27	1	Вентиляция	2,2	
28	1	Остывочная камера	2,1	
29,30	2	Охладитель воды	1,5	
31,32	2	Взбивальная машина	3,2	ПВ=25%
33	1	Тестораскаточная машина	1,2	
34...39	6	Кондиционер	9,7	
40	1	Таромоечная машина	2,7	
41	1	Сушилка тары	1,3	ПВ=60%
42	1	Бункер для хранения муки	3,2	
43	1	Овощерезка	0,8	1-фазные

Для определения ожидаемых электрических нагрузок необходимо привести всё электрооборудование к трёхфазному долговременному режиму, для этого необходимо составить таблицу, где приборы будут распределены по режиму их работы.

Таблица 1.2 – Заданные электроприёмники

Количество	Наименование электрооборудования
3-х фазный ДР	
1	Большой тестомес
2	Малый тестомес
2	Машина формовочная
2	Тестоделитель-округлитель
2	Расстоечные камеры
3	Печи

Продолжение таблицы 1.2

1	Мукопросеиватель
1	Плита
1	Капельная машина
1	Вентиляция
1	Остывочная камера
2	Охладитель воды
1	Тестораскаточная машина
6	Кондиционер
1	Таромоечная машина
1	Бункер для хранения муки
1	Багетная линия
1-фазный ДР	
1	Холодильник
3	Водонагреватель
4	Компьютер
1	Овощерезка
3-х фазный ПКР	
3	Дозатор муки
2	Взбивальная машина
1	Сушилка тары

Приведём нагрузку 1-фазного ДР к условной трёхфазной мощности:

Для холодильника и овощерезки составим одну схему подключения к сети однофазных приёмников.

Схема подключения к сети однофазных приемников изображена на рисунке 1.1

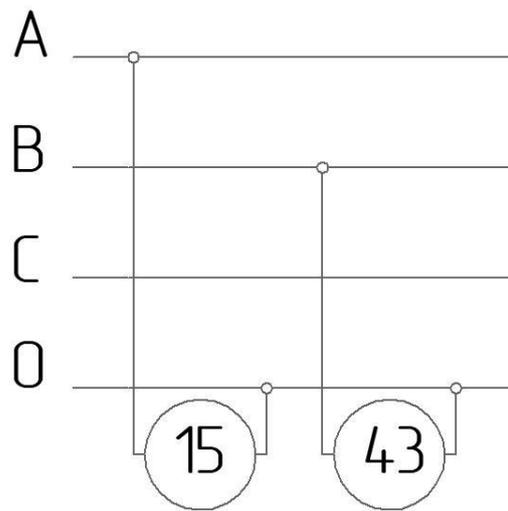


Рисунок 1.1 – Схема подключения к сети однофазных приемников.

Для холодильника:

$$P_H = 5,5 \text{ кВт}$$

$$P_A = 2 \cdot P_H = P_{\text{ф.нб.}} \quad (1.1)$$

$$P_A = 2 \cdot 5,5 = 11 \text{ кВт}$$

$$P_B = P_C = P_{\text{ф.наим.}} = 5,5 \text{ кВт}$$

Определим неравномерность распределения нагрузки по фазам:

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб.}} - P_{\text{ф.нм.}}}{P_{\text{ф.нм.}}} \quad (1.2)$$

$$H = \frac{11 - 5,5}{5,5} \cdot 10^2 = 100\% > 15\%$$

Следовательно,

$$P_y = P_{\text{ф.нб.}} = 11 \text{ кВт}$$

Для овощерезки:

$$P_H = 0,8 \text{ кВт}$$

$$P_A = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ кВт}$$

$$P_B = P_C = P_{\text{ф.наим.}} = 0,8 \text{ кВт}$$

Определим неравномерность распределения нагрузки по фазам:

$$H = \frac{1,6 - 0,8}{0,8} \cdot 10^2 = 100\% > 15\%$$

Следовательно,

$$P_y = P_{\text{ф.нб.}} = 0,8 \text{ кВт}$$

Для водонагревателя:

Схема присоединения к сети приемника изображена на рисунке 1.2

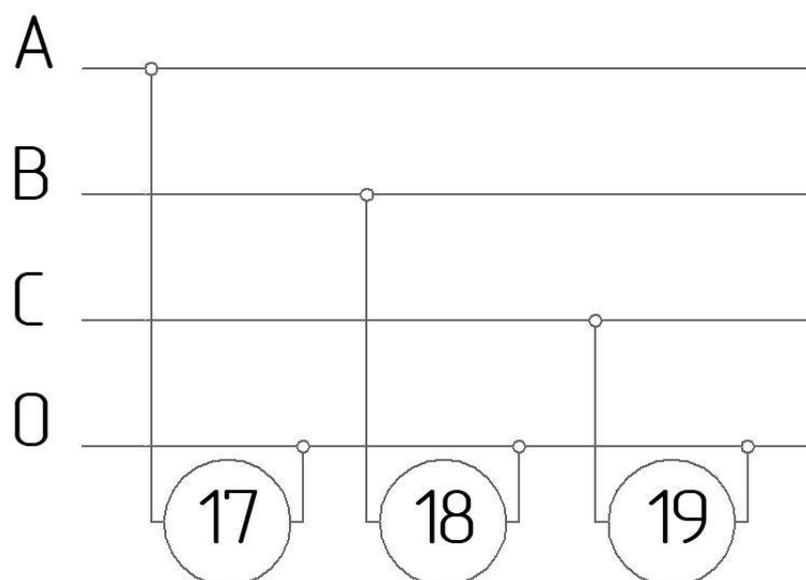


Рисунок 1.2 – распределение нагрузки вертикально – водонагревателя по фазам

$$P_H = 1,8 \text{ кВт}$$

$$P_A = 2 \cdot 1,8 = 3,6 \text{ кВт}$$

$$P_B = P_C = P_{\text{ф.наим.}} = 1,8 \text{ кВт}$$

Определим неравномерность распределения нагрузки по фазам:

$$H = \frac{3,6 - 1,8}{1,8} \cdot 10^2 = 100\% > 15\%$$

Следовательно,

$$P_y = 3P_{\text{ф.нб.}} = 10,8 \text{ кВт}$$

Для компьютера:

Схема присоединения приемника к сети изображена на рисунке 1.3

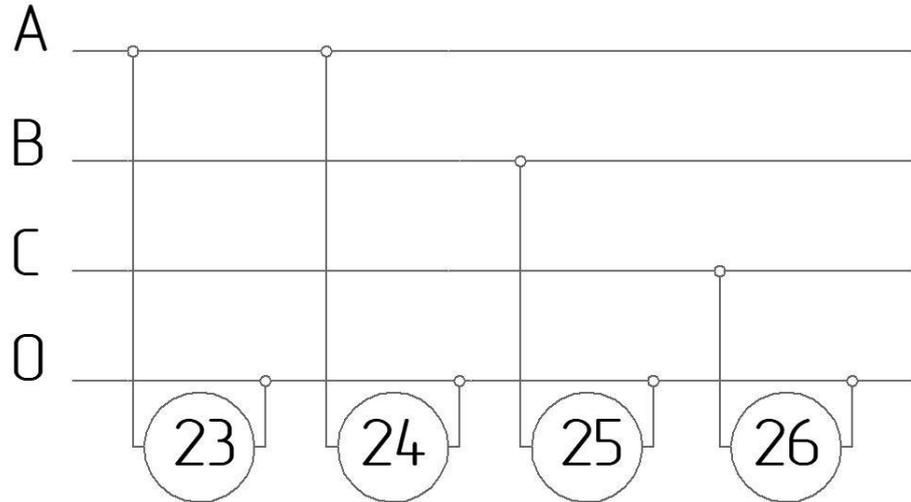


Рисунок 1.3 – Схема подключения к сети однофазных приемников.

$$P_H = 0,6 \text{ кВт}$$

$$P_A = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ кВт}$$

$$P_B = P_C = P_{\text{ф.наим.}} = 0,6 \text{ кВт}$$

Определим неравномерность распределения нагрузки по фазам:

$$H = \frac{1,2 - 0,6}{0,6} \cdot 10^2 = 100\% > 15\%$$

Следовательно,

$$P_y = 4P_{\text{ф.нб.}} = 2,4 \text{ кВт}$$

Приведём 3-х фазный ПКР к длительному режиму

Для дозатора муки:

$$\cos \varphi = 0,3$$

$$P_H = P_{\Pi} \cdot \cos \varphi \cdot \overline{ПВ} \quad (1.3)$$

$$P_H = 1,2 \cdot 0,3 \cdot \overline{0,6} = 0,28 \text{ кВт}$$

Для взбивальной машины:

$$\cos \varphi = 0,2$$

$$P_H = 3,2 \cdot 0,2 \cdot \overline{2,5} = 1,01 \text{ кВт}$$

Для сушиллки тары:

$$P_H = 1,2 \cdot 0,3 \cdot \overline{0,6} = 0,28 \text{ кВт}$$

2 Расчет электрических нагрузок освещения

Рассчитаем осветительную нагрузку в программе DIALux. Освещение цеха и вспомогательных помещений, в целях экономии электроэнергии, в соответствии с [8] выполним люминесцентными светильниками промышленного назначения, производимыми Ардатовским светотехническим заводом, марки АСТЗ ЛСП02-2x58-002. Сводная ведомость расчета осветительной нагрузки представлена в таблице 2.1. Пример расчета освещенности в программе DIALux представлен на рисунке 2.1

Расчет электрического освещения всего предприятия произведем в программе Dialux и результаты занесем в таблицу 2.1.

Высота помещений – $h = 3,6\text{м}$

Необходимо рассчитать площади всех помещений

$$S = a \cdot b \quad (2.1)$$

Цех изготовления и выпечки булочных изделий:

$$S = 18 \times 15 - 4,5 \times 6 = 243\text{м}^2$$

Цех упаковки:

$$S = 8,8 \times 4 = 35,2 \text{ м}^2$$

Цех кондитерских изделий:

$$S = 8,8 \times 8, = 70,4 \text{ м}^2$$

Хранилище муки:

$$S = 6 \times 8,8 = 52,8 \text{ м}^2$$

Кабинет директора:

$$S = 6 \times 7 = 42 \text{ м}^2$$

Таромоечный отдел:

$$S = 4,6 \times 3 = 13,8 \text{ м}^2$$

Кабинет мастера:

$$S = 6 \times 3,8 = 22,8 \text{ м}^2$$

Мастерская механиков:

$$S = 6 \times 6 - 1 \times 2,8 = 33,2 \text{ м}^2$$

Склад готовой продукции:

$$S = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2$$

Экспедиция:

$$S = 6 \times 4 = 24 \text{ м}^2$$

Бухгалтерия:

$$S = 6 \times 3,6 = 21,6 \text{ м}^2$$

Освещение коридоров, кладовок, подсобных помещений было подсчитано и объединено в один пункт.

Прочие помещения:

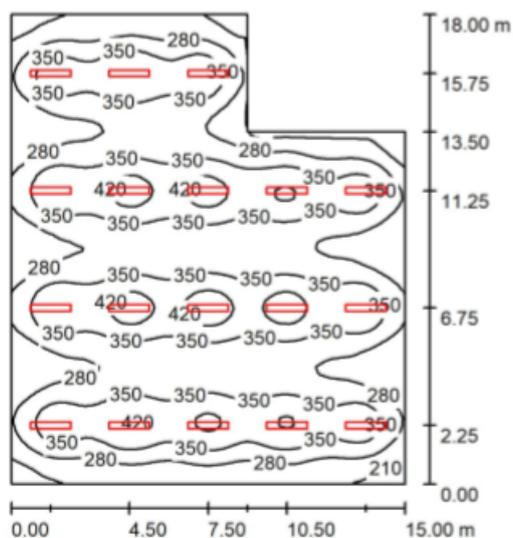
$$S = 6 \times 5 + 8,8 \times 5,1 + 5,7 \times 11,7 + 13,5 \times 2,5 + 18 \times 6 = 283,32 \text{ м}^2$$

Таблица 2.1 – Сводная ведомость осветительной нагрузки цеха хлебобулочных изделий

Помещение	S, м ²	h, м	P _н кВт	Кол- во	P _н Σ, кВт	E _{ср.р.} , Лк	E _{ср.норм.} , Лк
Цех изготовления и выпечки булочных изделий	243	3,2	0,116	18	2,09	324	300
Цех кондитерских изделий	70,4	3,2	0,116	6	0,7	329	300
Кабинет директора	42	3,2	0,116	4	0,5	313	400
Кабинет мастера	22,8	3,2	0,116	4	0,5	515	400
Цех упаковки	35,2	3,2	0,116	4	0,5	383	300
Хранилище муки	52,8	3,2	0,116	2	0,23	150	200

Продолжение таблицы 2.1

Бухгалтерия	21,6	3,2	0,116	4	0,5	532	400
Экспедиция	24	3,2	0,116	2	0,23	297	200
Склад готовой продукции	36	3,2	0,116	2	0,23	219	200
Таромоечный отдел	13,8	3,2	0,116	2	0,23	436	300
Мастерская механика	33,2	3,2	0,116	4	0,5	378	300
Прочие помещения	283,32	3,2	0,116	16	1,86	96	50
ИТОГО				68	8,07		



Высота помещения: 3.200 m, Монтажная высота: 3.200 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:232

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$
Рабочая плоскость	/	324	154	458	0.477
Полы	20	301	178	375	0.593
Потолок	70	155	56	1960	0.361
Стенки (6)	50	160	90	279	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 64 x 64 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 88.50%.

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	18	ASTZ T8 ЛСП02-2x58-013+P258 (1.000)	6066	8000	110.0
			Всего: 109193	Всего: 144000	1980.0

Удельная подсоединенная мощность: $8.15 \text{ W/m}^2 = 2.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 243.00 m^2)

Рисунок 2.1– Ведомость расчета освещенности станочного отделения в программной среде DIALux.

3 Составление сводной ведомости нагрузок по цеху

Произведем предварительное распределение нагрузки по секциям (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Предварительное распределение нагрузки по секциям

Номер распределительного пункта	Количество	Нагрузка приведённая, кВт
РП1		
Мукопросеиватель	1	3,8
Плита	1	27
Вентиляция	1	2,2
Остывочная камера	1	2,1
Дозатор муки	3	0,28
Кондиционер	6	9,7
Овощерезка	1	0,8
РП2		
Багетная линия	1	1,8
Формофочная машина	2	1,1
Большой тестомес	1	9
Охладитель воды	2	3
Тестораскаточная машина	1	1,2
Взбивальная машина	1	1,01
Капельная машина	1	2,8
РП3		
Компьютер	4	9,6
Освещение	1	8,07
РП4		
Печь2	1	65
Печь 3	1	65
Расточный шкаф	2	5

Продолжение таблицы 3.1

Малый тестомес	2	11,2
Мучной бункер	1	3,2
РП5		
Печь 1	1	65
Холодильник	1	5,5
Водонагреватель	3	5,4
Сушилка тары	1	0,28
Таромоечная машина	1	2,7
Тестоделитель	2	2,6
ИТОГО	44	363,4

Сводная ведомость нагрузок по цеху представлена в таблице 3.1

Пример расчета параметров, приведенных в сводной ведомости для РП1 (для РП2, РП3, РП4 и РП5 расчет производился аналогичным образом)

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} \quad (3.1)$$

$$m = \frac{9,7}{0,28} = 34,6 > 3$$

Пример расчета мощности для мукопросеивателя, подключенного к РП1:

$$P_{см} = K_{и} P_{н} \quad (3.2)$$

$$P_{\text{CM}} = 0,2 \cdot 2,8 = 0,76 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{CM}} = P_{\text{CM}} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{CM}} = 0,76 \cdot 1,73 = 1,3 \text{ кВар}$$

Полная мощность для РП1:

$$S_{\text{CM}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{CM}}^2 + Q_{\text{CM}}^2} \quad (3.4)$$

$$S_{\text{CM}\Sigma} = \sqrt{37,1^2 + 45,5^2} = 58,6 \text{ кВА}$$

Общие параметры для РП1:

$$K_{\text{и ср.}} = \frac{P_{\text{CM}\Sigma}}{P_{\text{H}\Sigma}} \quad (3.5)$$

$$K_{\text{и ср.}} = \frac{58,6}{94,9} = 0,6$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{CM}\Sigma}}{S_{\text{CM}\Sigma}} \quad (3.6)$$

$$\cos \varphi = \frac{89}{97,5} = 0,5$$

$$tg \varphi = \frac{Q_{CM \Sigma}}{P_{CM \Sigma}} \quad (3.7)$$

$$tg \varphi = \frac{37,8}{89} = 1,23$$

$$n_3 = F(n; m; K_{и.ср.}; P_{и}) = F(16; >3; = 0,2; \text{переменная})$$

$$n_3 = \frac{2 \cdot \frac{16}{1} P_{и}^2}{P_{и.наиб.}} = 3$$

$$K_M = F(K_{и.ср.}; n_3) = F(0,2; 5,8) = 2,2$$

$$P_M = K_M \cdot P_{CM \Sigma} \quad (3.8)$$

$$P_M = 1,52 \cdot 89 = 135,3 \text{ кВт}$$

Так как $n_3 > 10$, выбираем $K'_M = 1$

$$Q_M = K'_M \cdot Q_{CM} \quad (3.9)$$

$$Q_M = 1 \cdot 37,8 = 37,8 \text{ кВар}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (3.10)$$

$$S_M = \sqrt{135,3^2 + 37,8^2} = 140,5 \text{ кВА}$$

Расчет потерь в трансформаторе:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{M(\text{НН})} \quad (3.11)$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 451,5 = 9,0 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{M(\text{НН})} \quad (3.12)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 451,5 = 45,2 \text{ кВар}$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} \quad (3.13)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{9,0^2 + 45,2^2} = 46,0 \text{ кВА}$$

Расчитаем ток на РУ:

$$I_{M \text{ РП1}} = \frac{S_{M(\text{РП1})}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} \quad (3.14)$$

$$I_{M \text{ РП1}} = \frac{S_{M(\text{РП1})}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{1,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 148,4 \text{ А}$$

$$I_{M \text{ РП2}} = \frac{S_{M(\text{РП2})}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{1,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 31,4 \text{ А}$$

$$I_{M \text{ РП3}} = \frac{S_{M(\text{РП3})}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{5,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 14,6 \text{ А}$$

$$I_{M \text{ РП4}} = \frac{S_{M(\text{ШРА1})}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{69,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 238,4 \text{ А}$$

$$I_{M \text{ РП5}} = \frac{S_{M(\text{ШРА2})}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{60,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 118,4 \text{ А}$$

Результаты расчетов внесены в сводную ведомость нагрузок по цеху, таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Сводная ведомость нагрузок по цеху

Наименование узлов питания и групп ЭП	Кол. ЭП	Установленная мощность		m	K _и	cosφ	tanφ	Среднесменная нагрузка		N _э	K _{м.а}	K _{м.р}	Расчетная нагрузка			Расчетный ток
		P _{мин} - P _{макс}	P _{ном.сум.}					P _{см}	Q _{см}				P	Q	S	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
РП 1																
Мукопросеиватель	1	3,8	3,8	>3	0,2	0,5	1,73	0,8	1,31	3	1,5	1	1,2	1,3	1,8	2,7
Плита	1	27	27		0,6	0,95	0,3	16,2	5,3		1,5	1	24,6	5,3	25,2	38,3
Вентиляция	1	2,2	2,2		0,7	0,8	0,75	1,5	1,1		1,5	1	2,2	1,1	2,5	3,8
Остывочная камера	1	2,1	2,1		0,65	0,8	0,75	1,4	1,0		1,5	1	2,0	1,0	2,3	3,5
Дозатор муки	3	0,2	0,84		0,7	0,8	0,75	0,6	0,4		1,5	1	0,9	0,4	0,99	1,5
Кондиционер	6	9,7	58,2		0,65	0,8	0,75	37,8	28,4		1,5	1	57,5	28,4	64,1	97,5
Овощерезка	1	0,8	0,8		0,5	0,8	0,6	0,4	0,24		1,52	1	0,6	0,24	0,6	0,99
Итого по РП1	14	0,3-9,7	94,9		0,6	0,8	0,8	58,6	37,8		1,5	1	89,0	37,8	97,5	148,4

Продолжение таблицы 3.2

РП 2																
Багетная линия	1	1,8	1,8		0,65	0,8	0,75	1,2	0,9		1,5	1	1,7	0,9	1,9	2,9
Формовочная машина	2	0,6	1,1		0,6	0,95	0,33	0,7	0,2		1,5	1	0,9	0,2	0,9	1,5
Большой тестомес	1	9	9		0,67	0,8	0,75	6,03	4,5		1,5	1	8,8	4,5	9,9	15,0
Охладитель воды	2	1,5	3		0,65	0,8	0,75	1,95	1,5		1,4	1	2,8	1,4	3,2	4,9
Тестораскаточная машина	1	1,2	1,2		0,7	0,8	0,75	0,84	0,63		1,5	1	1,2	0,63	1,4	2,1
Взбивальная машина	1	1,01	1,01		0,65	0,8	0,75	0,66	0,5		1,46	1	0,9	0,5	1,0	1,6
Капельная машина	1	2,8	2,8		0,5	0,8	0,6	1,4	0,84		1,46	1	2,0	0,84	2,2	3,3
Итого по РП2	9	0,28-9,7	19,9	>3	0,6	0,8	0,67	12,7	9,0	4	1,46	1	18,5	9,0	20,8	31,4

Продолжение таблицы 3.2

РП 3																
Компьютер	4	2,4	9,6	<3	0,2	0,5	0,75	1,9	1,44	4	2,64	1	5,0	1,44	5,2	8,0
Освещение	1	8,07	8,07		0,2	0,91	0,46	1,6	0,7		2,64	1	4,2	0,7	4,3	6,6
Итого по РПЗ	5	2,4- 8,07	17,67		0,2	0,705	0,6	3,5	2,2		2,64	1	9,3	2,2	9,6	14,6
РП4																
Печь 2	1	65	65	>3	0,67	0,8	0,75	43,55	32,7	5	1,41	1	61,4	32,7	69,5	105,8
Печь 3	1	65	65		0,65	0,8	0,75	42,25	31,6		1,41	1	59,6	31,7	67,5	102,6
Расстоечный шкаф	2	2,5	5		0,7	0,8	0,75	3,5	2,6		1,41	1	4,9	2,62	5,6	8,5
Малый тестомес	2	5,6	11,2		0,65	0,8	0,75	7,28	5,46		1,41	1	10,2	5,46	11,6	17,6
Мучной бункер	1	3,2	3,2		0,5	0,8	0,6	1,6	0,96		1,41	1	2,2	0,96	2,5	3,7
Итого по РП4	7	2,5- 65	149,4		0,6	0,8	0,72	98,18	73,4		1,41	1	138,4	73,3	156,7	238,

Продолжение таблицы 3.2

РП5																
Печь 1	1	65	65		0,6	0,95	0,33	39	12,8		1,51	1	58,8	12,8	60,3	91,7
Холодильник	1	5,5	5,5		0,67	0,8	0,75	3,7	2,7		1,51	1	5,5	2,7	6,2	9,4
Водонагреватель	3	1,8	5,4		0,65	0,8	0,75	3,5	2,6		1,51	1	5,3	2,6	5,9	9,0
Сушилка тары	1	0,3	0,28		0,7	0,8	0,75	0,1	0,1		1,51	1	0,3	0,1	0,3	0,5
Таромечная машина	1	2,7	2,7		0,65	0,8	0,75	1,7	1,3		1,51	1	2,6	1,3	2,9	4,5
Тестоделитель	2	1,3	2,6		0,5	0,8	0,6	1,3	0,78		1,51	1	1,96	0,78	2,1	3,2
Итого по РП5	9	0,28-65	81,48	>3	0,6	0,8	0,6	49,4	20,5	3	1,51	1	74,6	20,5	77,8	118,3
Итого по всем РП	44	0,28-65	363,4	-	0,5	0,78	0,6	222,48	142,9	3,8	1,708	1	330,0	142,9	362,3	551,1

4 Выбор трансформаторов КТП с учётом компенсации реактивной мощности

Основным этапом реконструкции является замена силовых трансформаторов комплектной трансформаторной подстанции. В случае рассматриваемого предприятия нужды в замене КТП целиком нет. Трансформатор установлен в отдельном помещении внутри здания.

На данный момент на комплектной трансформаторной подстанции установлен трансформатор марки ТМ, и он уже на данный момент не соответствует нагрузкам предприятия. Для начала расчёта по методике [6] необходимо выписать итоговые данные силовых и осветительных нагрузок по предприятию:

$$P_{p\Sigma} = 330,07 \text{ кВт}, Q_{p\Sigma} = 142,97 \text{ квар}, S_{p\Sigma} = 362,31 \text{ КВ}\cdot\text{А}.$$

Ещё одним необходимым параметром для будущего расчёта является коэффициент загрузки трансформатора. Так как ООО «КорпусГрупп Волга-Дон» является потребителем третьей категории надёжности, K_3 будет равен 0,95.

Для начала, необходимо вычислить мощность трансформаторов по формуле (2.1):

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot N_T} \quad (4.1)$$

Вариант А.

Рассчитаем мощность трансформатора по формуле (2.1), исходя из итоговых нагрузок предприятия и значения N_T равного 1:

$$S_{\text{ном1}} \geq \frac{330,07}{0,95 \cdot 1} = 347,44 \text{ КВ}\cdot\text{А}.$$

Следовательно, первый вариант комплектации КТП будет представлять из себя трансформатор марки ТМ, номинальной мощностью

400 КВ·А. Представим в таблице 2.1 характеристику данного трансформатора:

Таблица 4.1 – Характеристики ТМ-400.

Маркировка трансформатора	ТМ-400/10/0,4 кВт
Номинальная мощность, КВ·А	400
Потери холостого хода, кВт	0,8
Потери короткого замыкания, кВт	5,5
Напряжение короткого замыкания, %	4,5
Ток холостого хода, %	1,6

Расчёт начинается с определения потерь в трансформаторе:

$$\Delta P_T = N_T \cdot P_{xx} + K_3^2 \cdot P_{кз} \quad (4.2)$$

$$\Delta P_T = 1 \cdot 0,8 + 0,95^2 \cdot 5,5 = 5,76 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot i_o + K_3^2 \cdot U_{кз} \cdot \frac{S_H}{100} \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_T = 1 \cdot 1,6 + 0,95^2 \cdot 4,5 \cdot \frac{400}{100} = 22,6 \text{ квар.}$$

Расчётные нагрузки с учётом потерь в трансформаторах, вычисляются по следующим формулам:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T \quad (4.4)$$

$$P_p = 330,07 + 5,76 = 335,83 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T \quad (4.5)$$

$$Q_p = 142,97 + 22,6 = 165,57 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки по типовому графику электрических нагрузок:

$$Q_{\min} = 50\% \cdot Q_p = 82,79 \text{ квар} \quad (4.6)$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{\varepsilon 1} = Q_p - 0,7 \cdot Q_{\text{сд}} \quad (4.7)$$

$$Q''_{\varepsilon 1} = \alpha \cdot P_p \quad (4.8)$$

Необходимо указать значение нормативного коэффициента капиталовложений. Для предприятия пищевой промышленности данный коэффициент принимает значение: $\alpha = 0,17$.

Продолжим расчёт по формулам (4.7) и (4.8):

- 1 Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{\varepsilon 1} = 165,57 - 0,7 \cdot 0 = 165,57 \text{ квар};$$

$$Q''_{\varepsilon 1} = 0,17 \cdot 335,83 = 57,09 \text{ квар}.$$

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок, принимаем меньшее из значений: $Q_{\varepsilon 1} = 57,09 \text{ квар}$.

- 2 Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\varepsilon 2} = Q_{\min} + Q_{\text{к}} \quad (4.9)$$

$$Q'_{\varepsilon 2} = 82,79 + 0 = 82,79 \text{ квар};$$

$$Q''_{\varepsilon 2} = Q_{\min} - Q_{\text{кд}} = Q_{\min} - (Q_p - Q_{\varepsilon 1}) \quad (4.10)$$

$$Q''_{\varepsilon 2} = 82,79 - (165,57 - 57,09) = -25,69 \text{ квар}.$$

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q_{\Sigma 2} = 82,79$ квар.

3 Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку.маx}} = 1,1 \cdot Q_p - Q_{\Sigma 1} \quad (4.11)$$

$$Q_{\text{ку.маx}} = 1,1 \cdot 165,57 - 57,09 = 125 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{ку.миn}} = Q_{\text{миn}} - Q_{\Sigma 2} \quad (4.12)$$

$$Q_{\text{ку.миn}} = 82,79 - 82,79 = 0.$$

Воспользуемся данными формулами, используя известные значения:

Произведём расчёт реактивной мощности, которой необходимо быть переданной из сети 10 кВ в сеть 0,4 кВ и не должна компенсироваться:

$$Q_{\text{ЭН}} = Q_{\Sigma 1} - Q_p - Q_{\text{р}\Sigma} \quad (4.13)$$

$$Q_{\text{ЭН}} = 57,09 - 165,57 - 142,97 = 34,49 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана:

$$Q_T = \sqrt{N_T \cdot K_3 \cdot S_{\text{н.т}}^2 - P_{\text{р}\Sigma}^2} \quad (4.14)$$

$$Q_T = \sqrt{(1 \cdot 0,95 \cdot 400)^2 - 330,07^2} = 188,29 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне 0,4 кВ:

$$Q_{\text{КУ.н}} = Q_{p\Sigma} - Q_T \quad (4.15)$$

$$Q_{\text{КУ.н}} = 164,58 - 188,29 = -23,71 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне 10 кВ:

$$Q_{\text{КУ.в}} = Q_{\text{КУ.max}} - Q_{\text{КУ.н}} \quad (4.16)$$

$$Q_{\text{КУ.в}} = 125 + 23,71 = 148,71 \text{ квар.}$$

Таким образом, можно заключить, что установка компенсирующих установок нецелесообразна. Значит, затраты на установку нового трансформатора будут рассчитываться по следующей формуле:

$$Z_{\text{КТП}} = E \cdot K_{\text{ТП}}, \quad (4.17)$$

где $K_{\text{ТП}}$ равен стоимости трансформатора и принимает значение 205 тыс. руб. Продолжим расчёт по формуле (2.17):

$$Z_{\text{КТП}} = 0,17 \cdot 205 = 34,85 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б.

Проведём аналогичный расчёт для второго варианта комплектации КТП. Его отличием от варианта А будет наличие двух трансформаторов:

$$S_{\text{ном2}} \geq \frac{330,07}{0,95 \cdot 2} = 173,72 \text{ КВ} \cdot \text{А.}$$

Вариант. Б будет укомплектован двумя трансформаторами ТМ, номинальной мощностью 250 КВ·А. Ниже, в таблице 2.2 представлены параметры данных трансформаторов.

Таблица 4.2 - Характеристика трансформатора.

Маркировка трансформатора	ТМ-250/10/0,4 кВт
Номинальная мощность, КВ·А	250
Потери холостого хода, кВт	0,65
Потери короткого замыкания, кВт	3,1
Напряжение короткого замыкания, %	4,5
Ток холостого хода, %	2,3

По формулам (4.2) и (4.3) определим потери в трансформаторах:

$$\Delta P_T = 2 \cdot 0,65 + 0,95^2 \cdot 3,1 = 6,89 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot 2,3 + 0,95^2 \cdot 4,5 \cdot \frac{250}{100} = 31,8 \text{ квар.}$$

Подставив известные данные в формулы (2.4) и (2.5), получаем:

$$P_p = 330,07 + 6,89 = 293,8 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 142,91 + 31,8 = 194,1 \text{ квар.}$$

Реактивную мощность в часы минимума нагрузки возьмём из формулы (2.6):

$$Q_{\min} = 82,79 \text{ квар.}$$

1. Вычислим экономически обоснованные значения в часы максимума энергосистемы, руководствуясь формулами (4.7) и (4.8) и подставив найденные выше параметры:

$$Q'_{\text{э}1} = 194,1 - 0,7 \cdot 0 = 194,1 \text{ квар};$$

$$Q''_{\text{э}1} = 0,17 \cdot 293,8 = 49,9 \text{ квар.}$$

Из-за уменьшенного напряжения во время максимальных нагрузок, возьмём наименьшее из значений: $Q_{\text{э}1} = 49,9 \text{ квар.}$

2. Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок по формулам (4.9), (4.10):

$$Q'_{\text{э}2} = 82,79 + 0 = 82,79 \text{ квар};$$

$$Q''_{\text{э}2} = 82,79 - (194,1 - 49,9) = -61,41 \text{ квар.}$$

Из-за увеличенного напряжения во время наименьших нагрузок берём значение мощности: $Q_{э2} = 82,79$ квар.

3. Суммарная мощность компенсирующих устройств по формулам (2.11) и (2.12):

$$Q_{ку.маx} = 1,1 \cdot 194,1 - 49,9 = 163,6 \text{ квар};$$

$$Q_{ку.миn} = 82,79 - 82,79 = 0.$$

Рассчитаем реактивную мощность, которая должна быть передана из сети 10 кВ в сеть 0,4 кВ и не должна компенсироваться по формуле (4.13):

$$Q_{эн} = 49,9 - 194,1 - 142,91 = -1,29 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана по формуле (4.14):

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,95 \cdot 250)^2 - 330,07^2} = 341,6 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне 0,4 кВ по формуле (4.15):

$$Q_{ку.н} = 142,91 - 341,6 = -198,69 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне 10 кВ по формуле (4.16):

$$Q_{ку.в} = 163,6 + 198,69 = 362,29 \text{ квар.}$$

Установка КУ нецелесообразна.

Вычислим стоимость установки двух трансформаторов ТМ по формуле (2.17):

$$З_{кТП} = 0,17 \cdot 165 = 28,05 \text{ тыс. руб.}$$

Следовательно, из-за того, что установка КУ не требуется, выбор останавливается на варианте с наименьшим значением $З_{кТП}$. Этим вариантом является вариант А с одним трансформатором марки ТМ-400/10/0,4 кВ.

5 Расчет токов короткого замыкания

«Расчеты токов короткого замыкания (К.З.) необходимы для выбора и проверки электрических аппаратов и проводников, проектирования и настройки устройств релейной защиты и автоматики, проектирования заземляющих устройств и т.д.» [21].

Необходимо выделить то, что выборе вида расчетного тока короткого замыкания он будет зависеть от поставленных задач. Так например, расчетным видом тока короткого замыкания, при выборе и проверке аппаратов и проводников обычно является трехфазный и чуть реже (в сетях 110 кВ и выше) однофазный ток К.З. При расчете цепи релейной защиты расчетными видами токов к.з., как правило, являются: в сетях 6-35 кВ и трехфазные токи к.з., в сетях 110-220 кВ-трех-, двух- и однофазные токи к.з.

В первую очередь необходимо составить схему замещения и отметить точки к.з.

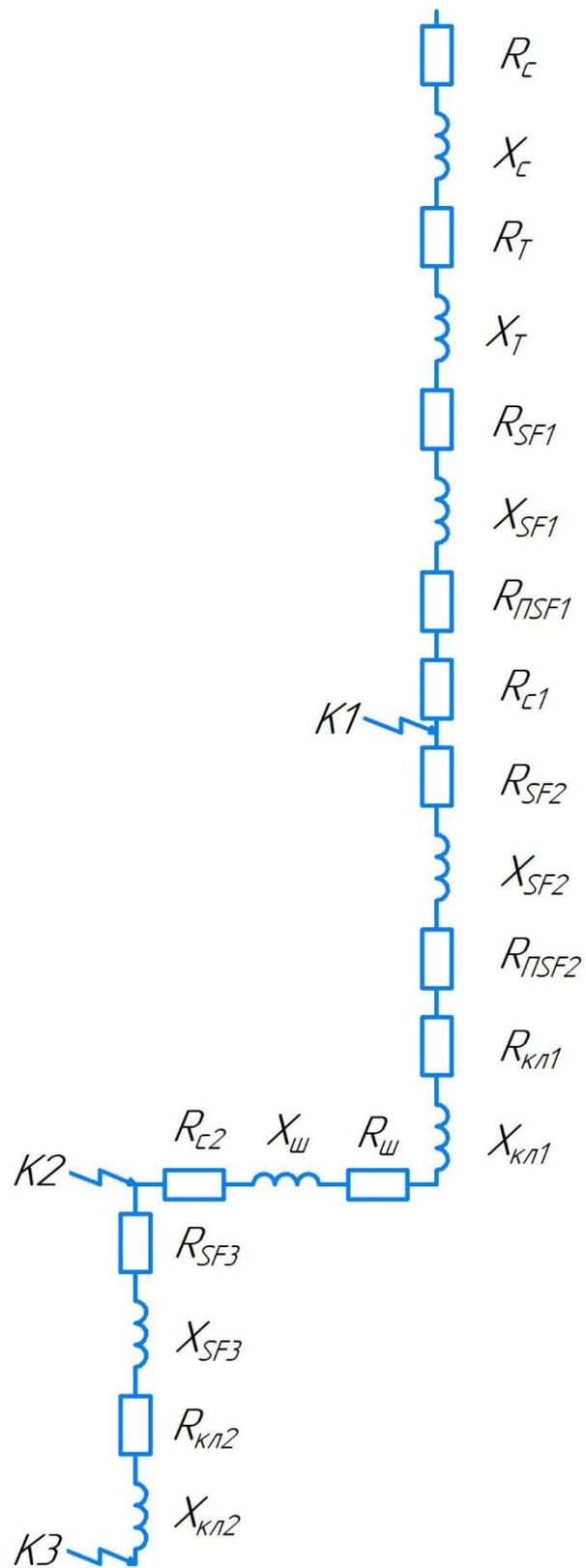


Рисунок 5.1 - Схема замещения

Для определения токов короткого замыкания необходимы следующие параметры:

$$L_{\text{ВН}} = 3 \text{ км}$$

$$L_{\text{кЛ1}} = 42 \text{ м}$$

$$L_{\text{Ш}} = 30 \text{ м}$$

$$L_{\text{кЛ2}} = 24 \text{ м}$$

$$I_c = \frac{S_T}{\sqrt{3}V_c} \quad (5.1)$$

$$I_c = \frac{400}{1,73 \cdot 10} = 23,1 \text{ А}$$

Наружная ВЛ АС-3×10/1,8; $I_{\text{доп}}=84 \text{ А}$

$$x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$$

$$X'_c = x_0 L_c = 0,4 \text{ Ом/км}$$

$$r_0 = \frac{10^3}{\gamma S} \quad (5.2)$$

где γ – удельная проводимость материала, м/Ом×мм², S – сечение проводника, мм².

$$r_0 = \frac{10^3}{30 \cdot 10} = 3,33 \text{ Ом/км}$$

$$R'_c = r_0 L_c \quad (5.3)$$

$$R'_c = 3,33 \cdot 3 = 10 \text{ Ом}$$

Сопротивления приводятся к НН:

$$R_c = R'_c \frac{V_{\text{HH}}^2}{V_{\text{BH}}} \quad (5.4)$$

$$R_c = 10 \cdot \frac{0,4^2}{10} \cdot 10^3 = 16 \text{ мОм}$$

$$X_c = X'_c \frac{V_{\text{HH}}^2}{V_{\text{BH}}} \quad (5.5)$$

$$X_c = 1,2 \cdot \frac{0,4^2}{10} \cdot 10^3 = 1,9 \text{ мОм}$$

Для трансформатора

$$R_T = 5,5 \text{ мОм},$$

$$X_T = 1,7 \text{ мОм}$$

$$Z'_T = 195 \text{ мОм}$$

Для автоматов

$$1SF R_{1SF} = 0,11 \text{ мОм}; x_{1SF} = 0,12 \text{ мОм}; R_{\text{п}1SF} = 0,2 \text{ мОм};$$

$$SF1 R_{SF1} = 0,15 \text{ мОм}; x_{SF1} = 0,17 \text{ мОм}; R_{\text{п}SF1} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$SF R_{SF} = 2 \text{ мОм}; X_{SF} = 0,18 \text{ мОм}; R_{\text{п}SF} = 0,9 \text{ мОм};$$

Для кабельных линий

$$\text{КЛ1 } r'_0 = 0,33 \text{ мОм/м}; x_0 = 0,08 \text{ мОм/м};$$

Так как в схеме 5 параллельных кабеля то

$$r_0 = \frac{1}{5} r'_0 \quad (5.6)$$

$$r_0 = \frac{1}{5} \cdot 0,33 = 0,066 \text{ мОм/м};$$

$$R_{\text{кЛ1}} = r_0 L_{\text{кЛ1}} \quad (5.7)$$

$$R_{\text{кЛ1}} = 0,066 \cdot 42 = 2,77 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кЛ1}} = x_0 L_{\text{кЛ1}} \quad (5.8)$$

$$X_{\text{кЛ1}} = 0,08 \cdot 42 = 3,36 \text{ мОм};$$

КЛ2: $r_0 = 0,63 \text{ мОм/м}$; $x_0 = 0,09 \text{ мОм/м}$.

$$R_{\text{кЛ2}} = 0,63 \cdot 20 = 12,6 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{кЛ2}} = 0,09 \cdot 20 = 1,8 \text{ мОм};$$

Для шинпровода

$$r_0 = 0,1 \text{ мОм/м}; \quad x_0 = 0,13 \text{ мОм/м};$$

$$r_{0\text{ш}} = 0,2 \text{ мОм/м}; \quad x_{0\text{ш}} = 0,26 \text{ мОм/м};$$

$$R_{\text{ш}} = r_0 L_{\text{ш}} \quad (5.9)$$

$$R_{ш} = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ мОм}$$

$$X_{ш} = x_0 L_{ш} \quad (5.10)$$

$$X_{ш} = 0,13 \cdot 30 = 3,9 \text{ мОм}$$

Для ступеней распределения

$$R_{c1} = 15 \text{ мОм}; R_{c2} = 20 \text{ мОм.}$$

Упрощается схема замещения, вычисляются эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ и наносятся схему

$$R_{э1} = R_c + R_T + R_{1SF} + R_{п1SF} + R_{c1} \quad (5.11)$$

$$R_{э1} = 16 + 5,5 + 0,11 + 0,2 + 15 = 36,8 \text{ мОм};$$

$$X_{э1} = X_c + X_T + X_{1SF} \quad (5.12)$$

$$X_{э1} = 1,9 + 17,1 + 0,12 = 19,12 \text{ мОм};$$

$$R_{э2} = R_{SF1} + R_{пSF1} + R_{кл1} + R_{ш} + R_{c2} \quad (5.13)$$

$$R_{э2} = 1,15 + 0,4 + 2,77 + 3 + 20 = 27,32 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{э2}} = X_{SF12} + X_{\text{кЛ1}} + X_{\text{ш}} \quad (5.14)$$

$$X_{\text{э2}} = 0,17 + 3,36 + 3,9 = 7,36 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{э3}} = R_{SF} + R_{\text{пSF}} + R_{\text{кЛ2}} \quad (5.15)$$

$$R_{\text{э3}} = 2 + 0,9 + 1,8 = 4,7 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{э3}} = X_{SF} + X_{\text{кЛ2}} = \quad (5.16)$$

$$X_{\text{э3}} = 1,8 + 1,8 = 3,6 \text{ мОм}.$$

Вычисляются сопротивления до каждой КЗ и заносятся в «Сводную ведомость»

$$R_{\text{к1}} = R_{\text{э1}} = 36,8 \text{ мОм}; X_{\text{к1}} = X_{\text{э1}} = 19,12 \text{ мОм};$$

$$Z_{\text{к1}} = \sqrt{R_{\text{к1}}^2 + X_{\text{к1}}^2} \quad (5.17)$$

$$Z_{\text{к1}} = \sqrt{36,8^2 + 19,12^2} = 41,5 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{к2}} = R_{\text{э1}} + R_{\text{э2}} \quad (5.18)$$

$$R_{\text{к2}} = 36,8 + 27,32 = 64,12 \text{ мОм}$$

$$X_{K2} = X_{\text{Э1}} + X_{\text{Э2}} \quad (5.19)$$

$$X_{K2} = 19,12 + 7,36 = 26,48 \text{ МОМ}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} \quad (5.20)$$

$$Z_{K2} = \sqrt{64,12^2 + 22,02^2} = 67,795 \text{ МОМ}$$

$$R_{K3} = R_{\text{Э2}} + R_{\text{Э3}} \quad (5.21)$$

$$R_{K3} = 27,32 + 4,7 = 32,02 \text{ МОМ}$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{\text{Э3}} \quad (5.21)$$

$$X_{K3} = 19,12 + 3,9 = 22,02 \text{ МОМ}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} \quad (5.22)$$

$$Z_{K3} = \sqrt{73,6^2 + 23,55^2} = 77,6 \text{ МОМ}$$

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{36,8}{19,12} = 1,9; \quad \frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{64,12}{22,02} = 2,9;$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{32,02}{22,02} = 1,45.$$

Определяются коэффициенты K_y и q

$$K_{y1} = F \frac{R_{K1}}{X_{K1}} = F \cdot 1,9 = 1,0;$$

$$K_{y2} = F \frac{R_{K2}}{X_{K2}} = F \cdot 2,9 = 1,0;$$

$$K_{y3} = F \frac{R_{K3}}{X_{K3}} = F \cdot 3,1 = 1,0;$$

$$q_1 = \frac{1}{1 + 2 K_{y1} - 1^2} \quad (5.23)$$

$$q_1 = \frac{1}{1 + 2 \cdot 1,0 - 1^2} = 1$$

$$q_2 = q_3 = 1.$$

Определяются 3-фазные и 2-фазные токи КЗ и заносятся в «ведомость»:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{V_{K1}}{\sqrt{3}Z_{K1}} \quad (5.24)$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 41,5} = 5,6 \text{ кА}$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 67,8} = 3,6 \text{ кА}$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 77,6} = 2,8 \text{ кА}$$

$$I_{yк1} = q_1 I_{к1}^{(3)} \quad (5.25)$$

$$I_{yк1} = 5,6 \text{ кА}$$

$$I_{yк2} = 3,6 \text{ кА}$$

$$I_{yк3} = 2,8 \text{ кА}$$

$$i_{yк1} = \bar{2}K_{y1} I_{к1}^{(3)} \quad (5.26)$$

$$i_{yк1} = \bar{2}K_{y1} I_{к1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 5,6 \text{ кА}$$

$$i_{yк2} = \bar{2}K_{y2} I_{к2}^{(3)} = 1,41 \cdot 3,6 = 5,1 \text{ кА}$$

$$i_{yк3} = \bar{2}K_{y3} I_{к3}^{(3)} = 1,41 \cdot 2,8 = 4,0 \text{ кА}$$

$$I_{к1}^{(2)} = \frac{\bar{3}}{2} I_{к1}^{(3)} \quad (5.27)$$

$$I_{к1}^{(2)} = 0,87 \cdot 5,6 = 4,9 \text{ кА}$$

$$I_{к2}^{(2)} = \frac{\bar{3}}{2} I_{к2}^{(3)} = 3,1 \text{ кА}$$

$$I_{к3}^{(2)} = \frac{\bar{3}}{2} I_{к3}^{(3)} = 0,87 \cdot 2,8 = 2,4 \text{ кА}$$

Таблица 5.1– сводная ведомость токов КЗ

Точка КЗ	R_K , МОм	X_K , МОм	Z_K , МОм	R_K/X_K	K_y	q	I_K^3 , кА	i_y , кА	I_∞^3 , кА	I_K^2 , кА	Z_{Π} , МОм	I_K^1 , кА
К1	36,8	19,1	41,5	1,9	1,0	1	5,6	7,9	5,6	4,9	15	2,9
К2	64,1	22,0	67,8	2,9	1,0	1	3,6	5,1	3,6	3,1	52,5	1,9
К3	73,6	23,6	77,6	3,1	1,0	1	2,8	4,0	2,8	2,4	64,7	1,7

Составляется схема замещения для 1-фазных токов КЗ и определяются сопротивления.

Для кабельных линий

$$X_{\text{пкл1}} = x_{0\text{п}} L_{\text{кл1}} \quad (5.28)$$

$$X_{\text{пкл1}} = 0,15 \cdot 42 = 6,3 \text{ МОм}$$

$$R_{\text{пкл1}} = 2r_0 L_{\text{кл1}} \quad (5.29)$$

$$R_{\text{пкл1}} = 2 \cdot 0,11 \cdot 42 = 9,24 \text{ МОм}$$

$$R_{\text{пш}} = r_{0\text{пш}} L_{\text{ш}} \quad (5.30)$$

$$R_{\text{пш}} = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ МОм}$$

$$X_{\text{пш}} = x_{0\text{пш}} L_{\text{ш}} \quad (5.31)$$

$$X_{\text{пш}} = 0,26 \cdot 30 = 7,8 \text{ МОм}$$

$$R_{\text{пкл2}} = 2r_0 L_{\text{кл2}} \quad (5.32)$$

$$R_{\text{пкл2}} = 2 \cdot 0,2 \cdot 24 = 9,6$$

$$Z_{\Pi 1} = 15 \text{ МОм}$$

$$R_{\pi 2} = R_{c1} + R_{\pi \kappa \lambda 1} + R_{\pi \text{III}} + R_{c2} \quad (5.33)$$

$$R_{\pi 2} = 15 + 9,24 + 6 + 20 = 50,24 \text{ МОМ}$$

$$X_{\pi 2} = X_{\pi \kappa \lambda 1} + X_{\pi \text{III}} \quad (5.34)$$

$$X_{\pi 2} = 9,24 + 6 = 15,24 \text{ МОМ}$$

$$Z_{\pi 2} = \sqrt{R_{\pi 2}^2 + X_{\pi 2}^2} \quad (5.35)$$

$$Z_{\pi 2} = \sqrt{50,24^2 + 15,24^2} = 52,5 \text{ МОМ}$$

$$R_{\pi 3} = R_{\pi 2} + R_{\pi \kappa \lambda 2} \quad (5.36)$$

$$R_{\pi 3} = 24 + 9,6 = 59,8 \text{ МОМ}$$

$$X_{\pi 3} = X_{\pi 2} + X_{\pi \kappa \lambda 2} \quad (5.37)$$

$$X_{\pi 3} = 15,24 + 9,6 = 24,8 \text{ МОМ}$$

$$Z_{\pi 3} = \sqrt{R_{\pi 3}^2 + X_{\pi 3}^2} \quad (5.38)$$

$$Z_{\pi 3} = \sqrt{59,8^2 + 24,8^2} = 64,7 \text{ МОМ}$$

$$I_{\kappa 1}^{(1)} = \frac{V_{\kappa \Phi}}{Z_{\pi 1} + Z_T^{(1)}/3} \quad (3.39)$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{15 + 195/3} = 2,9 \text{ кА}$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{52,5 + 195/3} = 1,9 \text{ кА}$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{64,7 \cdot 195/3} = 1,7 \text{ кА}$$

Результаты токов КЗ представлены в «сводной ведомости токов КЗ»

6 Расчет заземляющего устройства электроустановок

«Рассчитать заземляющее устройство в электроустановках с изолированной нейтралью – это значит:

- определить расчетный ток замыкания на землю (I_3) и сопротивление ЗУ (R_3);

- определить расчетное сопротивление грунта ρ_p ;

- выбрать электроды и рассчитать их сопротивление;

- уточнить число вертикальных электродов и разместить их на плане.

Определяется расчетное сопротивление одного вертикального электрода» [22].

$$r_B = 0,3\rho K_{\text{сез.в.}} \quad (6.1)$$

где ρ_p – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$K_{\text{сез}}$ – коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта.

$$r_B = 0,3 \cdot 300 \cdot 1,3 = 117 \text{ Ом}$$

По таблице из методического пособия

$$K_{\text{сез.в.}} = F \text{ верт., IV} = 1,3.$$

Определяется предельное сопротивление совмещённого ЗУ

$$R_{\text{зy1}} \leq \frac{125}{I_3}; \quad (6.2)$$

$$R_{\text{зy1}} = 6,25 \text{ Ом для ЛЭП ВН}$$

$$I_3 = \frac{V_{\text{ЛЭП}} \cdot 35 \cdot L_{\text{кЛ}}}{350} \quad (6.3)$$

$$I_3 = \frac{5 \cdot 35 \cdot 10}{350} = 5 \text{ А}$$

Требуемое по НН

$$R_{\text{зв}} \leq 4 \text{ Ом на НН}$$

Принимается $R_{\text{зв}} = 4 \text{ Ом}$ наименьшее из двух .

Но так как $\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то для расчета принимается

$$R_{\text{зв}} \leq 4 \cdot \frac{\rho}{100} \quad (6.4)$$

$$R_{\text{зв}} = 4 \cdot \frac{300}{100} = 12 \text{ Ом}$$

Определяется количество вертикальных электродов:

Без учета экранирования (расчетное)

$$N'_{\text{а.р.}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{\text{зв}}} \quad (6.5)$$

$$N'_{\text{а.р.}} = \frac{117}{12} = 9,75.$$

Принимается $N'_{\text{а.р.}} = 10$

С учетом экранирования

$$N_{\text{а.р.}} = \frac{N'_{\text{в.р.}}}{\eta_{\text{в}}} \quad (6.6)$$

$$N_{a.p.} = \frac{10}{0,69} = 14,5.$$

Принимается $N_B = 15$.

Исходя из данных взятых в методическом пособии $\eta_B =$
 F тип ЗУ, вид заземления, $\frac{a}{L}, N_B$ F контурное, вертикальное, $2, 10 =$
 $0,69$

Размещается ЗУ на плане и уточняются расстояния, наносятся на план.

Так как контурное ЗУ закладывается на расстоянии не менее 1м, то
длина по периметру закладки равна

$$L_n = A + 2 \cdot 2 + B + 2 \cdot 2 \quad (6.7)$$

$$L_n = 5 + 2 \cdot 2 + 3 + 2 \cdot 2 = 24 \text{ м.}$$

Тогда расстояние между электродами уточняется с учетом формы
объекта. По углам устанавливаются по одному вертикальному электроду, а
оставшиеся – между ними.

Для равномерного распространения электродов окончательно
принимается $N_B = 16$, тогда

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1} \quad (6.8)$$

$$a_B = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ м;}$$

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1} \quad (6.9)$$

$$a_A = \frac{7}{4} = 1,75 \text{ м,}$$

где a_B – расстояние между электродами по ширине объекта, м;
 a_A – расстояние между электродами по длине объекта, м;
 n_B – количество электродов по ширине объекта;
 n_A – количество электродов по длине объекта.

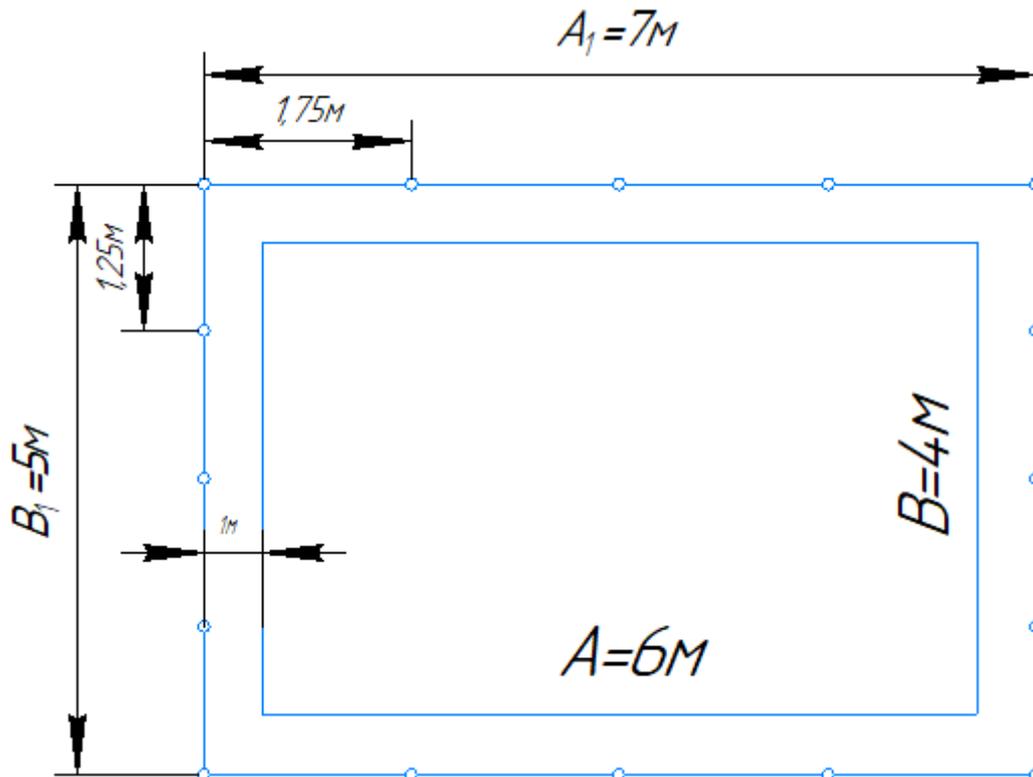


Рисунок 6.1 – План ЗУ подстанции

Для уточнения принимается среднее значение отношения

$$\frac{a}{L_{в\text{ ср}}} = \frac{1}{2} \frac{a_B + a_A}{3} \quad (6.10)$$

$$\frac{a}{L_{в\text{ ср}}} = \frac{1}{2} \frac{1,75 + 1,25}{3} = 1$$

Тогда по таблице уточняются коэффициенты использования

$$\eta_B = F_{\text{конт.}; 1,3; 16} = 0,56$$

$$\eta_\Gamma = F_{\text{конт.}; 1,3; 16} = 0,32$$

Определяются уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} \quad (6.11)$$

$$R_B = \frac{117}{16 \cdot 0,56} = 13,1 \text{ Ом.}$$

Определяется фактически сопротивление ЗУ

$$R_{\text{зу.ф.}} = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}} \quad (6.12)$$

$$R_{\text{зу.ф.}} = \frac{13,1 \cdot 54,2}{13,1 + 54,2} = 10,6 \text{ Ом;}$$

$$R_{\text{зу.ф.}} 10,6 < R_{\text{зу}} 12 ,$$

Следовательно, ЗУ эффективно.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, была рассчитана система электроснабжения предприятия ООО «КорпусГрупп Волга-Дон». Общая нагрузка по всем цехам предприятия составила 363.4 кВА. По итогу расчетов было решено установить КТП с одним трансформатором марки ТМ-400/10/0,4 кВ.

В ходе выполнения задания, было рассчитана нагрузка освещения предприятия, а также выбраны лампы. После выбора КТП были рассчитаны токи короткого замыкания и по полученным данным было установлено заземляющее устройство. Все выбранное и установленное оборудование этой работы отвечает всем современным требованиям по таким параметрам как: экономичность, безопасность, надёжность и экологичность.

В конечном итоге была сформирована электрическая схема предприятия и её общий план с указанием электроприборов, а также по мимо всего прочего рассмотрено устройство используемого трансформатора.

Данный проект был сформирован с применением и учетом всех ГОСТов, а также современных технических решений и при таком же подходе к монтажу оборудования должен обеспечить надёжное электроснабжение и работоспособность цехов, что в свою очередь обеспечит бесперебойное снабжение хлебобулочной продукцией завод «Автоваз».

Таким образом, цели, поставленные в задании на данную выпускную квалификационную работу, были достигнуты в полной мере.

Список используемых источников

1. Шеховцов В. П. Энергетика и промышленность: Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению: справочник для ССУВов: ФОРУМ : ИНФРА-М; 2017, 136 с.
2. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Интернет Инжиниринг, 2006. 672 с.
3. Б.Н. Абрамович, Д.А. Устинов, Ю.А. Сычев, Ю.Л. Жуковский. Электроснабжение горного производства: Методические указания по курсовому проектированию: Санкт-Петербургский горный университет: СПб: 2017. 52 с.
4. Балашов О.П. Электроснабжение: Учебное пособие к курсовой работе для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника», всех форм обучения: Рубцовский индустриальный институт: Рубцовск: 2015. 117 с
5. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: Учебное пособие: Москва: Машиностроение: 2015. 212 с.
6. ГОСТ 15597-82. Светильники для производственных зданий: Общие технические условия: Москва: Издательство стандартов, 1982. 8 с.
7. ГОСТ 15176-89. Шины прессованные электротехнического назначения из алюминия и алюминиевых сплавов: Москва: Издательство стандартов, 1989. 9 с.
8. Рекус Г. Г. Электрооборудование производств: учеб. пособие для вузов М.: Высшая школа, 2005. 709 с.
9. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Москва: Академия: 2015. 320 с.
10. Тихонов А.И. Основы теории подобия и моделирования: Учебное пособие: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»: Иваново: 2014: 132 с.

11. Дьяков А.Ф. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов: Москва: 2015. 64 с.
12. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: Методическое пособие для курсового проектирования: Форум: 2014. 216 с.
13. Кудрин, Б.И. Электроэнергетика: Электроснабжение: учебник: Москва: 2015. 18 с.
14. Скопинцев В.А. Качество электроэнергетических систем. Надежность, безопасность, экономичность, живучесть: Москва: 2015. 352 с.
15. Fofana I., Hajaj Y. Electrical-Based Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers: I. Fofana, Y. Hajaj : Canada : Université du Québec à Chicoutimi: 2016, 26 p.
16. Upadhyaya S., Mohanty S. Fast Methods for Power Quality Analysis: S. Upadhyaya, S. Mohanty: International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Boston, Vol. 18, No. 5, 2017
17. Zabihinejad A., Viarouge P. Optimal Design of Coupled Inductors of High Power Modular Multilevel Converter Using a Novel Hybrid Model: A. Zabihinejad, A. Viarouge: International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Boston, Vol. 18, No. 4, 2017
18. Ezzati H.R., Varjani A.Y. Design an Automatic Gain Adjustment for Shunt Active Power Filter Based on Total Harmonic Distortion Control for Harmonic Propagation Damping: H.R. Ezzati, A.Y. Varjani: International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Boston, Vol. 18, No. 4, 2017
19. Haijun X., Qi Z. A New Method for Setting Calculation Sequence of Directional Relay Protection in Multi-Loop Networks: X. Haijun, Z. Qi: International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Boston, Vol. 17, No. 4, 2016

20. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методические указания для курсового проектирования: Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М: 2010. 214 с.

21. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебное пособие:– Москва: Форум, 2015

22. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: учеб. пособие для проф. учеб. заведений. М.: Высшая школа, 2014. 462 с.