

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)
Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электрооборудование и электрохозяйство кондитерского предприятия»

Студент

Д.А. Трофимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

О.В. Самолина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« » 2017 г.

Тольятти 2017

Аннотация

Целью бакалаврской работы является проектирование и расчёт электрооборудования и электрохозяйства кондитерской фабрики.

Главной целью работы является проектирование экономически эффективной и надёжной схемы электрооборудования и электрохозяйства кондитерской фабрики. За основу расчёта были взяты данные о проектных нагрузках фабрики. В ходе выполнения работы выполнены расчёты электрических нагрузок, выбор трансформаторов, расчёт потерь мощности и электроэнергии; компенсация реактивной мощности, расчёт токов короткого замыкания с проверкой автоматических выключателей на способность противостоять воздействию ударных токов короткого замыкания, выбор защитных аппаратов и сечений проводников.

Abstract

The thesis consists of an explanatory note 53 pages, introduction, including 5 figures, 3 tables, the list of 29 references including 5 foreign, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The title of the diploma paper is "Electricity of the Confectionery Factory". The author dwells on the design of the electricity network of the confectionery factory "Mars", the calculation of sources of electricity consumption and short circuit.

The aim of the work is to design and calculate the power supply scheme for a confectionery factory, which is highly reliable and economical.

The key issue of the thesis is the provision of an uninterrupted, safe and high-quality power supply to the enterprise. Much attention is given to reducing the cost of energy in production. We outline in general terms the location of power plants in the territory of the enterprise under consideration.

We touch upon the problem of the issue of ensuring the production of reliable, economical and safe operation of electrical equipment; correct maintenance of the requirements of sanitary and hygienic conditions of production workshops.

In the process of performing this thesis, we perform calculations of electricity consumers, lighting calculations throughout the enterprise, an uninterrupted source of electrical energy and short-circuit currents.

Содержание

Введение	5
1. Краткая характеристика объекта проектирования	7
2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок	9
2.1 Расчет силовых электрических нагрузок	9
2.2 Расчет освещения	12
2.3 Определение суммарных электрических нагрузок по цеху	16
3 Расчет силовых трансформаторов	20
3.1 Предварительный расчёт мощности и числа трансформаторов	20
3.2 Расчёт компенсации реактивной мощности	20
4 Выбор и обоснование схемы внутрицехового электроснабжения	24
4.1 Выбор оборудования на стороне 10 кВ	26
4.2 Выбор оборудования на стороне 0,4 кВ	27
5 Расчет токов КЗ	29
6 Расчет защитных аппаратов	33
6.1 Защита кабельной линии 10 кВ от РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы" до вводной ячейки РУ-10 кВ	33
6.2 Защита силового трансформатора ТЗ.1 ПС 10/0,4	35
7 Монтаж оборудования	39
7.1 Установка микропроцессорного максимального токового реле типа MPRB 99-1.0-GF	39
7.2 Монтаж РУ 10 кВ	44
Заключение	49
Список используемых источников	50

Введение

Энергосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. Россия не только располагает всеми необходимыми природными ресурсами и интеллектуальным потенциалом для успешного решения своих энергетических проблем, но и объективно является ресурсной базой для европейских и азиатских государств, экспортируя нефть, нефтепродукты и природный газ в объемах, стратегически значимых для стран-импортеров. Однако избыточность топливно-энергетических ресурсов в нашей стране совершенно не должна предусматривать энергорасточительность, т.к. только энергоэффективное хозяйствование при открытой рыночной экономике является важнейшим фактором конкурентоспособности российских товаров и услуг.

Энергосбережение должно быть отнесено к стратегическим задачам государства, являясь одновременно и основным методом обеспечения энергетической безопасности, и единственным реальным способом сохранения высоких доходов от экспорта углеводородного сырья. В настоящее время нельзя представить себе жизнь и деятельность современного человека без применения электричества. Основное достоинство электрической энергии - относительная простота производства, передачи, дробления и преобразования.

Стратегическая цель энергосбережения одна и следует из его определения - это повышение энергоэффективности во всех отраслях, во всех поселениях и в стране в целом. И задача - определить, какими мерами и насколько можно осуществить это повышение.

По мере развития электропотребления усложняются и системы электроснабжения промышленных предприятий. В них включаются сети высоких напряжений, распределительные сети. Электрические сети

промышленных предприятий в сочетании с источниками и потребителями электроэнергии становятся заводскими электрическими системами, устройство и развитие которых, как подсистем, следует рассматривать в единой связи с развитием всей энергетической системы в целом.

Основные задачи, решаемые при исследовании, проектировании и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий, заключаются в оптимизации параметров этих систем путем правильного выбора напряжений, определении электрических нагрузок и требований к бесперебойности электроснабжения; рационального выбора числа и мощности трансформаторов, преобразователей тока и частоты, конструкций промышленных сетей, устройств компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения.

Цель бакалаврской работы: спроектировать и рассчитать электрооборудование и электрохозяйство кондитерской фабрики, обладающее высокой надежностью и экономичностью.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Фабрика по производству кондитерских изделий «Марс», в которой находятся три ТП: ТП-1(энергоблок), ТП-2 (технологический цех) и ТП-3 (цех упаковки). Фабрика получает электроснабжение от ГПП-Чердаклы, расположенной на расстоянии 2 км от энергосистемы. Напряжение на ГПП - 10 кВ. Потребители цеха по бесперебойности электроснабжения имеют 1 и 2 категорию надежности. Мощность электропотребления ($P_{расч}$) указана для одного электроприемника (см. рисунок 1.1). Перечень электрооборудования цеха упаковки приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Перечень электрооборудования цеха упаковки

№ на плане	Наименование электрооборудования	$P_{расч}$, кВт
1	Административный корпус	160
2,3	Упаковка баунти	70
4	Упаковка линии батончиков 1	95
5	Упаковка линии батончиков 2	175
6	Щит рабочего освещение 1	97
7,8	Панель розеточная	21
9	Щит рабочего освещение 2	16
10	Линия батончиков первый охладитель	126
11	Линия батончиков второй охладитель	84
12	Линия батончиков	56
13	Баунти линия	76
14	Дизель-генератор	285
15	Щит вентиляции	60
16	Участок шоколада и упаковки	80
17	Оборудование систем противодымной защиты	93

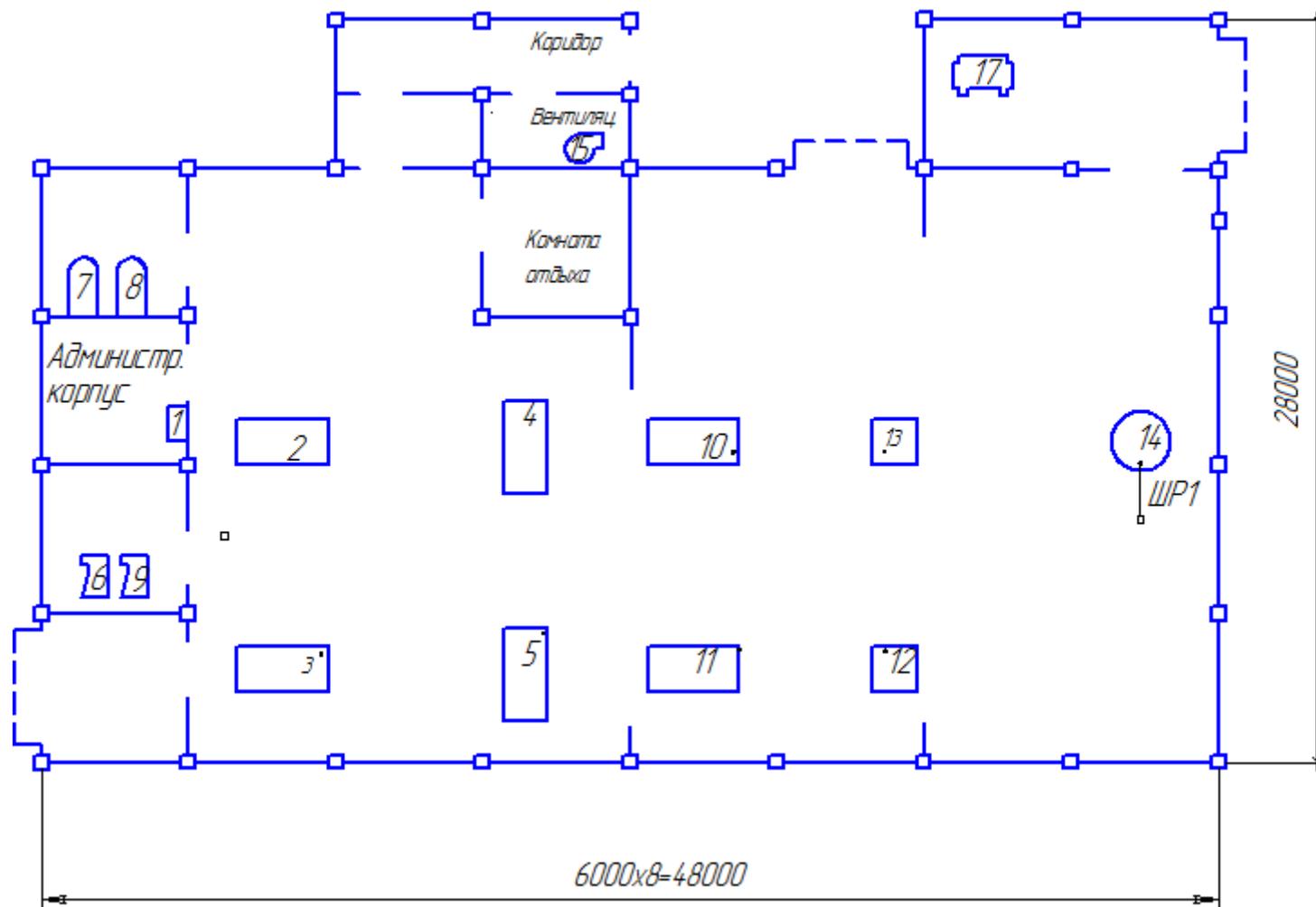


Рисунок 1- План расположения оборудования цеха кондитерской фабрики

2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок

2.1 Расчет силовых электрических нагрузок

Каждой ступени электроснабжения какой-либо системы соответствует своя расчетная нагрузка. Один из методов расчета – метод упорядоченных диаграмм. Для определения активной нагрузки той или иной ступени распределительной и питающей сети используют данные о коэффициенте максимума потребителя и его средней нагрузке. [7]

Зная приведенное число потребителей электрической энергии и количество фактических электрических потребителей, можно использовать упрощенные методы расчета. В справочниках содержится информация о коэффициентах использования K и коэффициентах мощности $\cos\varphi$ различных потребителей электроэнергии.

При проектировании освещения помещений проектируемого объекта необходимо руководствоваться нормами проектирования искусственного проектирования с использованием метода коэффициента использования, нормами освещенности технологического объекта. Общепринятыми допущениями при этом являются равномерное распределение света по поверхности отражающих поверхностей, диффузность светимости, среднее значение коэффициентов отражения.

По результатам ожидаемых нагрузок и токов проектируемого объекта выбирается трансформаторная подстанция.

Используем следующий порядок расчета. [8]

Зная мощность потребляемую группой одинаковых электрических потребителей $P_{n\Sigma}$, паспортную мощность P_H каждого электрического потребителя и количество n определяется общая мощность потребляемая электрическими потребителями

$$P_{n\Sigma} = P_H \cdot n, \quad (2.1)$$

Определяется отношение максимальных и минимальных паспортных мощностей электрических потребителей

$$m = \frac{P_{нmax}}{P_{нmin}}, \quad (2.2)$$

Отношение суммы среднесменных мощностей ΣP_c к сумме паспортных мощностей ΣP_n определяет групповой коэффициент использования потребителей электрической энергии K_u

$$k_u = \frac{\Sigma P_c}{\Sigma P_n} \quad (2.3)$$

Произведением K_u на ΣP_n получаем среднюю сменную мощность электрических потребителей

$$P_c = k_u \cdot \Sigma P_n, \quad (2.4)$$

Произведением отношения реактивной мощности к активной мощности электрического потребителя $tg\varphi$ на среднюю сменную мощность электрических потребителей P_c получаем среднюю сменную реактивную мощность электрических потребителей

$$Q_c = tg\varphi \cdot P_c, \quad (2.5)$$

Для определения среднего тангенса угла между током и напряжением электроприёмников $tg\varphi_{cp}$ найдем отношение между общей реактивной мощностью электрических потребителей ΣQ_c и общей активной мощностью электрических потребителей ΣP_c

$$tg\varphi_{cp} = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma P_c}, \quad (2.6)$$

Для нахождения эффективного числа электрических приёмников n_ε воспользуемся формулой (2.7)

$$n_\varepsilon = \frac{2 \cdot \Sigma P_n}{P_{н.наиб}}, \quad (2.7)$$

Зная n_ε и m по таблице выбираем коэффициент максимума k_m [6]. Тогда расчетная потребляемая мощность электрических потребителей

$$P_p = \Sigma P_c \cdot k_M, \quad (2.8)$$

В зависимости от количества эффективных электрических потребителей определяется расчетная реактивная мощность:

- если $n_3 < 10$ применяется формула (2.9);

- если $n_3 > 10$ применяется формула (2.9а).

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CP} \quad (2.9)$$

$$Q_p = \Sigma P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CP} \quad (2.9a)$$

Для определения общей расчетной полной мощности электрических потребителей S_p , ВА, применим формулу (2.10)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.10)$$

Зная номинальное напряжение (0,4 кВ) определим расчетный ток I_p по формуле (2.11)

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.11)$$

В случае однофазных электрических потребителей требуется распределить все потребители равномерно по фазам, используя формулы (2.12, 2.13, 2.14)

$$P_A = \frac{P_{AB} + P_{AC}}{2} \quad (2.12)$$

$$P_B = \frac{P_{BC} + P_{AB}}{2} \quad (2.13)$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2} \quad (2.14)$$

где А, В, С – фазы.

Затем определяется коэффициент неравномерности по формуле (2.15)

$$H = \frac{P_{\phi_наиб} - P_{\phi_наим}}{P_{\phi_наим}} \cdot 100, \quad (2.15)$$

При коэффициенте неравномерности $> 0,15$ для расчета используют формулу (2.16), при коэффициенте неравномерности $< 0,15$, для расчета используют формулу (2.17) [7]

$$P_{усл} = 3 \cdot P_{\phi_наиб} \quad (2.16)$$

$$P_{усл} = P_A + P_B + P_C \quad (2.17)$$

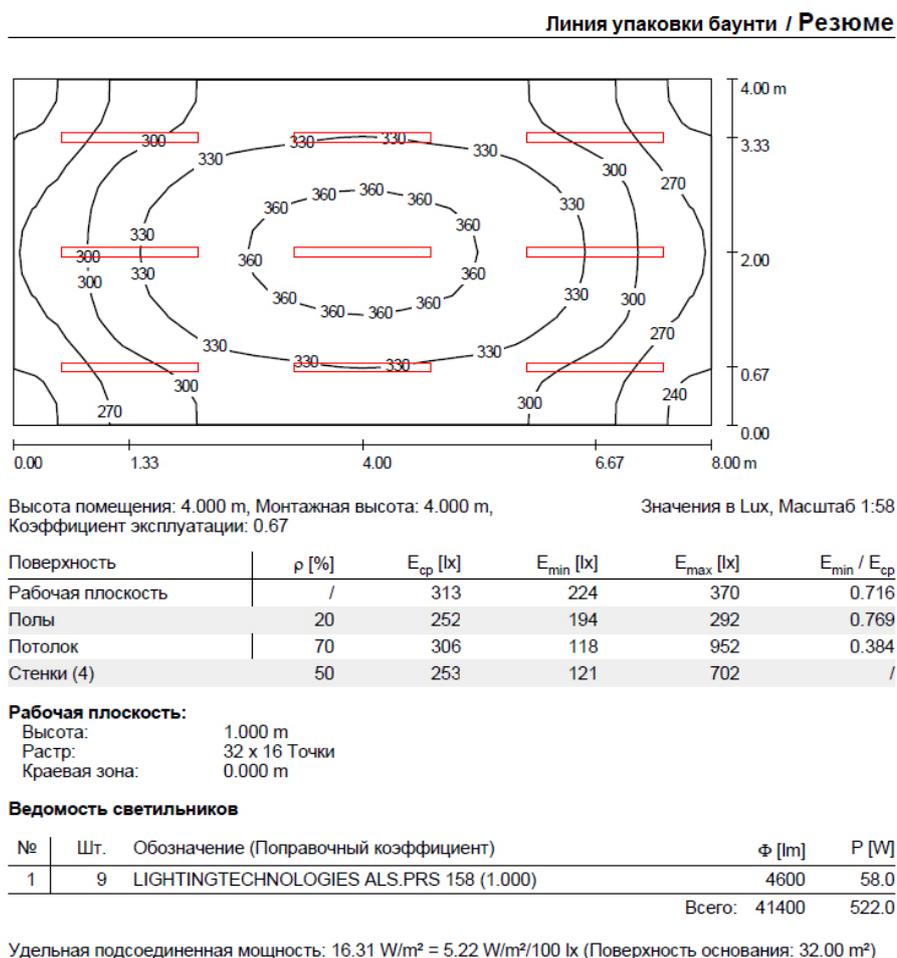
Расчет выполним в виде таблицы 2.1.

Также в таблицу 2.1 вносятся результаты расчета освещения, выполненные в подразделе 2.2.

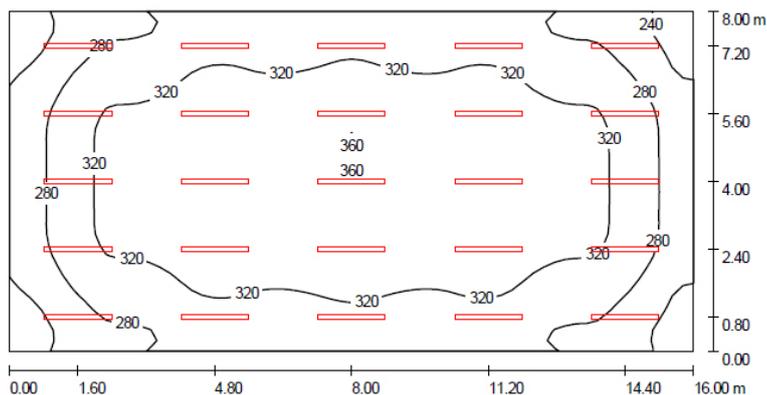
Произведя расчет предварительной нагрузки, можно приступить к выбору трансформаторной подстанции, исходя из полной расчетной мощности.

2.2 Расчет освещения

Расчет освещения выполнен в программном пакете DIALux:



Линия упаковки баунти 2 / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:115

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	311	205	362	0.658
Полы	20	275	192	322	0.699
Потолок	70	225	85	912	0.379
Стенки (4)	50	240	136	604	/

Рабочая плоскость:

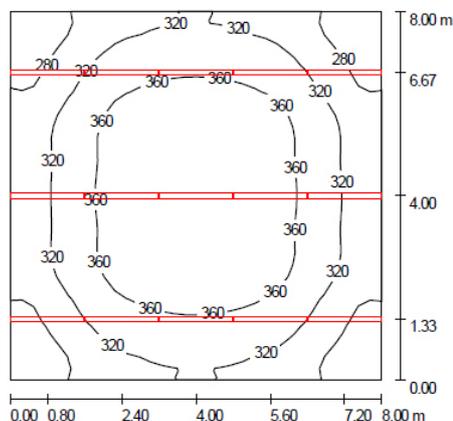
Высота: 1.000 m
Растр: 32 x 64 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	25	LIGHTINGTECHNOLOGIES ALS.PRS 158 (1.000)	4600	58.0
			Всего: 115000	1450.0

Удельная подсоединенная мощность: $11.33 \text{ W/m}^2 = 3.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 128.00 m^2)

Комната отдыха / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:103

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	334	231	396	0.691
Полы	20	285	211	341	0.740
Потолок	70	265	117	952	0.440
Стенки (4)	50	255	141	1982	/

Рабочая плоскость:

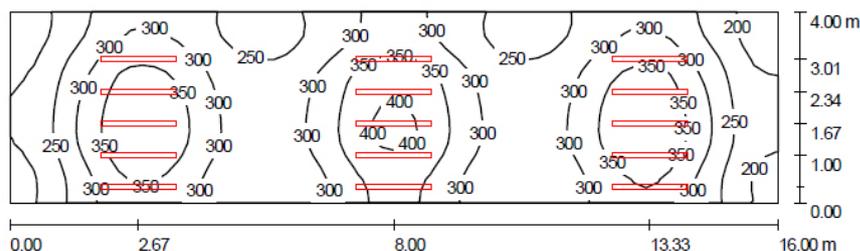
Высота: 1.000 m
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	15	LIGHTINGTECHNOLOGIES ALS.PRS 158 (1.000)	4600	58.0
			Всего: 69000	870.0

Удельная подсоединенная мощность: $13.59 \text{ W/m}^2 = 4.07 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 64.00 m^2)

Линии упаковки батончиков 1 и 2 / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:115

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	296	164	413	0.552
Полы	20	245	158	303	0.645
Потолок	70	259	75	1119	0.291
Стенки (4)	50	230	100	1541	/

Рабочая плоскость:

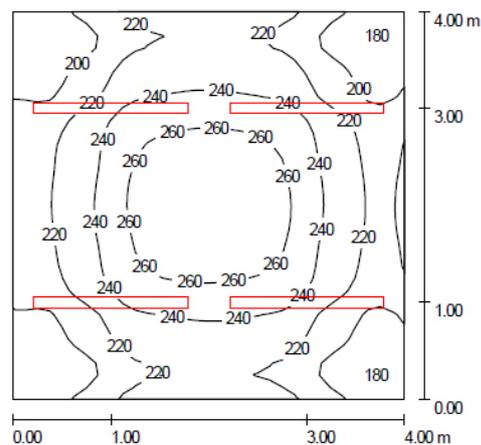
Высота: 1.000 m
Растр: 64 x 16 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	15	LIGHTINGTECHNOLOGIES ALS.PRS 158 (1.000)	4600	58.0
			Всего: 69000	870.0

Удельная подсоединенная мощность: $13.59 \text{ W/m}^2 = 4.59 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 64.00 m^2)

Электрощитовая / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:52

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	227	174	269	0.764
Полы	20	172	140	198	0.811
Потолок	70	266	115	902	0.432
Стенки (4)	50	191	85	422	/

Рабочая плоскость:

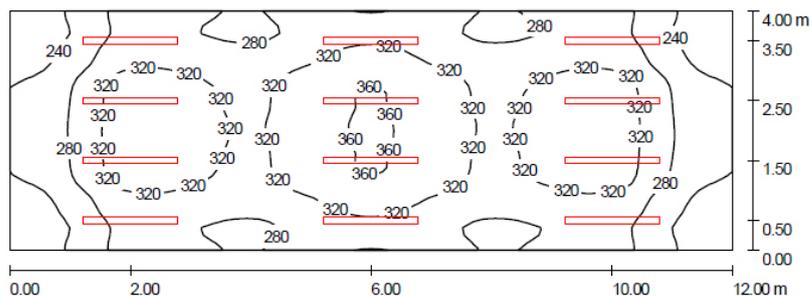
Высота: 1.000 m
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	4	LIGHTINGTECHNOLOGIES ALS.PRS 158 (1.000)	4600	58.0
			Всего: 18400	232.0

Удельная подсоединенная мощность: $14.50 \text{ W/m}^2 = 6.38 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 16.00 m^2)

Линия производства батончиков 1 / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:86

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	300	206	364	0.686
Полы	20	246	182	287	0.741
Потолок	70	276	92	978	0.334
Стенки (4)	50	239	114	961	/

Рабочая плоскость:

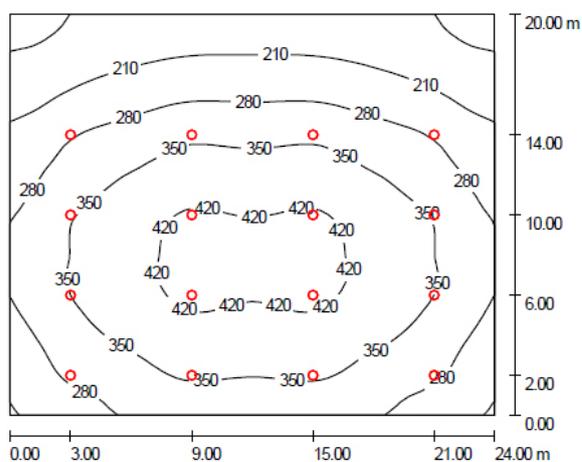
Высота: 1.000 m
Растр: 64 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	12	LIGHTINGTECHNOLOGIES ALS.PRS 158 (1.000)	4600	58.0
			Всего: 55200	696.0

Удельная подсоединенная мощность: $14.50 \text{ W/m}^2 = 4.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 48.00 m^2)

Линия производства батончиков 2, линия Баунти / Резюме



Высота помещения: 9.000 m, Монтажная высота: 8.600 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:257

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	310	121	441	0.392
Полы	20	294	132	407	0.450
Потолок	70	66	41	81	0.615
Стенки (4)	50	154	46	464	/

Рабочая плоскость:

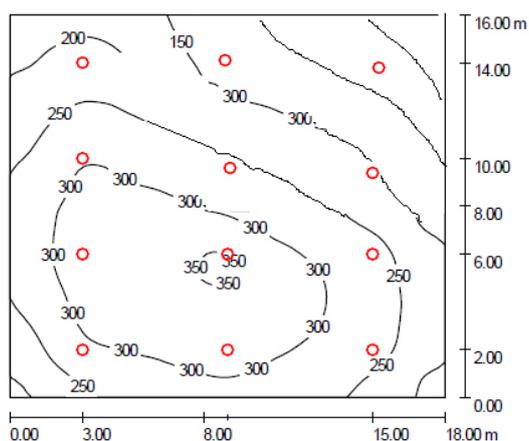
Высота: 1.000 m
Растр: 64 x 64 Точки
Краевая зона: 0.000 m

UGR Вдоль- Поперек К оси светильников
Левая стенка 22 22
Нижняя стенка 23 23
(CIE, SHR = 0.25.)

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	16	LIGHTINGTECHNOLOGIES HBS 400H (Position 1) (1.000)	26000	400.0
			Всего: 416000	6400.0

Удельная подсоединенная мощность: $13.33 \text{ W/m}^2 = 4.30 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 48.00 m^2)



Высота помещения: 9.000 m, Монтажная высота: 8.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.67

Значения в Lux, Масштаб 1:206

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	272	137	353	0.506
Полы	20	247	134	315	0.542
Потолок	70	63	41	76	0.652
Стенки (6)	50	152	42	464	/

Рабочая плоскость:

Высота: 1.000 m
Растр: 64 x 64 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ [lm]	P [W]
1	8	LIGHTINGTECHNOLOGIES HBS 400H (Position 1) (1.000)	26000	400.0
			Всего: 208000	3200.0

Удельная подсоединенная мощность: $15.38 \text{ W/m}^2 = 5.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 208.00 m^2)

Определяем расчётные активную и реактивную осветительные нагрузки.

Складываем осветительные нагрузки используя расчет DIALux:

$$P_{осв} = 522 \cdot 2 \cdot 4 + 1450 \cdot 2 + 870 \cdot 3 \cdot 2 + 232 \cdot 2 \cdot 2 + 696 \cdot 2 + 6400 + 3200 = 24,216 \text{ кВт}$$

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \text{tg}\varphi \tag{2.18}$$

$$\cos\varphi = 0,85 \Rightarrow \text{tg}\varphi = 0,62$$

$$Q_{осв} = 24,216 \cdot 0,62 = 15,014 \text{ кВАр}$$

2.3 Определение суммарных электрических нагрузок по цеху

Определяем суммарные активную и реактивную мощности:

$$P_{\Sigma} = P_p + P_{осв} \tag{2.19}$$

$$P_{\Sigma} = 708.48 + 24,216 = 732.7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\Sigma} = Q_p + Q_{осв} \tag{2.20}$$

$$Q_{\Sigma} = 199.665 + 15,014 = 214,68 \text{ кВАр}$$

Определяем полную суммарную нагрузку:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} \quad (2.21)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{732.7^2 + 214.68^2} = 750.76 \text{ кВА}$$

Определяем суммарный ток:

$$I_{\Sigma} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.22)$$

$$I_{\Sigma} = \frac{750.76}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1215 \text{ А}$$

Таблица 2.1- Электрические нагрузки

№ п/п	Наименование узла питания или группы электроприёмников	Количество ЭП, п		Установленная мощность, $P_{\text{приведённая}}$	t	K_{II}	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	Средняя нагрузка		Эффективное число ЭП, n_{Σ}	K_M	Расчётная нагрузка			I_P , А
		Одного ЭП $P_{\text{н, макс}}$	Всех ЭП $P_{\text{н}}$					P_C , кВт	Q_C , кВА			P_P , кВт	Q_P , кВАр	S_P , кВ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Цех 3															
1	1	Административный корпус	1	160	160	-	0,16	0,85/0,62	25,6	15,9	-	-	-	-	-
2	2,3	Упаковка баунти	2	70	140	-	0,17	0,85/0,62	123,8	14,8	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	4 Упаковка линии батончиков 1	1	95	95	-	0,1 6	0,8 5/0 ,62	15, 2	9,4	-	-	-	-	-	-
4	5 Упаковка линии батончиков 2	2	17 5	17 5	-	0,1 6	0,8 5/0 ,62	21 8	17,4	-	-	-	-	-	-
5	6 Щит рабочего освещения1	1	97	97	-	0,1 6	0,8 6/0 ,59	11 5,5	9,1	-	-	-	-	-	-
6	7 , 8 Панель розеточная	2	21	42	-	0,1 6	0,7 /1, 33	16, 72	8,9	-	-	-	-	-	-
7	9 Щит рабочего освещения2	1	16	16	-	0,8	0,9 7/0 ,00 3	12, 8	0,04	-	-	-	-	-	-
8	1 0 Линия батончиков первый охладитель	1	12 6	12 6	-	0,1 6	0,7 /1, 02	20, 16	20,5 6	-	-	-	-	-	-
9	1 1 Линия батончиков второй охладитель	1	84	84	-	0,1 7	0,8 5/0 ,62	14 4,2 8	8,85	-	-	-	-	-	-
1 0	1 2 Линия батончиков	1	56	56	-	0,1 6	0,8 5/0 ,62	82, 96	5,56	-	-	-	-	-	-
1 1	1 3 Линия баунти	1	76	76	-	0,1 6	0,8 5/0 ,62	11 2,1 6	3,84	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 2	1 4	дизель- генератор	1	28 5	28 5	-	0,3 5	0,8 5/0 ,62	99, 75	61,8 45	-	-	-	-	-	-
1 3	1 5	Щит вентиляции	1	60	60	-	0,1 7	0,8 5/0 ,62	10 1,2	6,32	-	-	-	-	-	-
1 4	1 6	Кчасток шоколада и упаковки	1	80	80	-	0,1 6	0,8 5/0 ,62	12, 8	7,93	-	-	-	-	-	-
1 5	1 7	Оборудова ние систем противоды мной защиты	1	93	93	-	0,1 6	0,8 5/0 ,62	14 2,8	9,22	-	-	-	-	-	-
3	Итого по цеху		1 6	14 94/ 16	15 85	> 3	0,2 1	- /0, 86	94 4,5 6	199, 66	1 3	0,7 5	708, 48	19 9,6 65	74 5,3 3	11 33
	Осветительная нагрузка												24,2 16	15, 01 4		
	Итого с освещением												732, 7	21 4,6 8	75 0,7 6	12 15
	Итого по цеху 2												1174 ,25	31 5,5 1	12 15, 68	17 55
	Итого по цеху 1												1325 ,14	31 0,1 7	13 60, 72	19 65

3 Расчет силовых трансформаторов

3.1 Предварительный расчёт мощности и числа трансформаторов

Предварительный выбор трансформаторов осуществляем по суммарной расчётной активной мощности цеха:

$$P_{\Sigma} = 732.7 \text{ кВт}$$

Потребители цеха относятся к 1 и 2 категории надежности электроснабжения, работают в нормальной окружающей среде. Установка только одного трансформатора возможна только при наличии резервной линии питания. Исходя из данных условий принимаем $K_3 = 0,9$ в случае установки одного трансформатора и $K_3 = 0,8$ в случае установки двух трансформаторов.

Предлагаем к установке цехового трансформатора: TRIHAL-2000/10 (трехфазный трансформатор сухого типа торговой марки Trihal производства Schneider Electric)

3.2 Расчёт компенсации реактивной мощности

Для цеха обработки деталей:

$$P_{\Sigma} = 732.7 \text{ кВт}, \quad Q_{\Sigma} = 214.68 \text{ кВАр}, \quad S_{\Sigma} = 340.87 \text{ кВА}$$

Рассмотрим вариант с одним трансформатором TRIHAL-2000/10/0.4

$$P_{xx} = 0,32 \text{ кВт}; \quad P_{кз} = 2 \text{ кВт}; \quad K_3 = 0,9;$$

$$U_{\dot{\epsilon}_c} = 6 \%; \quad S_i = 2000 \text{ кВА}; \quad i_0 = 2,6 \%$$

Определяем число трансформаторов:

$$S_{i .т.} \geq \frac{P_{\Sigma}}{N_T \cdot K_3} \geq \frac{264.77}{1 \cdot 0.9} \geq 121,929 \text{ МВА}$$

$$N_T = \frac{P_{\Sigma}}{K_3 \cdot S_n} \tag{3.1}$$

$$N_{\delta} = \frac{264.77}{0,9 \cdot 2000} = 0,762;$$

К установке принимаем 1 трансформатор ТРИНАЛ-2000/10

Потери в трансформаторе:

$$\Delta P_{T\Sigma} = N_T \cdot \left(\rho_{xx} + K_3^2 \cdot P_{кз} \right) = N_T \cdot \Delta P_T \quad (3.2)$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = N_T \cdot \left(\rho_{\text{с}} + K_3^2 \cdot U_{кз} \right) \cdot \frac{S_H}{100} = N_T \cdot \Delta Q_T \quad (3.3)$$

N_T - количество трансформаторов;

ΔP_T - потери активной мощности одного трансформатора, кВт;

ΔQ_T - потери реактивной мощности одного трансформатора, кВАр.

$$\Delta P_{T\Sigma} = 1 \cdot (0,32 + 0,9^2 \cdot 2) = 1,94 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = 1 \cdot (2,6 + 0,9^2 \cdot 6) \cdot \frac{2000}{100} = 30 \text{ кВАр}$$

Определяем расчётную нагрузку цеха с учётом потерь в трансформаторе:

$$P_p = P_{P\Sigma} + \Delta P_{T\Sigma} \quad (3.4)$$

$$P_p = 264.77 + 1,94 = 267 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{P\Sigma} + \Delta Q_{T\Sigma} \quad (3.5)$$

$$Q_p = 214.68 + 30 = 244.68 \text{ кВАр}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{\min} = Q_p \cdot 0,5 \quad (3.6)$$

$$Q_{\min} = 244.68 \cdot 0,5 = 122.34 \text{ кВАр}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{\text{эл}} = Q_p - 0,7 \cdot Q_{CD} \quad (3.7)$$

$$Q''_{\text{эл}} = \alpha \cdot P_p \quad (3.8)$$

$$\alpha = 0,28; \quad Q_{CD} = 0.$$

$$Q'_{\text{эл}} = 133,424 \text{ кВАр}$$

$$Q''_{\text{эл}} = 0,28 \cdot 111,676 = 31,269 \text{ кВАр}$$

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений:

$$Q_{\text{э}1} = 31,269 \text{ кВАр}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э}2} = Q_{\text{min}} + Q_{\text{к}} \quad (3.9)$$

$$Q''_{\text{э}2} = Q_{\text{min}} - Q_{\text{КД}} = Q_{\text{min}} - (Q_{\text{P}} - Q_{\text{э}1}) \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{к}} = 0$$

$$Q'_{\text{э}2} = 66,712 + 0 = 66,712 \text{ кВАр}$$

$$Q''_{\text{э}2} = 66,712 - (33,424 - 31,269) = -35,443 \text{ кВАр}$$

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем большее из значений:

$$Q_{\text{э}2} = 66,712 \text{ кВАр}$$

Определяем суммарную мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{к}y.\text{max}} = 1,1 \cdot Q_{\text{P}} - Q_{\text{э}1} \quad (3.11)$$

$$Q_{\text{к}y.\text{min}} = Q_{\text{min}} - Q_{\text{э}2} \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{к}y.\text{max}} = 1,1 \cdot 133,424 - 31,269 = 115,486 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{к}y.\text{min}} = 66,712 - 66,712 = 0$$

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

$$Q_{\text{э}н} = Q_{\text{э}1} - (Q_{\text{P}} - Q_{\text{P}\Sigma}) \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{э}н} = 31,269 - (133,424 - 123,424) = 21,269 \text{ кВАр}$$

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

$$Q_{\text{Т}} = \sqrt{(U_{\text{T}} \cdot K_{\text{з}} \cdot S_{\text{н}})^2 - P_{\text{P}\Sigma}^2} \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{Т}} = \sqrt{(0,9 \cdot 2000)^2 - 264,77^2} = 184,498 \text{ кВАр}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 10 кВ:

$$Q_{KV.H} = Q_{P\Sigma} - Q_T \quad (3.15)$$

$$Q_{\hat{E}O.i} = 214,68 - 184,498 = 30,182 \text{ кВАр}$$

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 10 кВ:

$$Q_{KV.6} = Q_{ку.max} - Q_{KV.H} \quad (3.16)$$

$$Q_{KV.6} = 115,486 - 30,182 = 85,304 \text{ кВАр}$$

Установка КУ на стороне 10 кВ нецелесообразна.

4 Выбор и обоснование схемы внутрицехового электроснабжения

Системы электроснабжения разделяют на систему внешнего электроснабжения (воздушные линии от подстанции энергосистемы до подстанции глубокого ввода ПГВ) и систему внутреннего электроснабжения (распределительной линии от ПГВ до цеховых трансформаторных подстанций).

Проектируемая схема должна включать в себя элементы существующей при соответствии их пропускной способности новым расчетным условиям. Равным образом это касается ТП, РУ высокого напряжения, кабельных линий, токопроводов и других элементов. При необходимости замены кабельных или воздушных линий.

Сопоставив известные схемы электроснабжения, можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее простыми и отвечающими требованиям III категории надежности являются сети, выполненные по радиальной схеме без резервирования и с одиночными магистралями.

2. Требованиям II категории надежности отвечают широко распространенные магистральные многолучевые схемы, чаще всего двухлучевые.

3. Электроснабжение приемников I категории удобно производить с помощью радиальных схем с резервированием, а также двухлучевых схем. Во всех случаях питания приемников I категории должен применяться АВР.

Внутренняя схема электроснабжения относится к смешанному виду.

В моей работе питание ТП осуществляется кабелем от ГПП-Чердаклы. Цеховой трансформатор защищен от токов короткого замыкания выключателем. Электроприемники запитываются кабелями ВВГ. Они защищены от токов короткого замыкания и токов перегруза автоматическими выключателями. На рисунке 4.1 изображена внутрицеховая сеть электроснабжения 0,4 кВ.

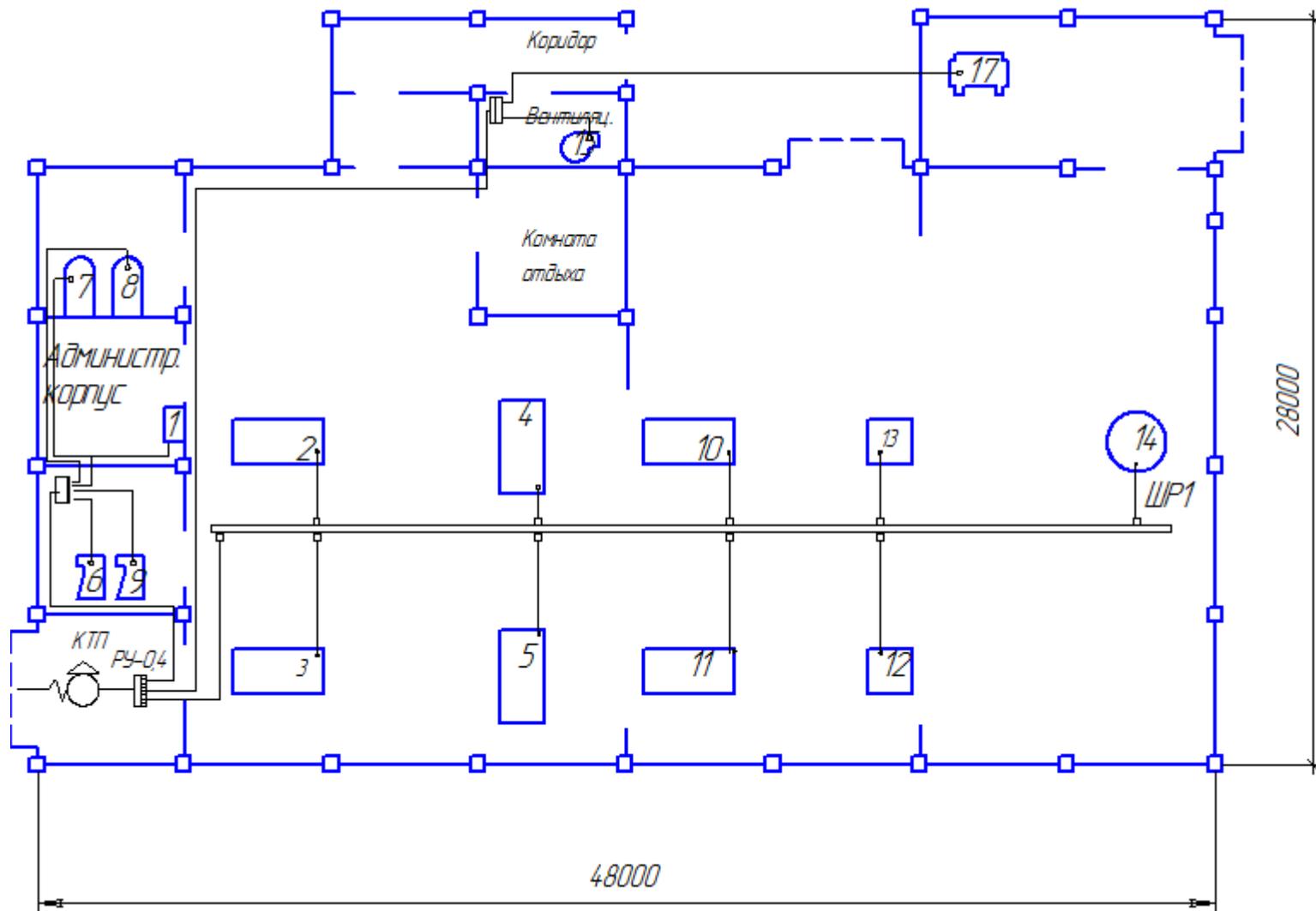


Рисунок 4.1- Схема электроснабжения цеха кондитерской фабрики

4.1 Выбор оборудования на стороне 10 кВ

4.1.1 Выбор выключателей

Элегазовый выключатель – один из самых современных типов высоковольтных выключателей. В качестве среды для гашения дуги в них используется шестифтористая сера (SF₆, элегаз), которая обладает большой электрической прочностью и отличными дугогасящими свойствами. Название элегаз (электрический газ) для шестифтористой серы, дал в 1947 г. советский физик Б. Гохберг, он же первым высказал предположение о возможности применения элегаза в качестве изоляционной среды для электрооборудования высокого напряжения.

В качестве защитных выключателей используем элегазовые выключатели, для питания н/в 0,4 кВ от трансформатора, используем АВ типа SACE E3N Ir=2800A t=12с Im=5600A t=0.005с

4.1.2 Выбор микропроцессорной защиты

В зависимости от целей использования и комплектации, релейная защита Seram представлена в нескольких сериях.

Серия 10 приспособлена для защиты различного рода электрооборудования в зданиях со средним уровнем напряжения. Например, в торговых центрах, на предприятиях, складах, производствах и прочее. Устройства данной серии так же позволяют обеспечивать эффективную защиту вторичных распределительных систем.

Серия 20 тоже представляет собой устройства для защиты распределительных систем многих типов. Релейная защита Seram такой серии позволяет эффективно осуществлять защиту подстанций, трансформаторов, 2-вольтажных двигателей и шинпровода с учётом всех электротехнических особенностей оборудования.

Следующая серия реле 40 – это цифровые устройства, используемые для эффективной защиты электродвигателей, трансформаторов, генераторов и подстанций.

Существует так же и серия 80. Короткие замыкания и ненормальные аспекты в работе – вот те неприятные моменты, эффективно справиться с которыми помогает релейная защита Сепам.

В зависимости от целей использования и комплектации, релейная защита Sepam представлена в нескольких сериях.

Для защиты в ТП выбираем Sepam серии 40, 80

4.1.3 Выбор кабеля

По ПУЭ и из расчетов, зная допустимый ток можно определить сечение проводника по условию нагрева:

Учитывая нагрузку на трансформатор с учётом по ПУЭ табл. 1.3.18. выбираем для запитки понижающего трансформатора кабель ЗПвП2г-10(1х300)

КЛЗ:

Для запитки 1 ШРА, учитывая нагрузку и по ПУЭ табл. 1.3.18. выбираем кабель З(5ВВГнг-1(1х240))

4.2 Выбор оборудования на стороне 0,4 кВ

Выбор сечения проводников в сетях до 1 кВ сводится к проверке сечений проводников каждого участка цепи от электроприемников к шинам подстанции по расчетному и длительно- допустимому току.

4.2.1 Выбор шинпроводов

Рассчитываем суммарную номинальную мощность потребителей на 1 ШРА

$$\Sigma P_{ном} = 278 \text{ кВт}$$

$$\Sigma P_p = \Sigma P_{ном} \cdot K_u = 264 \cdot 0,22 = 61,16 \text{ кВт}, \quad (4.1)$$

где K_u - коэффициент использования

$$I_p = \frac{\Sigma P_p}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = \frac{61160}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,5} = 185 \text{ А} \quad (4.2)$$

$$I_p \leq I_{доп},$$

$$185 \leq 250 \text{ А}$$

Выбираем шинопровод ШРА-4 на $I_{ном}=250 \text{ А}$

4.2.2 Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели Schneider Electric Multi9 NG125, Multi9 NG125H, Multi9 NG125L.

Коммутация и защита цепей от перегрузок и коротких замыканий в зданиях. Выключатели, специально адаптированные для цепей, требующих высокую отключающую способность. На ток от 10 до 125А, отключающая способность 25000-50000А

4.2.3 Выбор кабеля

Для запитки 1 ШРА, учитывая нагрузку и по ПУЭ (табл. 1.3.18.) выбираем кабель 3(5ВВГнг-1(1х240))

Остальные кабели на отходящие потребители от ШР-1 выбираем аналогичным способом.

5 Расчет токов КЗ

Расчетная схема показана на рисунке 5.1, схема замещения – на рисунке 5.2.

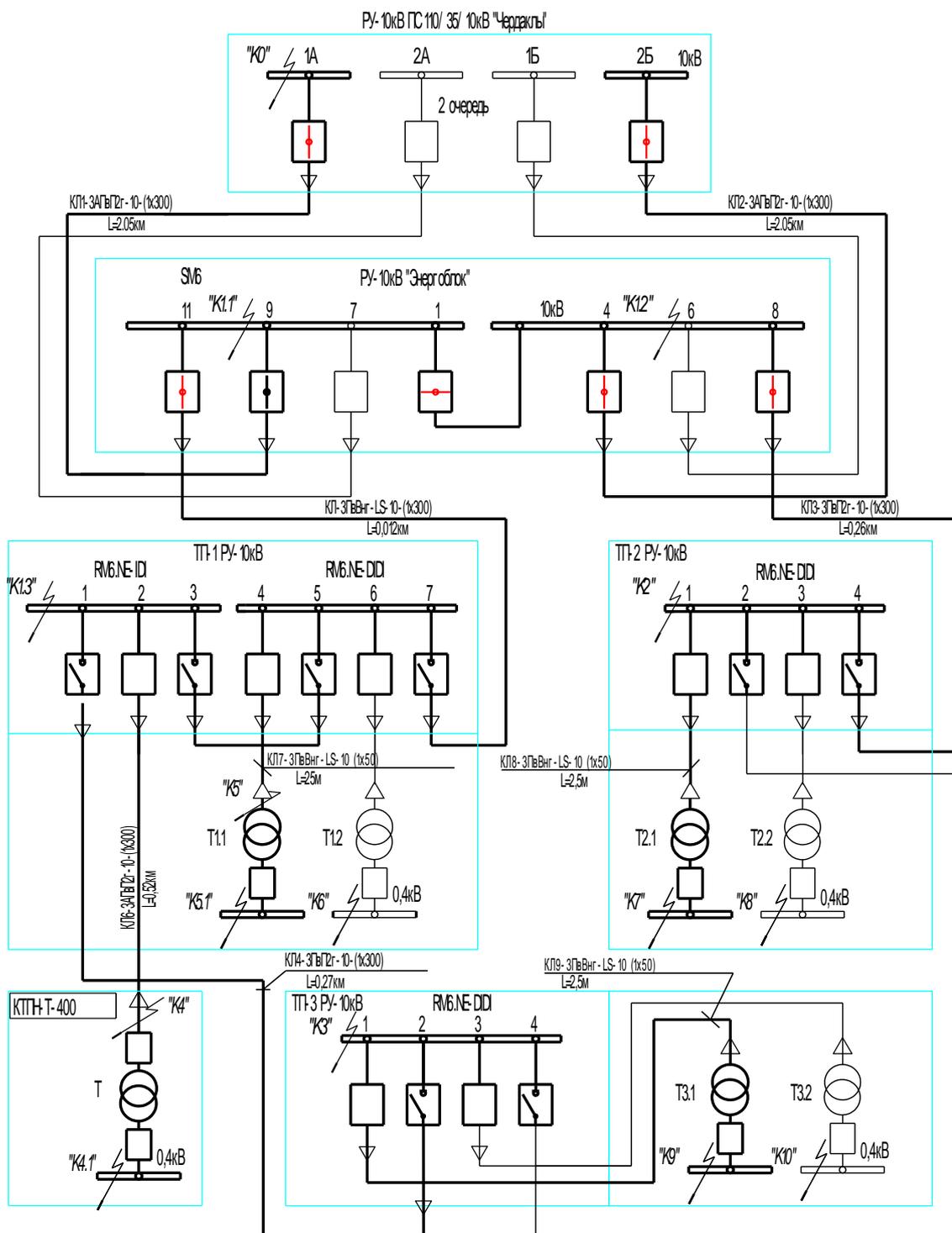


Рисунок 5.1 – Расчетная схема

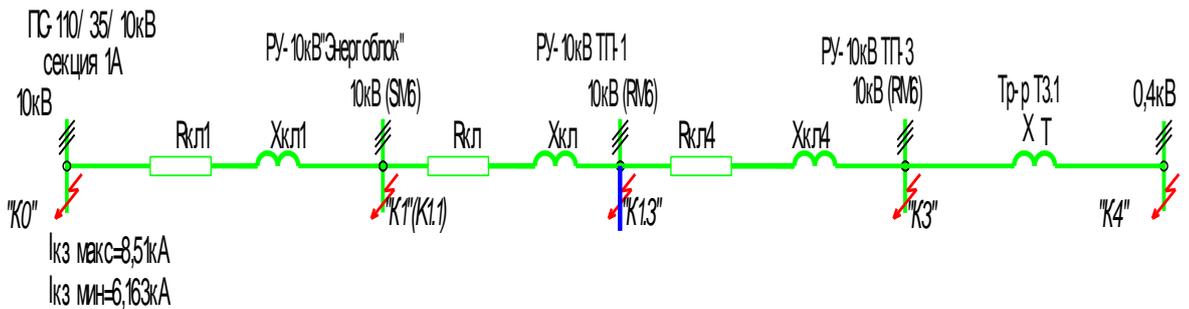


Рисунок 5.2 - Схема замещения

Расчет токов КЗ

Исходные данные

Трансформатор $S_{н.т.}=2000$ кВА, 10/0,4кВ схема соединений

$R_{хх}=3500$ Вт, $I_{хх}=1,1\%$ $R_{кз}=14900$ Вт, $U_{кз}=6\%$

Трансформатор $S_{н.т.}=400$ кВА, 10/0,4 кВ схема соединений

$R_{хх}=830$ Вт, $I_{хх}=0,8\%$, $R_{кз}=5400$ Вт, $U_{кз}=4,5\%$ $U_{ср.}=10,5$ кВ

Базисное напряжение ступени где рассматриваются к.з.

$U_{б,ст}=U_{ср}=0,4$ кВ.

Кабельные линии 1.кл1-3АПвП2Г-10-(1х300) $L=2,05$ км; 2.кл4-3ПвП2Г-1(1х300) $L=0,27$ км; 3. клб-3АПвП2Г-10-(1х300) $L=0,52$ км; 4. Кл-3ПвВнг-LS-10(1х300) $L=0,012$ км; 5 кл7-3ПвВнг-LS-(1х50) $L=0,025$ км;

Расчет токов КЗ в максимальном режиме.

Сопротивления:

1 Питающие системы при максимальном режиме работы

$$x_c = x = 1 \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{к.с}} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 8510} = 0.71 \text{ Ом} \quad (5.1)$$

2 Силового трансформатора 2000 кВА

$$x_T = x = \frac{10 \cdot K3 \cdot \%U_H^2}{S} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 10.5^2}{2000} = 3.31 \text{ Ом} \quad (5.2)$$

$$r_{\hat{E}E} 4 = r4 = 0.06 \cdot 0.27 = 0.016 \text{ Ом}$$

$$x_{\hat{E}E} 4 = x4 = 0.103 \cdot 0.27 = 0.0028 \text{ Ом}$$

3. Силового трансформатора 400 кВА

$$x_T = x = \frac{10 \cdot K3 \cdot \%U_H^2}{S} = \frac{10 \cdot 4.5 \cdot 10.5^2}{400} = 12,4 \text{ Ом} \quad (5.3)$$

4. кл1-1 кВ

$$r = 0.1 \text{ Ом} \quad r_{\hat{E}\hat{E}} 1 = r1 = 0.1 \cdot 2.05 = 0.205 \text{ Ом}$$

$$x = 0.103 \text{ Ом} \quad x_{\hat{E}\hat{E}} 1 = x1 = 0.103 \cdot 2,05 = 0.2 \text{ Ом}$$

Расчет токов к.з. на сборочных шинах РУ-10кВ ТП-1 Энергоблока (точка К1.1)

Сопrotивление цепи КЗ для точки К.1.1

$$Z_{K2} = \sqrt{r1^2 + |xc + x1|^2} = \sqrt{0.205 + 0.1 + 0.21^2} = 0.933 \text{ Ом} \quad (5.4)$$

Начальное действующие значение периодической составляющей тока КЗ в точке К1.1

$$I_{1n}^{[3]} 0 = \frac{U_{ббс} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot z_{K1.1}} = \frac{10.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0.933} = 6505.2 \text{ А} \quad (5.5)$$

В точке К.1.1 $I_{1n}^{[3]} 0 = 6505.2 \text{ А}$

Расчет токов к.з. на сборочных шинах РУ-10кВ ТП-1 Энергоблока (точка К1.3)

Сопrotивление цепи КЗ для точки К.1.1

$$Z_{K3} = \sqrt{(r + r1)^2 + |xc + x1 + x|^2} \quad (5.6)$$

$$Z_{K3} = \sqrt{|0.205 + 0.0007| + |0.71 + 0.2 + 0.0012|^2} = 0.934$$

$$I_{1n}^{[3]} 0 = \frac{U_{ббс} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot z_{K1.3}} = \frac{10.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0.934} = 6498.3 \text{ А} \quad (5.7)$$

В точке К.1.3 $I_{1n}^{[3]} 0 = 6498.3 \text{ А}$

Расчет токов к.з. на сборочных шинах РУ-10кВ ТП-3 (точка К.3)

Сопrotивление цепи КЗ для точки К.3

$$Z_{K4} = \sqrt{(r1 + r + r4)^2 + |xc + x1 + x + x4|^2} = \quad (5.8)$$
$$= \sqrt{|0.205 + 0.0007 + 0.01| + |0.71 + 0.2 + 0.0012 + 0.028|^2} = 0.965$$

$$I_{ln}^{[3]}0 = \frac{U_{áñm} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot z_{K.3}} = \frac{10.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0.965} = 6289.5 \text{ A} \quad (5.9)$$

В точке К.3 $I_{ln}^{[3]}0 = 6289.5 \text{ A}$

Расчет токов к.з. на сборочных шинах РУ-10кВ ТП-3 (точка К.4)

Сопротивление цепи КЗ для точки К.4

$$Z_{K.5} = \sqrt{(r_1 + r + r_4)^2 + |x_c + x_1 + x + x_4 + x_T|^2} = 4.52 \text{ Ом} \quad (5.10)$$

$$I_{ln}^{[3]}0 = \frac{U_{áñm} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot z_{K.3}} = \frac{10.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 4.52} = 1342.8 \text{ A}$$

В точке К.4 $I_{ln}^{[3]}0 = 1342.8 \text{ A}$

6 Расчет защитных аппаратов

6.1 Защита кабельной линии 10 кВ от РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы" до вводной ячейки РУ-10 кВ

Токовая отсечка.

Реализация предусматривается с помощью микропроцессорного блока релейной защиты (МПБРЗ), устанавливаемого в линейной ячейке реконструируемого РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы".

$$I_{CЗ} = K_H \cdot I_{K-4.1 \max}^{(3)} = 1.1 \cdot 6311.2 = 6942.3 \text{ А} \quad (6.1)$$

K_H - коэффициент надежности (для микропроцессорных БРЗ – 1.1);
 $I_{\hat{E}-4.1 \max}^{(3)} = I_{\hat{E}-4 \max}^{(3)}$ - значение тока срабатывания по условию отстройки от максимального тока КЗ в конце линии (точка К-4.1) - начальное значение периодической составляющей 3-фазного ТКЗ в конце линии ВА.
Коэффициент чувствительности токовой отсечки

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{K-0 \max}^{(3)}}{I_{CЗ}} = \frac{8510.3}{6942.3} = 1.226 > (1.2) \quad (6.2)$$

где $I_{K-0 \max}^{(3)}$ - начальное значение периодической составляющей 3-фазного ТКЗ в месте установки защиты (на шинах РУ-10кВ ПС 110/35/10 кВ «Чердаклы») в наиболее благоприятном по условию чувствительности защиты режиме.

Максимальная токовая защита.

Реализация предусматривается с помощью микропроцессорного блока релейной защиты (МПБРЗ), устанавливаемого в линейной ячейке РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы"

Значение тока срабатывания защиты по условию отстройки от максимального тока нагрузки

$$I_{CЗ} = \frac{K_H \cdot K_{CЗ} \cdot I_{\text{раб. max}}}{K_B} = \frac{1,1 \cdot 1,3 \cdot 550}{0,9} = 873,9 \text{ А} \quad (6.3)$$

где K_n - коэффициент надежности (для МПБРЗ принимаем 1,1);

K_v - коэффициент возврата (для МПБРЗ принимаем 0,9);

$K_{сз}$ - коэффициент самозапуска электродвигателей (при отсутствии в составе нагрузки электродвигателей напряжением 10 кВ принимаем значение $K_{сз}=1,3$).

$I_{раб.мах}$ - максимальный рабочий ток линии (для 5 трансформаторов по 2000 кВА - 550 А).

Коэффициент чувствительности защиты

$$K_{\psi} = \frac{I_{K-0min}^{(2)}}{I_{сз}} = \frac{I_{K-0min}^{(3)} \cdot 0.866}{I_{сз}} = \frac{4956.9 \cdot 0.866}{873.9} = 4.9 > (1.5) \quad (6.4)$$

где $I_{K-0min}^{(2)}$ и $I_{K-0min}^{(3)}$ - соответственно начальные значения периодической составляющей 2-фазного и 3-фазного токов КЗ в минимальном режиме в точке К-4.1 (К-4). Действие защиты предусматривается на отключение соответствующих выключателей с выдержкой времени 1,8 с.

Защита от однофазных замыканий на землю.

Реализация предусматривается с помощью микропроцессорного блока релейной защиты (МПБРЗ), устанавливаемого в линейной ячейке реконструируемого РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы" (см. проект реконструкции ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы"). При выборе МПБРЗ с функциями защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) должны учитываться - суммарный емкостный ток в сети и вид заземления нейтрали. Если в объем реконструкции РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы" будет включено устройство резонансно-заземленной или "компенсированной нейтрали", то в качестве МПБРЗ с функциями защиты от ОЗЗ следует применять устройства использующие высшие гармонические составляющие тока нулевой последовательности при ОЗЗ или переходной процесс в начале замыкания. В качестве МПБРЗ отвечающих этим условиям, могут быть приняты например блоки Sepam 100+ (Schneider Electric) или SPAC 810 (ABB). Ток срабатывания ненаправленной токовой защиты нулевой

последовательности, с независимой времятоковой характеристикой (для сети с изолированной нейтралью, при суммарном емкостном токе для сети 10 кВ до 20 А)

$$I_{C3} = K_H \cdot K_{BP} \cdot I_{C.фид.маx} = 1,2 \cdot 1,3 \cdot 3,49 = 5,4 \text{ А} \quad (6.5)$$

где K_H - коэффициент надежности (принимается 1,2)

K_{BP} - коэффициент броска (для микропроцессорных БРЗ принимаем 1,3);

$I_{C.фид.маx}$ - собственный емкостный ток фидера (кабельной линии WA);

Общая длина кабельной линии WA

$$L_{WAoAo} = L_{WA} + L_{WA1} + L_{WA2} + L_{WA3} \quad (6.6)$$

$$L_{WAoAo} = 1,2 \cdot 1,3 \cdot 3,49 = 2,05 \text{ км}$$

Удельное значение емкостного тока кабельной линии WA - $I_{C.удWA} = 1,74$

$$I_{C.фид.маx} = L_{WAoAo} \cdot I_{C.удWA} = 3,49 \text{ А} \quad (6.7)$$

Если суммарный емкостный ток сети 10 кВ (подключенной к РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы") $I_{C\Sigma} = 18 \text{ А}$ то коэффициент чувствительности защиты от ОЗЗ составит

$$k_{ч} = \frac{I_{C\Sigma}}{I_{C3}} = \frac{18}{5,4} = 3,3 > (1,5...2) \quad (6.8)$$

Действие защиты предусматривается на сигнал без выдержки времени.

6.2 Защита силового трансформатора

В соответствии с правилами устройства электроустановок (п. 3.2.51), настоящим проектом предусматриваются устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1. Многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
2. Однофазных замыканий на землю в обмотках и на выводах;
3. Витковых замыканий в обмотках;
4. Токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;

5. Токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;

Реализация защит предусматривается с помощью МПБРЗ VIP 35, встраиваемого в компактное распределительное устройство (моноблок) RM6. МПБРЗ VIP 35 не требует дополнительного источника питания, питается от датчиков тока и действует на расцепитель МТОР.

Токовая отсечка

В качестве защиты от многофазных замыканий в обмотках и на выводах 10,5 кВ трансформатора предусматривается токовая отсечка без выдержки времени действующая на отключение. Значение уставки тока отсечки по условию отстройки от максимального тока КЗ на стороне НН

$$I_{CЗ} = K_H \cdot I_{K-8.1\max}^{(3)} / 10.5 / 0.4 = 1.1 \cdot 38324.6 / 10.5 / 0.4 = 1606 \text{ А} \quad (6.9)$$

K_H - коэффициент надежности (для микропроцессорных БРЗ – 1.1);

$I_{K-8.1\max}^{(3)}$ - начальное значение периодической составляющей 3-фазного

ТКЗ на стороне НН силового трансформатора ТЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{K-5\max}^{(3)}}{I_{CЗ}} = \frac{7095.4}{1606} = 4.4 > (1.2) \quad (6.10)$$

Где $I_{K-5\max}^{(3)}$ - начальное значение периодической составляющей 3-фазного ТКЗ в месте установки защиты (в ячейке силового трансформатора РУ-10кВ ПС 10/0.4 кВ «Упаковка») в наиболее благоприятном по условию чувствительности защиты режиме.

Защита от однофазных замыканий на землю

Ток срабатывания ненаправленной токовой защиты нулевой последовательности, с независимой времятоковой характеристикой (для сети с изолированной нейтралью, при суммарном емкостном токе для сети 10 кВ до 20 А)

$$I_{CЗ} = K_H \cdot K_{БР} \cdot I_{C.фид.\max} = 1,2 \cdot 1,3 \cdot 0,026 = 0,04 \text{ А} \quad (6.11)$$

где K_H - коэффициент надежности (принимается 1,2)

$K_{БР}$ - коэффициент броска (для микропроцессорных БРЗ принимаем 1,3);

$I_{C.фид.\max}$ - собственный емкостный ток фидера (кабельной линии WA);

Длина кабельной линии 10 кВ ТЗ – 0.15км

Удельное значение емкостного тока кабельной линии 10 кВ ТЗ

$$I_{C,yдWA} = 1.74$$

$$I_{C,фид.маx} = L_{ТЗщ} \cdot I_{C,yд} = 0.15 \cdot 1.7 = 0.026 \text{ А} \quad (6.12)$$

Если суммарный емкостный ток сети 10 кВ (подключенной к РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Чердаклы") $I_{C,\Sigma} = 18 \text{ А}$ то коэффициент чувствительности защиты от ОЗЗ составит

$$k_{ч} = \frac{I_{c\Sigma}}{I_{cз}} = \frac{18}{0.04} = 452.5 > (1.5...2) \quad (6.13)$$

Действие защиты предусматривается на сигнал без выдержки времени

Защита от витковых замыканий в обмотках. Защита от токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ и перегрузкой.

Предусматривается максимально-токовая защита с помощью МПБРЗ VIP 35

Значение тока срабатывания защиты по условию отстройки от максимального тока нагрузки

$$I_{Cз} = \frac{K_H \cdot K_{cз} \cdot I_{раб.маx}}{K_B} = \frac{1,1 \cdot 2 \cdot 110}{0,9} = 268.9 \text{ А} \quad (6.14)$$

где K_H - коэффициент надежности (для МПБРЗ принимаем 1,1);

K_B - коэффициент возврата (для МПБРЗ принимаем 0,9);

$K_{cз}$ - коэффициент самозапуска электродвигателей (принимаем $K_{cз}=2$).

$I_{раб.маx}$ - максимальный рабочий ток линии (для 1 трансформатора 2000 кВА - 110 А).

Коэффициент чувствительности защиты

$$K_{ч} = \frac{I_{K-8.1min}^{(2)}}{I_{Cз}} = \frac{1157.8}{268.9} = 4.3 > (1.5) \quad (6.15)$$

где $I_{K-8.1\text{min}}^{(2)}$ - начальное значение периодической составляющей 2-фазного тока КЗ на стороне НН трансформатора ТЗ, приведенное к напряжению 10.5 кВ.

Действие защиты предусматривается на отключение выключателя силового трансформатора ТЗ.1 с выдержкой времени 0,3 с.

7 Монтаж оборудования

7.1 Установка микропроцессорного максимального токового реле типа MPRB 99-1.0-GF

Схема подключения реле показана на рисунке 7.1. Клеммы подключения расположены на правой стороне реле.

На передней панели расположены переключатели, светодиоды и две кнопки. Переключатели предназначены для настройки реле, кнопки используются для чтения записи о повреждении и для сброса этой записи и перевода светодиодов в исходное состояние.

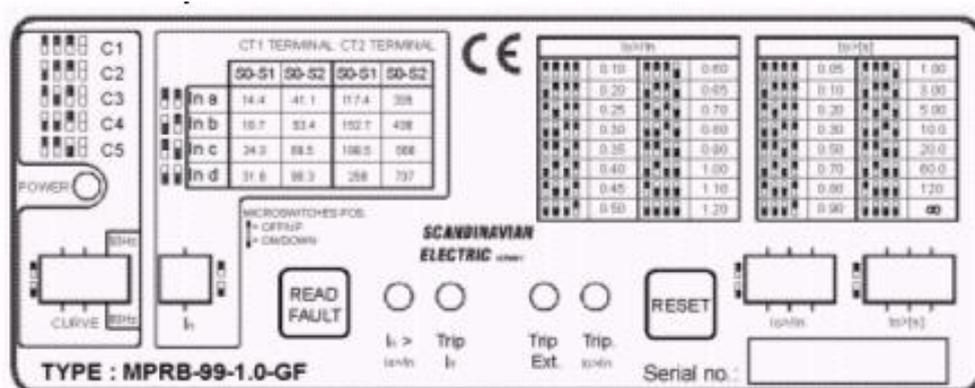


Рисунок 7.1- Схема подключения реле

Установка.

Реле MPRB 99-1.0-GF поставляется готовым для болтового крепления в ячейке. Подключение к трансформаторам тока (типа МРТА) производится после того, как были подключены кабели.

Трансформаторы тока имеют внешнюю изоляцию из эпоксидной смолы. В соответствии с требованиями изоляции они рассчитаны на низкое напряжение. Это означает, что высоковольтная изоляция кабелей выполняет роль изоляции трансформаторов тока.

Таблица 7.1- Выводы реле

Номер клеммы №	Функция
1	Внешнее отключение, 230В AC, 250 мВт
2	Внешнее отключение, 230В AC, 250 мВт
3	Не используется
4	Выход на катушку отключения (+)
5	Выход на катушку отключения (-)
6	Не используется
7	Подключение к трансформатору тока в фазе А (L1) (клеммы S1 и S2 на трансформаторе тока Т1)
8	Подключение к трансформатору тока в фазе А (L1) (клемма S0 на трансформаторе тока Т1, «земля»)
9	Подключение к трансформатору тока в фазе В (L2) (клеммы S1 и S2 на трансформаторе тока Т2)
10	Подключение к трансформатору тока в фазе В (L2) (клемма S0 на трансформаторе тока Т2, «земля»)
11	Подключение к трансформатору тока в фазе С (L3) (клеммы S1 и S2 на трансформаторе тока Т3)
12	Подключение к трансформатору тока в фазе С (L3) (клемма S0 на трансформаторе тока Т3, «земля»)
13	Не используется
14	Клемма заземления (должна быть подключена)
15	Не используется
16	Вспомогательное питание 230В AC, 5.5Вт
17	Не используется
18	Вспомогательное питание 230В AC, 5.5Вт

Кабели должны быть предварительно пропущены через сердечник трансформаторов тока, так же проводник экранирования кабеля должен быть повторно пропущен через сердечник трансформатора тока, а затем заземлен на шину заземления (см. рисунок 7.2).

Когда используется любой тип кабельных адаптеров, в которых кабель не имеет внешнего заземленного покрытия (КАР, РАУСНЕМ), трансформаторы тока (типа МРТА) должны быть установлены ниже адаптеров, где заземленный экран кабелей обычно снят.

Когда высоковольтные кабели установлены и подключены, трансформаторы тока прикручиваются к крепежному листу и клеммы трансформаторов тока подключаются в соответствии с маркировкой на проводах и таблицей 7.2.

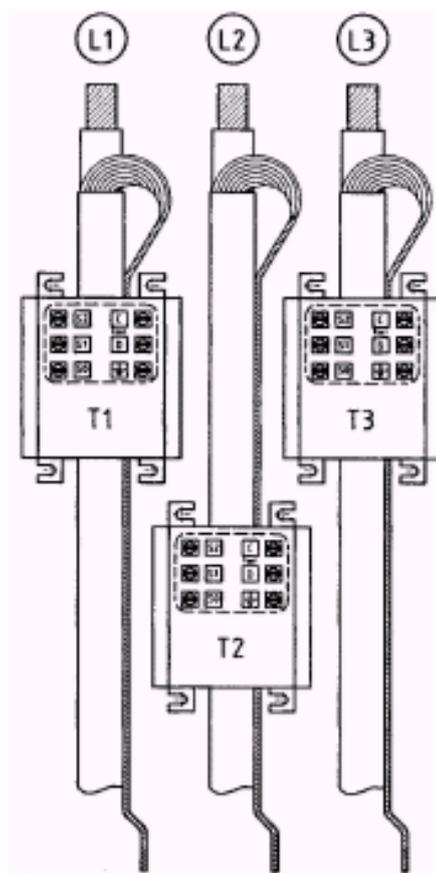


Рисунок 7.2- Установка трансформаторов тока

Таблица 7.2- Подключение трансформаторов тока

Фаза	Маркировка провода	Трансформатор тока	Вывод трансформатора тока
L1 (A)	T1 S0	T1	S0
L1 (A)	T1 S1S2	T1	S1 или S2
L2 (B)	T2 S0	T2	S0
L2 (B)	T2 S1S2	T2	S1 или S2
L3 (C)	T3 S0	T3	S0
L3 (C)	T3 S1S2	T3	S1 или S2
“Земля” (Желтый/зеленый)	T1	T1	Клемма заземления
“Земля” (Желтый/зеленый)	T2	T2	Клемма заземления
“Земля” (Желтый/зеленый)	T3	T3	Клемма заземления

Клеммы трансформатора тока (типа МРТА) обозначенные С и D на каждом трансформаторе тока не должны быть соединены накоротко. Клеммы С и D должна оставаться свободными во время работы.

Вторичные обмотки S0-S1/S2 и испытательные обмотки C-D наматываются на общий металлический сердечник. Если C-D замкнуты накоротко, вторичный ток частично по ним протекает и правильное измерение тока невозможно, поэтому реле функционирует неправильно. Внутри трансформаторов тока клемма заземления подключается к S0 и C. Когда трансформаторы тока подключены, проверьте и, если необходимо, измените уставки реле. Заводские стандартные уставки – это C1 и $I_N = I_{na}$, если не было другой предварительной договоренности.

Проверка.

MPRB-96-1.25 – это современное микропроцессорное токовое реле. Энергия, необходимая для работы реле и отключения выключателя, поступает от трансформаторов тока. Чтобы убедиться, что все установлено правильно и все компонента защиты работоспособны можно использовать испытательные обмотки C – D на одном из трансформаторов тока. Проверки затрагивают трансформаторы тока; реле и катушка отключения; механизм привода выключателя.

Необходимое оборудование для проверок:

- однофазный источник тока, 50 Гц;
- амперметр;
- таймер (секундомер)

Проверки должны производиться только при отключенных и заземленных кабелях (через заземлитель в ячейке). Убедитесь в отсутствии напряжения на кабеле при заземлении. Всегда следуйте местным требованиям безопасности при работе с высоковольтным оборудованием.

Последовательность действий.

1. Отключите выключатель
2. Убедитесь в отсутствии напряжения на отходящем кабеле, после чего включите заземляющий разъединитель.
3. Однофазный источник тока подключается последовательно с амперметром к клеммам C и D на одном из трансформаторов тока. Очень

важно, чтобы амперметр был рассчитан для измерения действующего значения тока.

4. Сбросить таймер

5. Включить источник тока, установить значение тока в соответствии с таблицей 7.3. Продолжительность этой установки не должна превышать 10 сек. Делайте это в несколько шагов, если 10 сек. слишком мало, чтобы установить необходимое значение тока.

Таблица 7.3- Проверка для токов, подводимых к тестовой обмотке

	Испытательный ток								Время отключения [сек]		
	I _{na}		I _{nb}		I _{nc}		I _{nd}				
Кривая	S0-S1	S0-S2	S0-S1	S0-S2	S0-S1	S0-S2	S0-S1	S0-S2	мин.	ном.	макс
C1	0,73 А	2,07 А	0,94 А	2,69 А	1,23 А	3,50 А	1,59 А	4,55 А	8,3	11,0	14,8
C2	0,73 А	2,07 А	0,94 А	2,69 А	1,23 А	3,50 А	1,59 А	4,55 А	8,3	11,0	14,8
C3	0,60 А	1,72 А	0,78 А	2,23 А	1,02 А	2,90 А	1,32 А	3,77 А	7,8	11,0	15,9
C4	0,64 А	1,83 А	0,83 А	2,38 А	1,08 А	3,09 А	1,41 А	4,02 А	8,0	11,0	15,4
C5	0,59 А	1,69 А	0,77 А	2,19 А	1,00 А	2,84 А	1,30 А	3,70 А	6,8	11,0	18,5

6. Выключите источник тока.

7. Включите выключатель (заземляющий разъединитель при этом не переключать)

8. Одновременно запустите таймер и источник тока.

9. Пока таймер работает, проверьте значение тока.

10. В момент, когда реле отключит выключатель, остановите таймер и выключите источник тока.

11. Измеренное время отключения выключателя сравнивается с временем (данным в 3 крайних правых колонках в таблице 7.3) и данными рисунка 7.3. Если измеренное время попадает в пределы между мин. и макс., то реле и все компоненты работают правильно.

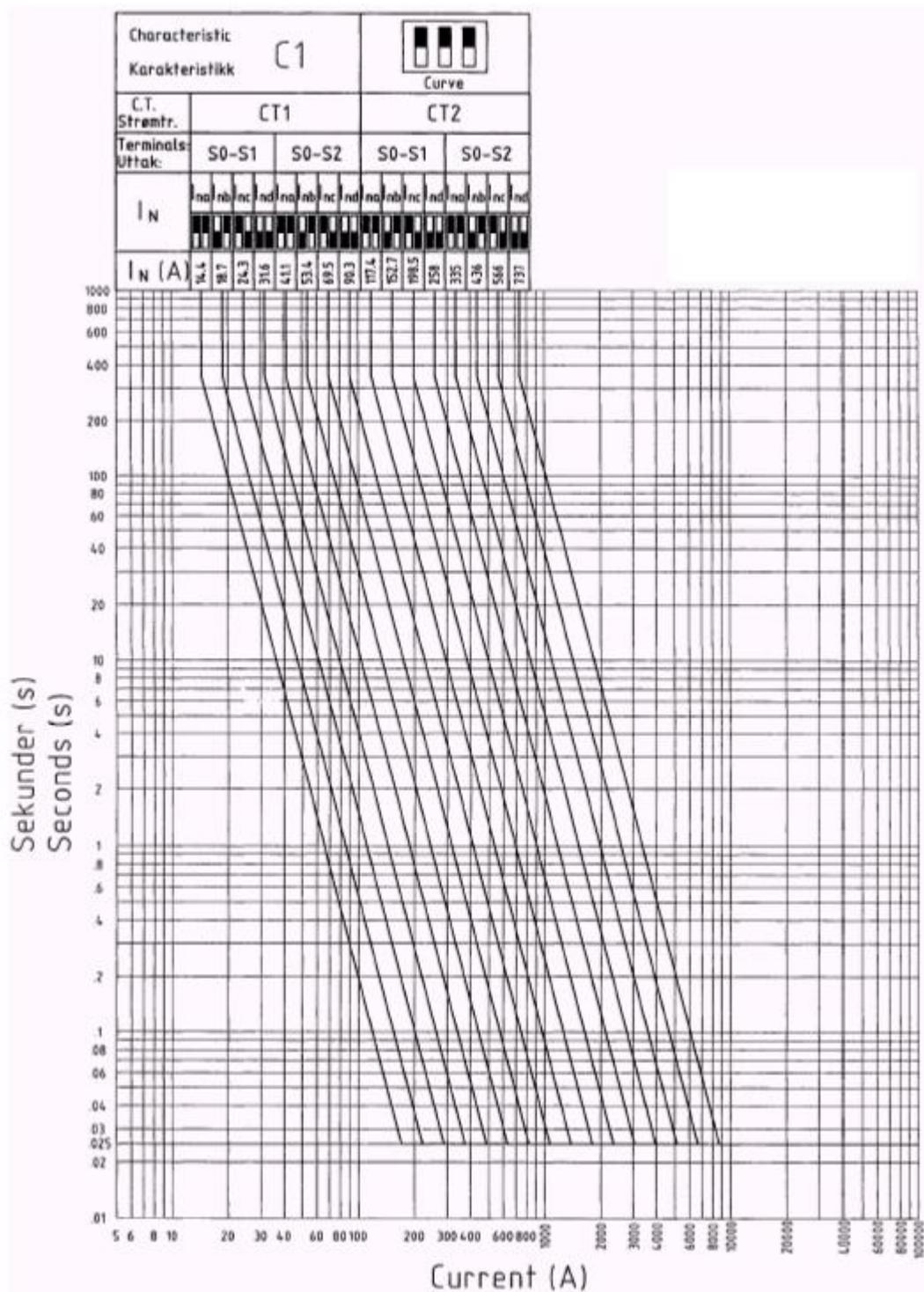


Рисунок 7.3- Диаграмма проверки реле

7.2 Монтаж РУ 10 кВ

Рассмотрим комплексное распределительное устройство NEXIMA Merlin Gerin 06 10 кВ

Общий вид на КРУ показан на рисунке 7.4



Рисунок 7.4- Общий вид КРУ

Монтаж КРУ в помещении рекомендуется выполнять с использованием кабельных каналов (см. рисунок 7.5). Глубина кабельного канала может быть уменьшена, но она должна соответствовать радиусу изгиба применяемых кабелей.

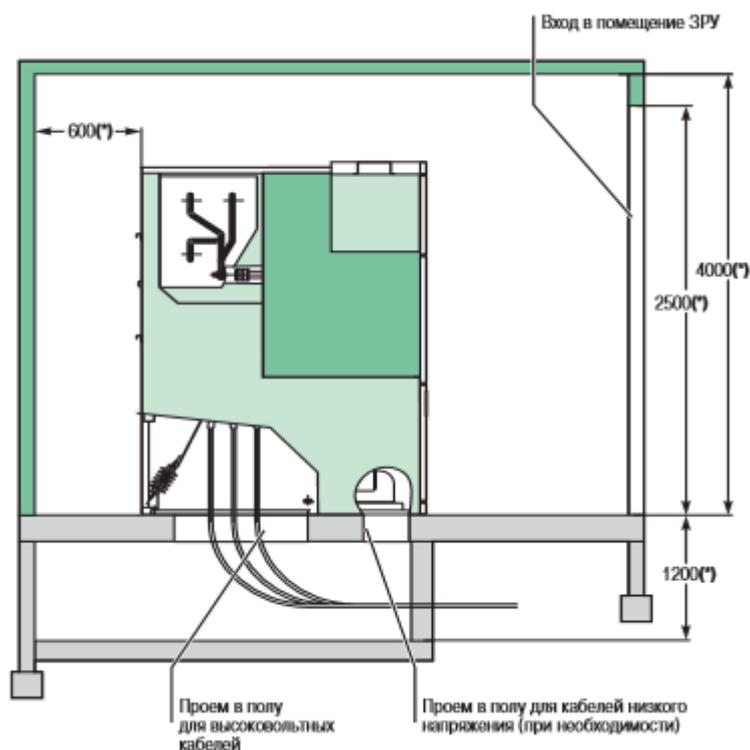


Рисунок 7.5- Подключение КРУ с использованием кабельных каналов

Рекомендуемая зона вокруг КРУ показана на рисунке 7.6.

Расстояние L для ввода кабелей в проеме пола зависит от расположения панелей внутри щита.

Схема подключения высоковольтных кабелей.

Общие сведения При проектировании распределительного устройства особое внимание следует уделять прокладке высоковольтных кабелей: b глубина проема кабельного канала рассчитывается в зависимости от минимально допустимого радиуса изгиба кабелей; b кабели не должны быть сильно натянуты, чтобы их можно было свободно перемещать при монтаже; b длина свободного кабеля от точки ввода в распределительное устройство, как и схема подключения кабелей, не должны создавать проблем при обслуживании кабелей; b кабели необходимо прокладывать до монтажа распределительного устройства. Можно применять другие схемы подключения кабелей, особенно если предполагается использование большего пространства под оборудованием.

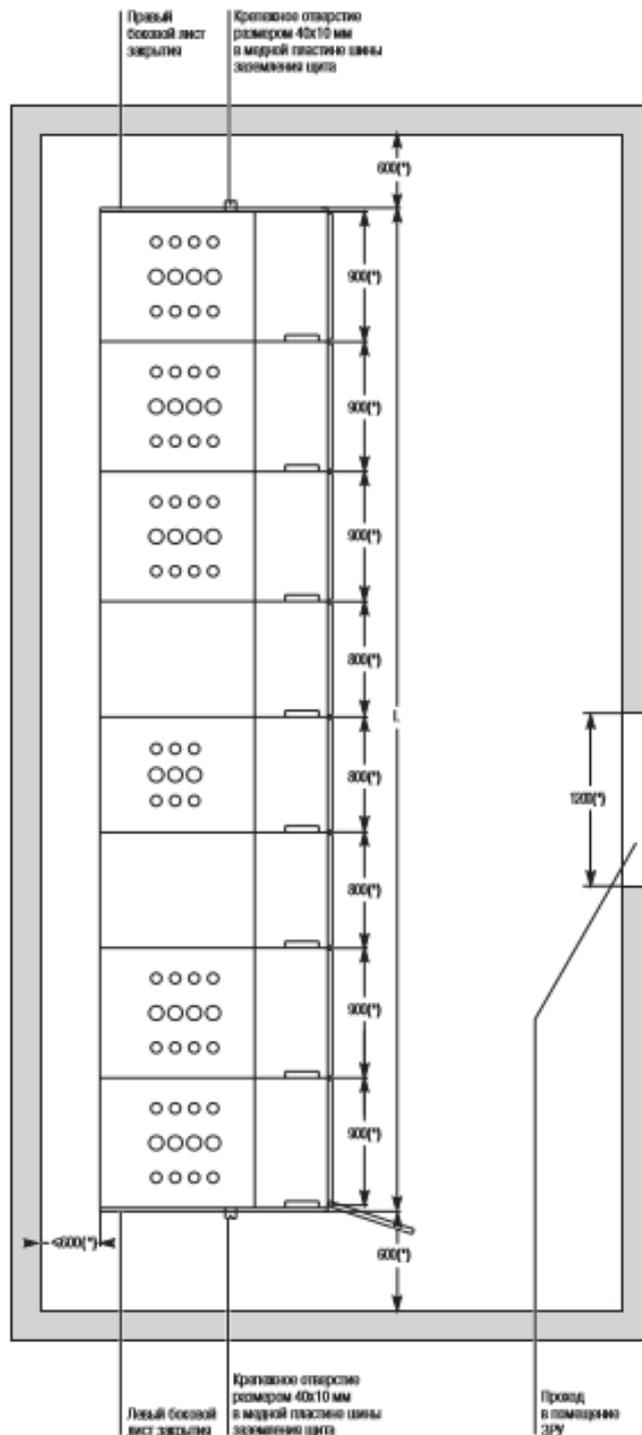


Рисунок 7.6- Зона обслуживания вокруг щита

Кабели можно подсоединять сзади (А), спереди (В) или с обеих сторон (С или D) распределительного устройства. (*) Минимально допустимые размеры (мм).

Подключение кабелей через проем в кабельном канале показано на рисунке 7.7.

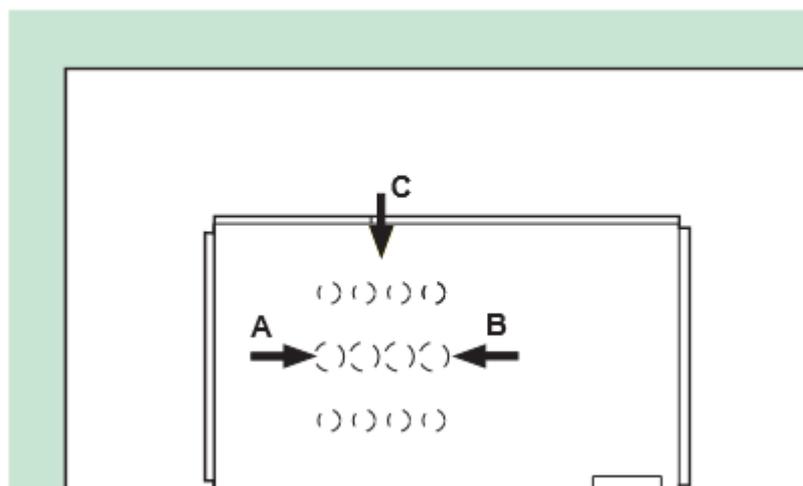


Рисунок 7.7- Различные направления ввода высоковольтных кабелей в распределительное устройств

Ввод кабелей показан на рисунке 7.8. Минимально допустимые размеры (мм, помечены *) рекомендуется для:

- однофазных кабелей XLPE (сечением до 630 мм^2);
- трехфазных кабелей XLPE (сечением до 300 мм^2).

Не рекомендуется подключать кабели сечением 630 мм^2 . Высота кабельного полуэтажа/канала: $20 \times$ диаметр кабеля.

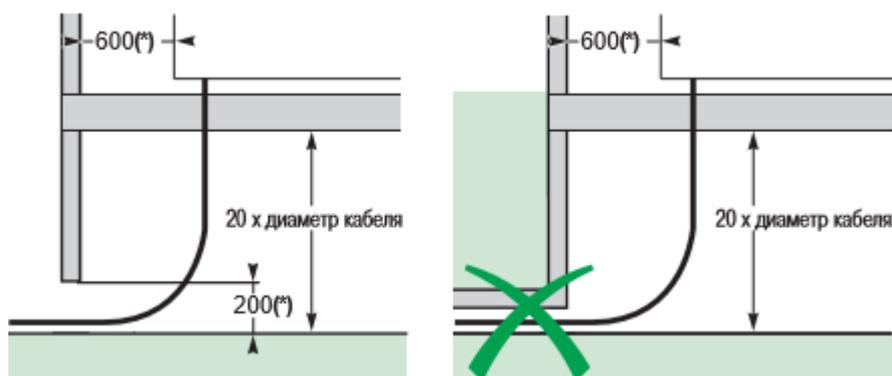


Рисунок 7.8- Ввод кабелей

Заключение

В результате выполнения бакалаврской работы было спроектировано и рассчитано электрооборудование и электрохозяйство кондитерской фабрики.

При этом:

- определены расчётные нагрузки электроприемников кондитерской фабрики;
- для расчета искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока применено ПО DIALux;
- выбраны и составлены электрические схемы электроснабжения;
- выбраны трансформаторы ТП по активной мощности с учётом компенсации реактивной мощности;
- выбрано и рассчитано внутрицеховое электрооборудование, защитная аппаратура.

Разработана технология монтажа РУ 10 кВ и методика установки микропроцессорного максимального токового реле типа MPRB 99-1.0-GF.

При проектировании были учтены нормы и требования, предъявляемые ПУЭ.

Список используемых источников

1. Вахнина, В.В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.
2. Кудрин, Б.И. Электроснабжение : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. "Электроэнергетика и электротехника" / Б. И. Кудрин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Академия, 2012. - 351 с.
3. Шлейников, В.Б. Электроснабжение силовых электроприемников цеха промышленного предприятия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Б. Шлейников, Т. В. Сазонова. - Оренбург : ОГУ, 2012. - 110 с.
4. Вахнина, В.В., Проектирование осветительных установок: учебное пособие / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко, Т.А. Рыбалко, О.В. Самолина. – Тольятти: ТГУ, 2014. - 117 с.
5. Коробов, Г.В. Электроснабжение : курсовое проектирование : учеб. пособие для вузов / Г. В. Коробов, В. В. Картавцев, Н. А. Черемисинова ; под общ. ред. Г. В. Коробова. - Изд. 3-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 191 с.
6. Шаповалов, С.В. Энергосбережение и энергосберегающие технологии : учеб. пособие / С. В. Шаповалов, О. В. Самолина, Н. А. Шаповалова ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2012. - 98 с.
7. Электроснабжение : расчет токов короткого замыкания [Электронный ресурс] : метод. указания к практ. и курсов. работам / Липецкий государственный технический университет ; сост. Т. В. Синюкова. - Липецк : ЛГТУ, 2014. - 46 с.
8. Тараканов, В.П. Информационно-измерительная техника и электроника. Электрические измерения в системах электроснабжения : учеб.-

метод. пособие / В. П. Тараканов, М. С. Макеев ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 87 с.

9. Стрельников, Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. А. Стрельников. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 100 с.

10. Юндин, М.А. Курсовое и дипломное проектирование по электроснабжению сельского хозяйства : учеб. пособие для студентов аграр. вузов, обуч. по направлению 110300 "Агроинженерия" / М. А. Юндин, А. М. Королев. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2016. - 319 с.

11. Данилов, М.И. Инженерные системы зданий и сооружений [Электронный ресурс] : (электроснабжение с основами электротехники) : учеб. пособие / М. И. Данилов, И. Г. Романенко ; Сев.-Кавказ. федерал. ун-т. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 223 с.

12. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - 4-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2014. - 648 с.

13. Электроснабжение строительных площадей [Электронный ресурс] : метод. указания / сост. В. В. Резниченко, Б. Н. Воронков. - Санкт-Петербург : СПбГАСУ : ЭБС АСВ, 2014. - 33 с.

14. Шукуров, И.С. Инженерные сети [Электронный ресурс] : учебник / И. С. Шукуров, И. Г. Дьяков, К. И. Микири. - Москва : МГСУ : ЭБС АСВ, 2016. - 278 с.

15. Конюхова, Е.А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. А. Конюхова. - Москва : Русайнс, 2016. - 159 с.

16. Сивков, А.А. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Сивков, Д. Ю. Герасимов, А. С. Сайгаш ; Томский политехнический университет. - 2-е изд., доп. - Томск : ТПУ, 2014. - 173 с.

17. Электроснабжение : выбор и проверка токоведущих частей и коммутационных аппаратов [Электронный ресурс] : метод. указания к практ. и курсов. работам / Липецкий государственный технический университет ; сост. Т. В. Синюкова. - Липецк : ЛГТУ, 2014. - 63 с.

18. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учеб. для студентов вузов, обуч. по курсу "Электрооборудование и электроснабжение пром. предприятий / Т. В. Анчарова, М. А. Рашевская, Е. Д. Стебунова. - 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Москва : Форум : [ИНФРА-М], 2016. - 414 с.

19. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 78 с.

20. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений" / Э. А. Киреева. - Гриф УМО. - Москва : КНОРУС, 2016. - 233 с.

21. Быстрицкий, Г.Ф. Электроснабжение. Силовые трансформаторы : учеб. пособие для акад. бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий, Б. И. Кудрин. - 2-е изд., испр. и доп. ; гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 173, [1] с.

22. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. Н. Ополева. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2016. - 416 с.

23. Онищенко, Г.Б. Силовая электроника : силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения : учеб. пособие для бакалавров и магистров / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 121 с.

24. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по

направлению подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Э. А. Киреева. - 2-е изд., стер. ; Гриф УМО. - Москва : КНОРУС, 2016. - 368 с.

25. Cyclohexanol and Cyclohexanone. Chemical Economics Handbook / [Electronic resource] URL: <https://www.ihs.com/products/cyclohexanol-chemical-economics-handbook.html> Published January 2016.

26. Cyclohexanone. National Center for Biotechnology Information/ [Electronic resource] URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/cyclohexanone#section=Top>, june 2012/

27. Rudy Agustriyanto and Akbarningrum Fatmawati. Model of Steady State Cyclohexane Oxidation for Ketone-Alcohol (K-A) Oil Production. September 2014 , Vol. 18 , No. 3 / [Electronic resource] URL: https://www.researchgate.net/publication/68210173_Model_of_Steady_State_Cyclohexane_Oxidation_for_Ketone-Alcohol_K-A_Oil_Production Article , September 2014.

28. ECONOMIC IN ECOLOGY. Catalytic waste gas and exhaust air purification. / [Electronic resource] URL: http://www.ewk.de/fileadmin/PDF/Pros_Catalytic_waste.pdf

29. Waste gas catalysis / [Electronic resource] URL: <https://translate.google.ru/translate?hl=ru&sl=en&tl=ru&u=http%3A%2F%2Fwww.harbauer-berlin.de%2Fprocesses%2Fwaste-gas-catalysis%2F%3D%3D&anno=2>