

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию электроснабжения завода.

Выпускная работа состоит из несколько логически связанных частей, которые представляют собой краткое описание технологического процесса; расчет силовых электрических нагрузок; расчет освещения; расчет токов КЗ, выбор трансформаторов; выбор системы уравнивания потенциалов, выбор электрооборудования; выбор кабеля.

Особое внимание уделяется расчету освещения. В рамках этого раздела выполняется выбор осветительных установок по всему производству.

При выполнении выпускной квалификационной работы использовано актуальное программное обеспечение. В частности, расчет освещения произведен с помощью специализированной компьютерной программы DIALux.

При подборе электрооборудования использовалась современная нормативная база. Выбор осветительных установок произведен согласно нормам освещенности рабочих мест (СНиП).

Бакалаврская работа состоит из 54 страниц, 1 приложения, графической части на 6 листах А1.

ABSTRACT

The title of the given graduation work is «Development of power supply system of a plant for the production and bottling of wine products».

This graduation work deals with the is design of electrical networks of the plant, selection of electrical equipment and protection systems, etc.

The aim of the work is reline power supply of the plant. So the actual tasks are uninterrupted providing electric equipment according to the modes of their work; safety of employees of the enterprise; rational and economic use of the electric power, namely decrease in a jet component, reduction of losses of tension and so on.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are short description of technological process; calculation of power electric loadings; lighting calculation; the choice of number and power of transformers taking into account compensation of jet power; choice of the electric equipment; choice of a cable; calculation of currents of short circuit.

It is worth paying attention to the calculation of lighting. The choice of lighting systems throughout the production, was made using the software DIALux. Calculation of lighting systems was made according to the norms of illumination of workplaces. The DIALux lighting calculation software is one of the best software for precise calculation of artificial lighting on the market of similar Software.

The diploma paper consists of 54 pages, 1 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Анализ особенностей предприятия	8
2. Расчет силовых электрических нагрузок	9
3. Расчет освещения	16
4. Выбор трансформатора	20
5. Выбор электрического оборудования	28
6. Выбор кабеля	35
7. Расчет токов КЗ	41
8. Система уравнивания потенциалов	44
Заключение	50
Список используемых источников	51

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашем регионе вводится в строй завод по производству и розливу винной продукции. Это – современное, весьма крупное предприятие, оснащенное высокопроизводительным технологическим оборудованием. На рис. 1 представлен план данного предприятия. Откуда видно, что в составе предприятия имеется около 50 цехов и помещений. Основными из них являются:

- винцех;
- помещение розлива;
- резервуарная склад хранения;
- варочное отделение;
- подготовительное отделение;
- отделение осветления и концентрирования;
- отделение асептического консервирования и т.д.

Винный завод отличается определенной спецификой:

- технологический цикл подготовки и получения готовой продукции требует определенного температурного режима;
- имеет место цикличность производства продукции (загрузка, брожение, фильтрация, отстаивание и т.д.);
- требуется определенный режим освещения, а именно не должно быть попадания прямых солнечных лучей;
- необходима автоматизация процессов загрузки, разгрузки, складирования и т.п.
- имеются своеобразное оборудование, работающее на напряжении до 0,4кВ: компрессоры, автомат розлива, укупорочную машину, фильтр-пресс, аппликатор для нанесения самоклеящихся этикеток, оборудование термической обработки, холодильное оборудование, упаковочные машины, транспортер, насосы стационарные и передвижные, аккумуляторные станции

для заряда погрузчиков, коллероварочные машины, миксеры и прочее вспомогательное оборудование.

Кроме того, чтобы продукция данного предприятия обладала высокой конкурентоспособностью, не должно быть нарушений технологического процесса, что требует бесперебойного электроснабжения электрооборудования [8,9,16].

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы – обеспечение надежной работы электрооборудования завода по производству и розливу винной продукции за счет разработки системы электроснабжения.

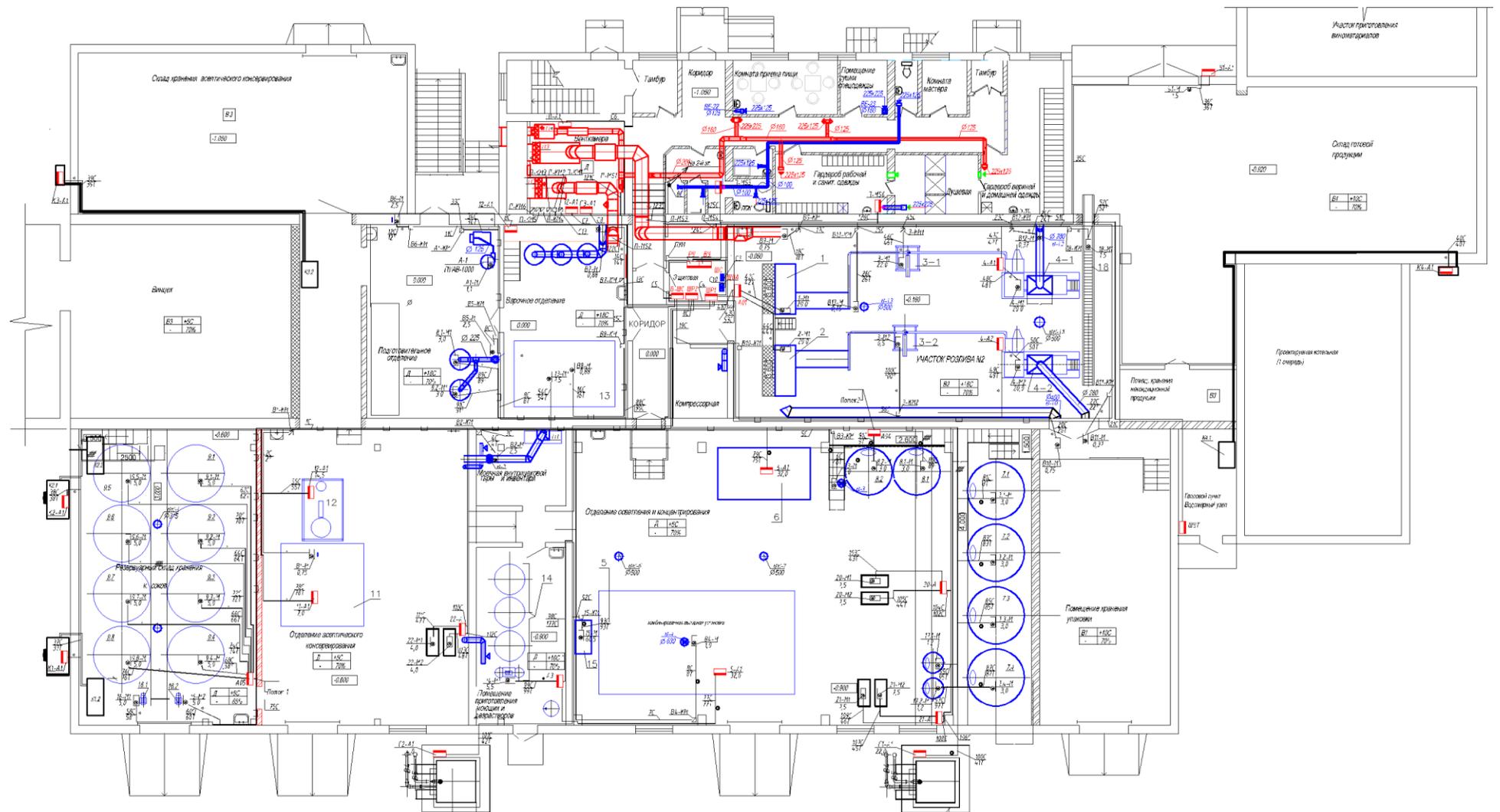


Рисунок 1 – План предприятия по розливу винной продукции

1 Анализ особенностей предприятия

Ранее были показаны основные цеха предприятия. На их площадях размещается масса разнообразных электроустановок.

В частности, в цехе розлива располагается холодильно-компрессорное оборудование, здесь же собирают приемный бункер из нержавеющей стали с одним продольным шнеком. А также на винзаводе используются следующие виды и типы оборудования: автоматы розлива, модуль асептической стерилизации, этикировщики, групповые упаковщики, роликовые транспортеры, станции приготовления, фильтровальное и насосное оборудование, выпарная установка, градирня, реакторы для бентонита, СИП-мойка и т.д. [10-12,17,18].

Кроме того, в каждом цехе имеется искусственное освещение и вентиляция.[20]

Перечисленное оборудование необходимо учесть при проектировании электроснабжения предприятия. Таким образом, в данной выпускной квалификационной работе будут решаться следующие задачи:

- расчет силовых нагрузок;
- расчет освещения;
- расчет токов КЗ;
- выбор трансформатора;
- выбор электрического оборудования;
- выбор кабеля.

2 Расчет силовых электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок выполним согласно рекомендациям «Расчет и проектирование схем электроснабжения» по методу упорядоченных диаграмм и методу коэффициента спроса. Для расчета разделим все электроприемники на питаемые от В-ШС; ШР-1; ШР-2; ЩО; ЩОА.

Проведем расчет нагрузки на примере ШР1, автомата розлива.

1. Найдем суммарную мощность:

$$P_{n\Sigma} = P_1 + P_2 = 20 + 20 = 40 \text{ кВт.} \quad (2.1)$$

На рассматриваемых электрприемниках работа ведется с минимальными перерывами, поэтому их коэффициент использования $K_{и}=0,7$; $\cos\varphi = 0,75$; $\operatorname{tg}\varphi=0,88$.

2. Определим активную среднесменную мощность:

$$P_{см} = P_{n\Sigma} \cdot K_{и} = 40 \cdot 0,7 = 28 \text{ кВт.} \quad (2.2)$$

3. Определим реактивную среднесменную мощность:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 28 \cdot 1,02 = 24,69 \text{ кВАр.} \quad (2.3)$$

Расчет нагрузок остальных электроприемников (ЭП) (модуль асептической стерилизации, этикировщики, групповые упаковщики, роликовые транспортеры, станции приготовления, фильтровальное и насосное оборудование, выпарная установка, градирня, реакторы для бентонита, СИП-мойка и т.д.) выполняется так же как показано выше. В таблицы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 занесены расчетные данные.

Групповой коэффициент использования рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{игр}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{n\Sigma}} = \frac{105,5}{165,5} = 0,65. \quad (2.4)$$

Отношение максимальной к минимальной номинальной мощности электроприемников:

$$m = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} = \frac{20}{0,5} = 40 > 3. \quad (2.5)$$

Рассчитаем групповой $\text{tg}\varphi$ угла между током и напряжением:

$$\text{tg}\varphi_{\text{гр}} = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{149,5}{88,4} = 0,93. \quad (2.6)$$

Определим эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$, по таблице, находим, что $K_{\text{м}}=1,22$ при $K_{\text{игр}}=0,65$.

Для определения $n_{\text{э}}$ используем формулу:

$$n_{\text{э}} = \frac{(P_n)^2}{P_n^2} = 12. \quad (2.7)$$

Посчитаем расчетную активную мощность:

$$P_{\text{р}} = \sum P_{\text{см}} \cdot K_{\text{м}} = 108,85 \cdot 1,22 = 132,7 \text{ кВт}. \quad (2.8)$$

Рассчитаем расчетную реактивную мощность:

$$Q_{\text{р}} = \sum P_{\text{см}} = 101,28 \text{ квар}. \quad (2.9)$$

Вычисляем полную расчетную мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{132,7^2 + 101,28} = 167 \text{кВА.} \quad (2.10)$$

Посчитаем расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{1,7 \cdot 0,4} = \frac{167}{1,7 \cdot 0,4} = 245,6 \text{А} \quad (2.11)$$

Для В-ШУ1 и прочих линий расчет электрических нагрузок выполним по методу коэффициента спроса из-за большого количества мелкого оборудования. «Для электроприемников значения коэффициентов спроса определены из опыта эксплуатации и при проектировании принимаются по справочным материалам» [1].

Расчетную активную P_p , реактивную Q_p и полную S_p нагрузки определяем по формулам:

$$P_p = \sum P_n \cdot K_c, \quad (2.12)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.13)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.14)$$

После расчетов все полученные данные занесём в таблицы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5.

Таблица 2.1 – Расчет нагрузок по ШР1

Обозначение на схеме	Наименование ЭП	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$, кВт	$K_{и}$	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\varphi$	m	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, квар	$n_э$	K_M	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВ·А	I_p
1-М1, 2-М1	Автомат розлива	20	2	40	0,7	0,75	0,88		28	24,69						
13-М1	Модуль асептической стерилизации	17	1	17	0,6	0,7	1,02		10,2	10,4						
3-М1, 3-М2	Этикировщик	0,5	2	1	0,7	0,75	0,88		0,7	0,61						
4-М1, 4М2	Групповой упаковщик	20	2	40	0,6	0,75	0,88		24	21,16						
18-М1	Транспортер-рольганг	1,5	2	3	0,6	0,65	1,16		1,8	2,1						
12-А1	Станция приготовление восстановление соков	14,5	1	14,5	0,7	0,8	0,75		10,15	7,61						
16-М1, 16-М2	Насос для концентрата	5	2	10	0,6	0,7	1,02		6	6,12						
9,1-М...9,8-М	Сборник концентрата	5	9	40	0,7	0,7	1,02		28	28,56						
С4	Итого по ШР1	20/0,5	21	165,5	0,65	0,73	0,93	>3	108,85	101,28	12	1,22	132,79	101,28	167,01	245,61

Таблица 2.2 – Расчет нагрузок по ШР2

Обозначение на схеме	Наименование ЭП	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$, кВт	K_n	$\cos\phi$	$tg\phi$	m	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, квар	$n_э$	K_M	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВт·А	I_p
5-А1	Выпарная установка	32	1	32	0,75	0,95	0,32		24	7,88						
11-А1	Моноблок асептического розлива	7	1	7	0,8	0,7	1,02		5,6	5,71						
6-А1	Ультрафильт-рационная установка	42,5	1	42,5	0,85	0,8	0,75		36,12	27,09						
7,1-М1...7,4-М1; 8,1-М1; 8,2-М1	Привод мешалки	3	6	18	0,7	0,7	1,02		12,6	12,85						
17,1-М; 17,2-М	Реактор для бентонита	1,2	2	2,4	0,75	0,75	0,88		1,8	1,58						
14-М	СИП-мойка	5,5	1	5,5	0,8	0,7	1,02		4,4	4,4889						
Г1-А1	Градирня ГРАД-400	22	1	22	0,75	0,65	1,16		16,5	19,29						
Г2-А1	Градирня ГРАД-60м	4	1	4	0,75	0,65	1,16		3	3,5						
20-М1; 20-М2; 21-М1; 21-М2	Насос 1	7,5	4	30	0,7	0,8	0,75		21	15,75						
22-М1; 22-М2	Насос 2	4	2	8	0,7	0,8	0,75		5,6	4,2						
С9	Итого по ШР2	42,5/1,2	20	171,4	0,76	0,78	0,78	35,4	130,63	102,37	9	1,2	156,75	102,37	187,21	275,32

Таблица 2.3 – Нагрузок венткамеры

Обозначение на схеме		P_H , кВт	k_C	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВт·А	I_p , А
C13	П-КМ1 (П-MS1)	0,2							
C14	П-КМ2 (П-MS2)	0,2							
C15	П-КМ3 (П-MS3)	0,2							
C16	П-КМ4 (П-MS4)	0,2							
C17	П-КМ5 (П-MS5)	0,2							
C18	П-КМ6 (П-MS6)	0,2							
AE204 4M	Всего:	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,05	2,2

Таблица 2.4 – Расчет полной нагрузки по предприятию

Обозначение на схеме	Наименование	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВт·А	I_p , А
C4	ШР1	132,79	101,28	167,01	245,61
C9	ШР2	156,75	102,37	187,21	275,32
AE2044M	Вент камера	0,84	0,63	1,05	2,2
C5	В-ШУ1	41,74	36,73	55,59	81,7
C6	П1-ШУ	6,9	3,31	7,65	14
C7	П2-ШУ	6,3	3,02	6,98	12
C8	П3-ШУ	3,2	1,5	4	6,4
C11	ШУТ	2	0,96	2,21	4
C3,C10	Осветительная нагрузка	8	2,8	8,47	12,45
Всего с освещением:		358,52	252,6	438,56	644,95
Всего с дополнительной нагрузкой:		624,5	339,6	710,86	1045,3

Таблица 2.5 – Расчет нагрузок по коэффициенту спроса

Наименование	Обозначение на схеме	P_n , кВт	k_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВт · А	I_p , А
В-ШУ1									
Система В1	В1-М1	0,75							
Система В2	В2-М1	0,3							
Система В3	В3-В1	3							
Система В4	В4-М1	3							
Система В5	В5-М1	0,3							
Система В6	В6-М1	0,12							
Система В7	В7-М1	0,37							
Система В8	В8-М1	0,75							
Система В9	В9-М1	0,75							
Система В10	В10-М1	0,75							
Система В11	В11-М1	0,37							
Система В12	В12-М1	0,37							
Система В13	В13-М1	0,75							
Система В14	В14-М1	0,16							
Система В15	В15-М1	0,16							
Система А1	А1-М1	1,1							
Система У1	У1-М1	1,5							
Система К1	К1-А1	11,1							
Система К2	К2-А1	11,1							
Система К3	К3-А1	6,5							
Система К4	К4-А1	6,5							
Итого по В-ШУ1	С5	49,7	0,8 4	0,7 5	0,88	41,74	36,73	55,59	81,7
П1-ШУ	С6	8,62	0,8	0,9	0,48	6,9	3,31	7,65	14
П2-ШУ	С7	7,87	0,8	0,9	0,48	6,3	3,02	6,98	12
П3-ШУ	С8	4	0,8	0,9	0,48	3,2	1,5	4	6,4
ШУТ	С11	2,5	0,8	0,9	0,48	2	0,96	2,21	4

3 Расчет освещения

Согласно нормативным документам освещение цехов предприятия бывает 4-х основных типов.

1. «Рабочее – должно обеспечивать условия работы в соответствии с СНИП» [2].

«2. Аварийное – должно включаться при аварийном отключении рабочего освещения с целью продолжения функционирования рабочих мест (предусматривается для объектов с потребителями I и II категории надежности электроснабжения).

3. Эвакуационное – должно включаться при аварийном отключении рабочего освещения с целью эвакуации персонала с территории цеха.

4. Дежурное освещение – должно обеспечивать освещение цеха и прилегающей к нему территории в нерабочее время (в качестве дежурного освещения может применяться и рабочее освещение» [3].

Расчет освещения может проводиться по методике, представленной в учебном пособии [3]. В этом случае необходимое количество светильников определяется на основе коэффициента использования светового потока. Сначала требуется определить коэффициент, зависящий от размеров помещения и высоты расположения светильников.

$$i = \frac{A \cdot B}{(H - h_c - h_p) \cdot (A + B)}, \quad (3.1)$$

где H – высота помещения, м,

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности, м,

h_c – расстояние от потолка до уровня нахождения светильников, м,

A – длина помещения, для которого проводится расчет освещения, м,

B – ширина помещения, для которого проводится расчет освещения, м.

Далее на основе данных о требуемой горизонтальной освещенности E , измеряемой в люксах, светового потока одной лампы $\Phi_{л}$ в люменах и с учетом площади рассчитываемого участка освещения S в кв. м определяют требуемое количество светильников:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot k}{\eta \cdot n_{л} \cdot \Phi_{л}}, \quad (3.2)$$

где k – коэффициент запаса;

$n_{л}$ – количество ламп в светильнике.

Однако точного расчета искусственного освещения расчет осветительной нагрузки лучше выполнить в программе DIALux evo 7.1, которая сейчас все чаще используется для этих целей.

Результаты расчетов, полученные в среде DIALux, приведены в приложении А.

Для освещения выбираем следующие светильники:

– Светильник TRL 236 IP. На рисунке 3.1 изображен светодиодный светильник – аналог влагозащищенного светильника типа ЛСП с люминесцентными лампами. Предназначен для освещения цехов, магазинов, складских и промышленных помещений, автомобильных паркингов. Может устанавливаться как на плоскую поверхность, так и подвешиваться на тросах. Комплектуется матовым рассеивателем, что исключает возможное ослепление и блики. Возможна комплектация с аварийным блоком питания [13].



Рисунок 3.1 – Светильник TRL 236 IP

Таблица 3.1 – Технические характеристики светильника TRL 236 IP

Напряжение питания, переменное	180-240В
Мощность потребления не более	40Вт
Световой поток	3600лм
Цветовая температура	4000К
Cos, φ	≥0,95
Степень защиты IP	65
Габаритные размеры	1200 □ 110 □ 90

– Светильник TRL PROM 50. На Рисунке 3.2 изображен светодиодный светильник предназначен для освещения промышленных помещений. Светильник пригоден для установки в помещениях с повышенной степенью влажности и запыленности. Корпус изготовлен из анодированного алюминия, рассеиватель из ударопрочного поликарбоната [14].



Рисунок 3.2 – Светильник TRL PROM 50

Таблица 3.2– Технические характеристики светильника TRL PROM 50

Напряжение питания, переменное	180-240В
Мощность потребления не более	50Вт
Световой поток	6500лм
Цветовая температура	4000К
Cos, φ	≥0,95
Степень защиты IP	65
Габаритные размеры	610 □ 76 □ 80

Суммарная активная мощность составила: $P_{\text{осв.}} = 8 \text{ кВт}$.

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 8 \cdot 0,32 = 2,8 \text{ кВАр} \quad (3.3)$$

Полную суммарную нагрузку

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{8^2 + 2,8^2} = 8,47 \text{ кВА}. \quad (3.4)$$

Суммарный ток рассчитываем по формуле:

$$I_{\text{осв}} = \frac{8,47}{1,7 \cdot 0,4} = 12,45 \text{ А}. \quad (3.5)$$

4 Выбор трансформатора

Выбираем комплектную трансформаторную подстанцию 10/0,4 кВ киоскового типа. КТП наружной установки киоскового типа (КТПНК) для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и напряжением классов 10кВ и 0,4 кВ.

КТПН имеет воздушный или кабельный ввод на стороне высокого напряжения (ВН). Выход на стороне низкого напряжения (НН) также бывает, как воздушным, так и кабельным. В общем случае КТПН этого типа может иметь одно- или двух трансформаторное исполнение.

КТПНК применяются в системе электроснабжения промышленных предприятий, коттеджных поселках, объектах народного хозяйства. КТПНК представляет собой металлический корпус, выполненный из листовой стали толщиной 1,5-2,5 мм. Имеет двери с каждой стороны. Внутри помещения располагается три блока:

- 1- блок распределительного устройства высокого напряжения - РУВН;
- 2- блок силового трансформатора;
- 3- блок распределительного устройства низкого напряжения - РУНН.

Напряжение на РУВН подается через выключатель нагрузки или разъединитель и предохранители на выводы силового трансформатора. Пониженное напряжение 0,4 кВ подается через рубильник или автоматический выключатель на сборные шины.

На панели РУНН имеется: вводной рубильник, трансформаторы тока, сборные шины, к которым присоединены коммутационные устройства отходящих линий, аппаратура защиты, учета и управления наружным освещением.

Учет расхода электроэнергии производится на шинах 0,4 кВ. Панель управления уличным освещением работает автоматически по сигналу встроенного фотореле.

Двухтрансформаторные подстанции представляют собой блок одиночных киосков, связь между которыми обеспечивается при помощи шинных переходов.

Корпус КТПН окрашивается высококачественными эмалями, обеспечивающими хороший внешний вид и защиту от коррозии на весь срок эксплуатации.

По суммарной расчётной активной мощности $P_p = 624,5$ кВт выбираем трансформатор.

Потребители вигзавода относятся к I и II категориям надежности электроснабжения. Поэтому выберем два трансформатора. Коэффициент загрузки каждого из них примем равным 0,7.

Рассчитаем мощность одного трансформатора:

$$S_H = \frac{P_p}{K_3 \cdot n_T} = \frac{624,5}{0,7 \cdot 2} = 446,07 \text{ кВА.} \quad (4.1)$$

При выборе трансформатора будем ориентироваться на энергосберегающие варианты исполнения. Для наших целей является приемлемым масляный трансформатор типа ТМГ12. Он служит для преобразования электроэнергии. Применяться как для наружной, так и для внутренней установки в умеренных климатических условиях, с температурой окружающей среды, начиная от -45°C , включая температуру в $+40^\circ\text{C}$.

Преимуществом рассматриваемого типа трансформатора является также то, что он выполнен с учетом рекомендаций Европейского комитета электротехнической стандартизации (CENELEC). Это означает, что потери х.х. и к.з. значительно снижены относительно электромеханических преобразователей других серий. В дальнейшем это позволяет значительно

уменьшить расходы на электроэнергию и оправдать затраты. Достоинством ТМГ12 является также малозумность. Это – положительный фактор с точки зрения экологичности предприятия.

Силовой трансформатор ТМГ12 – это энергоэффективный трансформатор.

Силовые масляные трансформаторы ТМГ12 имеют преимущества:

Положением ОАО "Россети" о единой технической политике в электросетевом комплексе определено применять на распределительных ТПБ-35/0,4 кВ силовые трансформаторы с уменьшенными потерями и массогабаритными параметрами.

Подтвердить отмеченное выше высказывание можно следующими сведениями из опубликованных данных.

«Трансформаторы ТМГ12 обладают уменьшенными потерями электроэнергии и имеют:

- низкий уровень потерь холостого хода и короткого замыкания из всех серийно выпускаемых трансформаторов аналогичного назначения, что позволяет существенно уменьшить затраты электроэнергии в процессе эксплуатации оборудования» [4].

- улучшенные шумовые характеристики.

Трансформаторы силовые ТМГ12 сохранили лучшие качества трансформаторов ТМГ и ТМГ11:

- «ввод нейтрале обмотки НН рассчитан на продолжительную нагрузку номинальным током, что соответствует последним требованиям МЭК и значительно повышает надежность масляных трансформаторов при несимметричных нагрузках;

- герметичное исполнение масляных силовых трансформаторов в гофрированном баке в сочетании с глубокой предварительной дегазацией трансформаторного масла и его заливкой под очень глубоким вакуумом обеспечивают высокую электрическую прочность главной и продольной изоляции, исключают необходимость:

- обслуживания при хранении и эксплуатации на протяжении всего срока службы;
- взятия проб и лабораторных испытаний трансформаторного масла;
- регенераций трансформаторного масла»
- Масляные энергосберегающие трансформаторы ТМГ-12 служат не менее 25 лет. Гарантия - 5 лет с даты выпуска на каждый трансформатор» [4].

Таблица 4.1 – Технические характеристики трансформатора ТМГ12-630/10 У1(ХЛ1)

Номинальное напряжение трансформатора, КВ		Схема соединения обмоток	Потер и х.х., Вт	Потер и к.з., Вт	Напряжение к.з., %	Размеры трансформатора, мм			Масса трансформатора, кг
ВН	НН					L	B	H	
10	0,4	У/У _Н -0 Д/У _Н -11	800	6750	5,5	1390	1000	1710	1870

Вычислим активные и реактивные потери мощности в трансформаторе.

Активные потери мощности:

$$\Delta P_T = 2 \cdot P_{\text{хх}} + K_3^2 \cdot P_{\text{кз}} = 2 \cdot 0,8 + 0,7^2 \cdot 6,75 = 8,215 \text{ кВт.} \quad (4.2)$$

Реактивные потери мощности:

$$\Delta Q_T = 2 \cdot I_{\text{хх}\%} + K_3^2 \cdot U_{\text{кз}\%} \cdot \frac{S}{100}, \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot 0,7 + 0,7^2 \cdot 5,5 \cdot \frac{630}{100} = 42,77 \text{ квар.}$$

Вычислим общую активную нагрузку с учетом активных потерь в трансформаторе:

$$P_{\text{общ}} = P_p + \Delta P_T = 624,5 + 8,215 = 632,7 \text{ кВт.} \quad (4.4)$$

Вычислим реактивную нагрузку с учетом реактивных потерь в трансформаторе:

$$Q_{\text{общ}} = Q_p + \Delta Q_T = 339,6 + 42,77 = 382,37 \text{ квар.} \quad (4.5)$$

Рассчитаем реактивную мощность в часы минимума нагрузки:

$$Q_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{2} = \frac{382,37}{2} = 191,185 \text{ квар} \quad (4.6)$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{\text{Э1}} = Q_{\text{общ}} - 0,7 \cdot Q_{\text{сд}} = 382,37 - 0,7 \cdot 0 = 382,37 \text{ квар;} \quad (4.7)$$

$$Q''_{\text{Э1}} = a \cdot P_{\text{общ}} = 0,28 \cdot 632,7 = 177,15 \text{ квар.} \quad (4.8)$$

Принимаем меньшее из значений из-за понижения напряжения в часы максимальных нагрузок:

$$Q_{\text{Э1}} = 177,15 \text{ квар.}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{Э2}} = Q_{\text{min}} = 191,18 \text{ квар;} \quad (4.9)$$

$$Q''_{\text{Э2}} = Q_{\text{min}} - Q_{\text{общ}} - Q_{\text{Э1}} ;$$

$$Q''_{\text{Э2}} = 191,18 - 382,37 - 177,15 = -14,04 \text{ квар.}$$

Принимаем большее из значений из-за повышения напряжения в часы минимальных нагрузок:

$$Q_{Э2}=191.18 \text{ квар.}$$

Суммарную мощность компенсирующих устройств (КУ) рассчитываем по формуле:

$$Q_{куmin} = Q_{min} - Q_{Э2} = 191,18 - 191,18 = 0 \text{ квар.} \quad (4.10)$$

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

$$Q_{Эн} = Q_{Э1} - Q_{общ} - Q_p, \quad (4.11)$$

$$Q_{Эн} = 171,15 - 382,37 - 339,6 = 128,38 \text{ квар.}$$

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

$$Q_T = \sqrt{(n \cdot K_3 \cdot S_T)^2 - P_p^2}, \quad (4.12)$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0.7 \cdot 630)^2 - 624.5^2} = 622.83 \text{ квар.}$$

Мощность компенсирующих устройств, устанавливаемых на стороне до 1 кВ:

$$Q_{кун} = Q_p - Q_T = 339,6 - 622,83 = -283.23 \text{ квар.} \quad (4.13)$$

Мощность компенсирующих устройств, которые могут быть установлены на стороне 10 кВ:

$$Q_{\text{КУ В}} = Q_{\text{КУ max}} - Q_{\text{КУ Н}} = 1,1 \cdot 339,6 - 191,18 = 182,38 \text{ квар}; \quad (4.14)$$

$$Q_{\text{КУ В}} = 182,38 - 0 = 182,38 \text{ квар.}$$

Установка батареи конденсаторов(БК), на стороне 10 кВ нецелесообразна, так как $Q_{\text{КУ}} < 800$ квар.

Приведенные затраты на установку трансформаторной подстанции (ТП):

$$Z_{\text{ТП}} = n \cdot E \cdot K_{\text{ТП}} + C \cdot \Delta P_{\text{T}}, \quad (4.15)$$

где $n=2$;

$E=0,223$ – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в ТП,
 $K_{\text{ТП}}=330682$ руб. – стоимость трансформатора, $C \cdot P_{\text{T}}$ - стоимость активных потерь мощности в трансформаторах.

$$C \cdot \Delta P_{\text{T}} = C_0 \cdot P_{\text{ХХ}} + C \cdot K_3^2 \cdot P_{\text{КЗ}}, \quad (4.16)$$

где C_0 – удельная стоимость потерь холостого хода трансформатора,

C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь, определяются по выражениям:

$$C_0 = \frac{\alpha}{T_{\text{М}}} + \beta \cdot 10^{-2} \cdot T_{\text{р}}; \quad (4.17)$$

$$C = \frac{\alpha}{T_{\text{М}}} + \beta \cdot 10^{-2} \cdot \tau, \quad (4.18)$$

где α – плата за 1 кВт максимальной нагрузки;

β – дополнительная плата за 1 кВт ч потребленной электроэнергии;

$T_{\text{М}}$ – время использования максимальной нагрузки предприятия в год, принимается равным 4450ч.;

T_p – время работы трансформатора в году, принимается равным 8760ч;

τ – время максимальных потерь.

$$\tau = \left(\frac{0,124+T_M}{10000}\right)^2 \cdot T_p = \left(\frac{0,124+4450}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 1720,9 \text{ час.}; \quad (4.19)$$

«Для Самарской области $a = 1175$ руб./кВт, $\beta = 1,1$ руб./кВт час» [5].

Тогда:

$$C_0 = \frac{1175}{4450} + 1,1 \cdot 8760 = 118 \text{ руб./кВт} \cdot \text{год};$$

$$C = \frac{1175}{4450} + 1,1 \cdot 1720,9 = 23,47 \text{ руб./кВт} \cdot \text{год};$$

$$Z_{\text{ТП}} = 2 \cdot 0,233 \cdot 330682 + 121,17 = 154483,4 \text{ руб.}$$

5 Выбор электрического оборудования

Для защиты электрооборудования и распределения электроэнергии выбираем ВУ/ВРУ-TN2-11-10УХЛ4 и РУ/ВРУ-TN2-47-00УХЛ4. Внешний вид ВРУ показан на рисунке 5.1. Так же на Рисунке 5.2 показана схема подключения. «Вводное-распределительное устройство предназначено для приема, распределения и учета электрической энергии напряжением 380В трехфазного переменного тока частотой 50Гц в четырех- и пяти- проводных электрических сетях с системами заземления TN-C, TN-C-S, TN-S, и обеспечивают защиту отходящих линий при перегрузках и коротких замыканиях»



Рисунок 5.1 – Внешний вид ВРУ

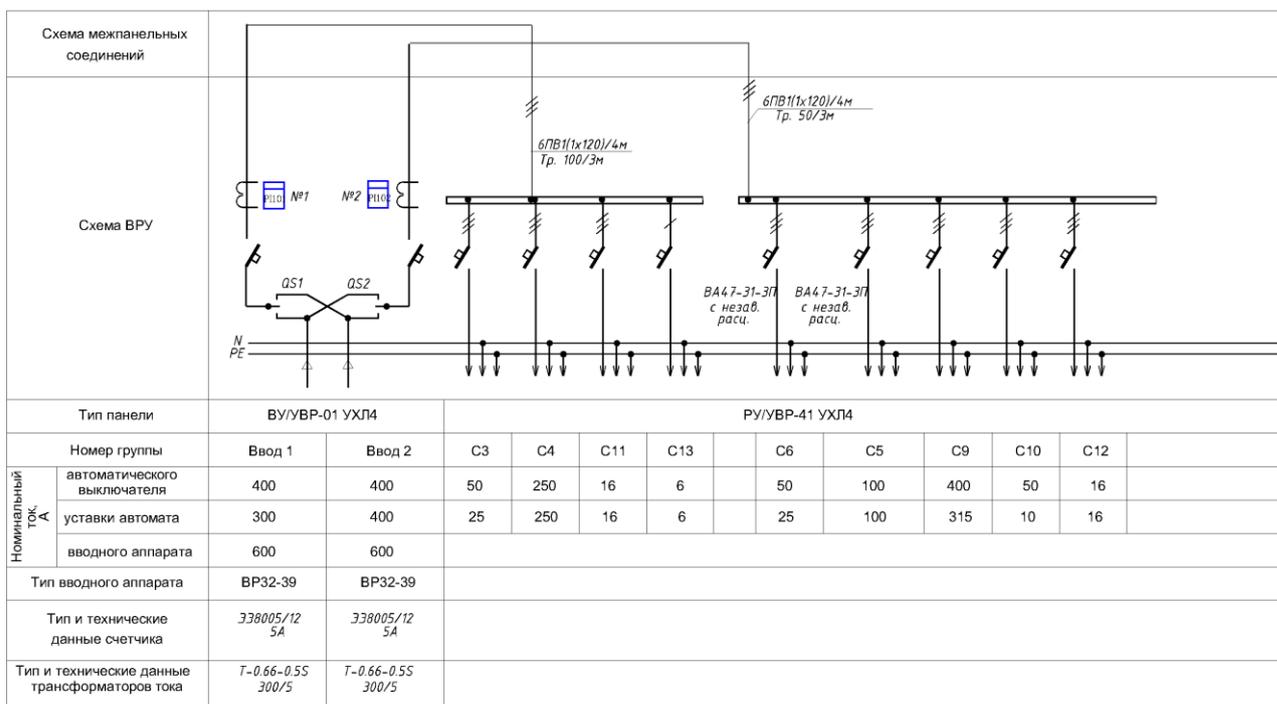


Рисунок 5.2 – Схема подключения в ВРУ

«Вводные панели ВРУ имеют: отделение учета, в котором устанавливаются трансформаторы тока; трехфазный счетчик; приборы контроля тока и напряжения; отделение ввода, в котором устанавливаются рубильники (переключатели), предохранители» [31].

Важно, что в комплект распределительных панелей заодно входят автоматические выключатели, электромагнитные пускатели, устройства защитного отключения (УЗО) и некоторые другие коммутационные устройства, которые требуются для подключения промышленного электрооборудования напряжением до 1кВ.

В распределительных панелях с отделением учета дополнительно устанавливаются трансформаторы тока и счетчик электроэнергии.

Ввод питающих кабелей выполняется снизу, ввод проводов отходящих линий может осуществляться вверх или вниз.

Для распределения электричества по предприятию устанавливаем шкафы управления, распределительные шкафы и щитки. Внешний вид щитов показан на рисунке 5.3.



Рисунок 5.3 – Распределительный шкаф или щит освещения

В конструктивном плане шкафы распределительные (ЩР) – это металлические (пластиковые) шкафы, внутри которых размещена различная коммутационная аппаратура. Вывод и ввод проводов в корпус распределительного устройства может осуществляться и сверху, и снизу с помощью сальников. Силовые распределительные шкафы выполняют функции приема, распределения электроэнергии, а также защищают отходящие линии при коротких замыканиях и перегрузках в сетях с напряжением переменного тока 380/220 В и частотой от 50 до 60 Гц.

«Выбор оборудования и проводников для электрических приемников необходимо производить по номинальному току, а для вводных распределительных устройств и распределительных щитов по расчетному току» [25, 28, 30].

Расчетный ток аппаратов однофазного исполнения находим по следующей формуле:

$$I_p = \frac{P_H}{0.220 \cdot \cos\varphi}, \quad (5.1)$$

Как видно расчет ведется по Номинальной активной мощности электроприёмника – P_H , Вт. При этом учитывается коэффициент, характеризующий потребление активной мощности $\cos\varphi$.

Если электроприемник 3-х фазного исполнения, то формула (5.1) видоизменяется следующим образом:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot 0.380 \cdot \cos\varphi} \quad (5.2)$$

Окончательный выбор аппаратов производится путем проверки следующих критериев.

- Номинальное напряжение устройства должно быть не меньше, чем напряжение сети:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{сет.ном}}$$

- Номинальный ток каждого коммутационного аппарата должен быть не меньше расчетного значения:

$$I_{\text{ном}} \geq I_p$$

- При выборе пускателей для подачи питания на электродвигатели проверяется выполнение следующего критерия:

$$P_{\text{под.доп.}} \geq P_{\text{под.рас.}}$$

-

Кроме того, ведется проверка по ударным токам, токам срабатывания, а для проводников по расчетному и допустимому токам.

- проверка ударного тока выключателей:

$$i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

- проверка тока срабатывания выключателей:

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{п}}$$

- проверка токов проводников:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}$$

Результаты выбора оборудования, выполненные согласно этим критериям, представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Выбор аппаратов

Щит	Наименование и техническая характеристика
ВУ1	Вводное устройство: УВР-01-00УЗ
	- на вводе 1: рубильник-переключатель ВР32-39, 600А-1шт. предохранитель ППН 39, 400А -1шт.
	- на вводе 2: рубильник-переключатель ВР32-39, 600А-1шт. предохранитель ППН 39, 400А-1шт.
	на линии 1- счетчик электронный ЭЭ805/12-380/220В,5А, кл.т.=0,5; с трансформатором тока Т-0.66-0.5S, 300/5.
	на линии 2- счетчик электронный ЭЭ805/12-380/220В,5А, кл.т.=0,5; с трансформатором тока Т-0.66-0.5S, 300/5.
РУ1	Распределительное устройство: УВР-41-00УЗ
	- с авт. выключателями на отходящих линиях: АЕ2046,10А-1шт., АЕ2046,25А-1шт., ВА47-29-3П I _p =16А-2шт., ВА47-29-3П I _p =25А с незав. расц.-1шт., ВА47-31-3П I _p =100А с незав. расц.-1шт., ВА57-35-3П I _p =315А-1шт., ВА57-35-3П I _p =250А-1шт.
В-ШС	Пункт распределительный, 200А, IP21: ПР11-7.014 IP21 УЗ
	- на отходящих линиях: ВА47-29,1Р,1А-2шт., ВА47-29,1Р,2А-3шт., ВА47-29,3Р,1А-1шт., ВА47-29,3Р,2А-1шт., ВА47-29,3Р,3.15А-4шт., ВА47-29,3Р,4А-3шт., ВА47-29,3Р,10А-2шт., ВА47-29,3Р,25А-4шт.

ШР1	Пункт распределительный, 200А, IP21: ПР11-7.014 IP21 УЗ
	<p>- на отходящих линиях:</p> <p>ВА47-29,3Р,6А-2шт., ВА47-29,3Р,10А-2шт., ВА47-29,3Р,16А-10шт., ВА47-29,3Р,16А-10шт., ВА47-29,3Р,31.5А-1шт., ВА47-29,3Р,40А-1шт., ВА47-29,3Р,50А-3шт.</p>
ШР2	Пункт распределительный, 400А, IP21: ПР11-7.013 IP21 УЗ
	<p>- на вводе:</p> <p>ВА51-37,3Р, 315А-1шт.</p> <p>- на отходящих линиях:</p> <p>ВА47-29,3Р,6А-2шт., ВА47-29,3Р,16А-15шт., ВА47-29,3Р,40А-1шт., ВА47-29,3Р,80А-1шт., ВА47-29,3Р,100А-1шт., ВА47-29,3Р,50А-1шт., ВА47-29,3Р,50А-3шт.</p>

6 Выбор кабеля

«Выбор сечения кабелей и проводов является обязательным и очень важным пунктом при монтаже и проектировании схемы любой электрической установки.

Для правильного выбора сечения силового проводника необходимо учитывать величину максимально потребляемого нагрузкой тока.

Питание электроприемников от сети 380/220 В должно выполняться с системой заземления TN-S или TN-C-S, поэтому все кабели, питающие однофазные потребители, должны содержать три проводника: фазный проводник, нулевой рабочий проводник, защитный (заземляющий проводник). В случае с трехфазными потребителями, кабели должны содержать в себе 5 проводников, где 3 из них – фазные, один – нулевой рабочий проводник и еще один – защитный провод. Сечение проводника выбирается из по расчетным значением тока и мощности» [6, 7]

Выбранные кабели представлены в таблицах 6.1, 6.2, 6.3.

На заводе силовые распределительные и групповые сети выполняются кабелем марки АВВГнг открыто по стенам плитам перекрытий, на лотках, скрыто в трубах.

«При прокладке кабеля на винзаводе должны учитываться следующие требования:

- основные трассы кабелей должны располагаться на высоте не менее 2м от уровня пола или площадки обслуживания;
- открыто прокладываемые кабели должны быть удалены от задвижек, и другой технологической арматуры не менее чем на 150мм;
- трасса прокладки кабелей должна выбираться таким образом, чтобы на кабели не попадали химически активные вещества из технологических трубопроводов» [7].

Кабель АВВГнг находит широкое применение в различных производственных помещениях, в блоках или траншеях, а также на открытом

воздухе вне помещений (это актуально, когда есть риск механических воздействий на него внутри помещений). Назначение его достаточно стандартное – передача и распределение электричества в стационарных установках, в сетях с напряжением не выше 0,66кВ и 1кВ, со стандартной частотой 50Гц.

АВВГнг расшифровывается как «алюминий - винил - винил - гибкий кабель негорючий».

Образован этот кабель алюминиевыми токопроводящими жилами, с изоляцией из ПВХ-пластиката, окруженные внешней изоляцией из ПВХ-пластиката. Благодаря этому защитному материалу, кабелю не страшны перепады температур, грязь, влажность.

Использование этого вида кабеля безопасно с точки зрения пожарной безопасности, так как он не распространяет горение при прокладке в пусках и при одиночной прокладке.

Кабель АВВГнг должен эксплуатироваться в диапазоне температур от минус до плюс 50, и относительной влажности воздуха не превышающей 98%. Важно следить, чтобы при использовании этого кабеля температура нагрева жил не превышала 70 градусов. Этот кабель очень долговечен, срок службы зачастую превышает 30 лет. Хотя гарантийные обязательства поставщиков и производителей обычно ограничиваются 5 годами. Кабель сертифицирован и соответствует ГОСТ 53769-2010.

Таблица 6.1 – Выбор кабеля на В-ШС

Наименование оборудования	Кабель, провод			I _{расч} или I _{ном} /I _{пуск} , А
	Обозначение	Марка	Кол-во жил и сечения	
Система В1	1С, 2С	АВВГ-нг	4×2.5	2.0
Система В2	3С, 4С	АВВГ-нг	3×2.5	0.5
Система В3	5С, 6С	АВВГ-нг	4×2.5	6.0
Система В4	7С, 8С	АВВГ-нг	4×2.5	6.0
Система В5	9С, 10С	АВВГ-нг	4×2.5	0.6
Система В6	11С, 12С	АВВГ-нг	4×2.5	0.5
Система В7	13С, 14С	АВВГ-нг	4×2.5	1.0
Система В8	15С, 16С	АВВГ-нг	4×2.5	1.5
Система В9	17С, 18С	АВВГ-нг	4×2.5	1.5
Система В10	19С, 20С	АВВГ-нг	4×2.5	1.5
Система В11	21С, 22С	АВВГ-нг	4×2.5	1.0
Система В12	23С, 24С	АВВГ-нг	4×2.5	1.0
Система В13	25С, 26С	АВВГ-нг	4×2.5	1.5
Система В14	27С, 28С	АВВГ-нг	4×2.5	0.8
Система В15	29С, 30С	АВВГ-нг	4×2.5	0.8
Система А1	33С, 34С	АВВГ-нг	4×2.5	2.5
Система У1	35С, 36С	АВВГ-нг	4×2.5	3.0
Система К1	37С	АВВГ-нг	4×4.0	21.6
Система К2	38С	АВВГ-нг	4×4.0	21.6
Система К3	39С	АВВГ-нг	4×4.0	16.0
Система К4	40С	АВВГ-нг	4×4.0	16.0

Таблица 6.2 – Выбор кабеля на ШР1

Наименование оборудования	Кабель, провод			I _{расч} или I _{ном} /I _{пуск} , А
	Обозначение	Марка	Кол-во жил и сечения	
Автомат розлива №1	41С, 42С	АВВГ-нг	4×10	40.0
Автомат розлива №2	43С, 44С	АВВГ-нг	4×10	40.0
Модуль асептической стерилизации	53С, 54С	АВВГ-нг	4×10	34.0
Этикировщик №1	45С, 46С	АВВГ-нг	4×2.5	2.0
Этикировщик №2	56С, 100С	АВВГ-нг	4×2.5	2.0
Групповой Упаковщик №1	47С, 48С	АВВГ-нг	4×10	40.0
Групповой Упаковщик №1	49С, 50С	АВВГ-нг	4×10	40.0
Транспортер-рольганг 2шт	51С, 52С	АВВГ-нг	4×2.5	3.0
Станция приготовления восстановления	55С	АВВГ-нг	4×10	29.0
Насос для концентрата №1	57С, 58С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Насос для концентрата №2	59С, 60С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.1	61С, 62С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.2	63С, 64С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.3	65С, 66С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.4	67С, 68С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.5	69С, 70С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.6	71С, 72С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.7	73С, 74С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0
Сборник концентрата 9.8	75С, 76С	АВВГ-нг	4×2.5	10.0

Таблица 6.3 – Выбор кабеля на ШР2

Наименование оборудования	Кабель, провод			I _{расч} или I _{ном} /I _{пуск} , А
	Обозначение	Марка	Кол-во жил и сечения	
Выпарная установка	77С, 177С	АВВГ-нг	4×25.0	64.0
Моноблок асептического розлива	78С	АВВГ-нг	4×4.0	14.0
Ультрафильтрационная установка	79С	АВВГ-нг	4×35	83.0
Емкость поз 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 8.1, 8.2 привод мешалки	80С, 81С, 82С, 83С, 84С, 85С, 86С, 87С, 88С, 89С, 90С, 91С	АВВГ-нг	4×2.5	6.0
Реактор для бентонита - 2шт.	94С, 95С, 96С, 97С.	АВВГ-нг	4×2.5	2.4
СИП-мойка	98С, 99С	АВВГ-нг	4×2.5	11.0
Градирня ГРАД-400	100С	АВВГ-нг	4×10	44.0
Градирня ГРАД-60М	101С	АВВГ-нг	4×2.5	8.0
Насос №1 поз.20, Насос №2 поз.20, Насос №1 поз.21, Насос №2 поз.21.	102С, 103С, 104С, 105С, 106С,107С, 108С, 109С.	АВВГ-нг	4×4.0	15.0
Насос №1 поз.22, Насос №2 поз.22,	110С, 111С, 112С, 113С.	АВВГ-нг	4×2.5	8.0

Кабельная линия 10 кВ до новой трансформаторной подстанции 630кВА выбирается по следующим параметрам:

1. по нагреву. По таблице ПУЭ, для соответствующего типа кабеля выбираем сечение, для ААШв-10 $S=16$ мм.кв. ($I=36,4$ А);

2. по экономической плотности тока: п.1.3.25 ПУЭ, с учетом таблицы 1.3.36, при использовании максимума нагрузки от 3000 до 5000ч; $J_{\text{эк}}=1,4$;

$$S = \frac{35,4}{1,4} = 26, \text{ принимаем } 25 \text{ мм}^2.$$

2 по термической устойчивости к токам короткого замыкания:

$$S = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{МТЗ}} + t_{\text{выкл}}}}{C},$$

где C - коэффициент, для прокладки на открытом воздухе и при загрузке кабеля до КЗ на 65% $C=90$,

$I_{\text{кз}}$ - уст. ток КЗ, А,

$t_{\text{МТЗ}} + t_{\text{выкл}}$ - полное время отключения выключателя при наибольшей по времени токовой защите (МТЗ), с.

Пусть в начале кабеля $I_{\text{кз}}=10$ кА, $t_{\text{МТЗ}} + t_{\text{выкл}}=0,5+0,1$, тогда:

$$S = \frac{10000 \cdot \sqrt{0,6}}{90} = 86. \text{ Принимаем ближайшее значение - } 95 \text{ мм.кв.}$$

В итоге из трех условий $S=95$ мм.кв.

Выбираем ААШв-10 3×95. Расшифровка кабеля ААШв: А – провод изготовлен из алюминия, А – оболочка или броня алюминиевая, Шв – это наружная изоляция, которая изготовлена из поливинилхлорида. Собой изоляция представляет защитный прессованный шланг.

7 Расчет токов КЗ

«Расчет токов КЗ необходим для проверки выбранного электрооборудования, коммутационных аппаратов.

Расчет ведется в именованных единицах, на напряжении до 1 кВ.

Проводим анализ КЗ, произошедшего на самом близком и мощном потребителе.

При расчете КЗ на стороне ниже 1кВ пренебрегать активной составляющей сопротивления нельзя, поэтому для каждого элемента необходимо определить и активное сопротивление, и индуктивное сопротивление»

1) Определяется сопротивления трансформаторов по формуле:

$$z_T = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_T} = \frac{5.5}{100} \cdot \frac{0.4^2}{630} = 13.96 \text{ мОм}, \quad (7.1)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания в процентах,

U_H – номинальные напряжение трансформатора на стороне НН,

S_T – номинальная мощность трансформатора.

Вычислим активное и индуктивное сопротивление трансформатора, для расчёта короткого замыкания.

Вычислим активное сопротивление:

$$r_T = \Delta P_{КЗ} \cdot \frac{U_H^2}{S_T^2} = 10.8 \cdot \frac{0.4^2}{630^2} = 4.35 \text{ мОм}, \quad (7.2)$$

где $\Delta P_{КЗ}$ – потери короткого замыкания в трансформаторе,

U_H – номинальные напряжение трансформатора на стороне НН,

S_T – номинальная мощность трансформатора.

Индуктивное сопротивление находится по формуле:

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = \sqrt{13.96^2 - 4.35^2} = 13.26 \text{ мОм}, \quad (7.3)$$

где z_T – полное сопротивление трансформатора,

r_T – активное сопротивления трансформатора.

2) Сопротивление контактов автоматического выключателя:

$$r_{ав} = 0,14 \text{ мОм}; \quad x_{ав} = 0.08 \text{ мОм}.$$

Ток короткого замыкания определим по формуле:

$$I_{кз} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot z_n} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14.07} = 16.42 \text{ кА}, \quad (7.4)$$

где U_H – номинальное напряжение сети,

z_n – полное суммарное сопротивление.

Вычислим суммарное сопротивление:

$$z_n = \sqrt{x_n^2 + r_n^2} = \sqrt{4.49^2 + 13.34^2} = 14.07 \text{ мОм}. \quad (7.5)$$

Для точки К1:

$$r_{сумк1} = 4.35 + 0.14 = 4.49 \text{ мОм},$$

$$x_{сумк1} = 0.08 + 13.26 = 13.34 \text{ мОм},$$

Найдем ударный ток по формуле:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{кз} = \sqrt{2} \cdot 1.4 \cdot 16.42 = 32.5 \text{ кА}, \quad (7.6)$$

где $K_{уд} = 1.4$.

Для точки К2:

$$r_{\text{сумк1}} = 4.35 + 0.14 + 0.25 + 0.08 = 4.82 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{сумк1}} = 0.08 + 13.26 + 0.1 + 0.15 = 13.59 \text{ мОм},$$

$$z_n = \sqrt{4.82^2 + 13.59^2} = 14.41 \text{ мОм},$$

$$I_{\text{кз}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14.41} = 16.03 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1.4 \cdot 16.03 = 31.73 \text{ кА}.$$

Для точки К3:

$$r_{\text{сумк1}} = 4.35 + 0.14 + 0.25 + 0.08 \cdot 5 + 0.41 + 0.41 = 5.96 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{сумк1}} = 0.08 + 13.26 + 0.1 + 0.15 + 0.13 + 0.13 = 13.85 \text{ мОм},$$

$$z_n = \sqrt{5.96^2 + 13.85^2} = 15.07 \text{ мОм},$$

$$I_{\text{кз}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15.07} = 15.32 \text{ кА}.$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1.4 \cdot 15.32 = 30.33 \text{ кА}.$$

Условие $I_{\text{кз}} < I_{\text{пик.в}}$ выполняется $30.33 \text{ кА} < 50 \text{ кА}$. Выключатель прошел проверку.

8 Система уравнивания потенциалов

«По современным требованиям ПУЭ (7-ого издания) электропроводка промышленных, бытовых и административных зданий запрещена без применения защитных проводников, т.е. проводников РЕ. Это в первую очередь положительно сказывается на электробезопасности.

Также в ПУЭ говорится о создании системы уравнивания потенциалов (СУП).

Система уравнивания потенциалов (СУП) бывает 2 видов:

- основная система уравнивания потенциалов (ОСУП);
- дополнительная система уравнивания потенциалов (ДСУП).

СУП предназначена для выравнивания потенциала всех проводящих частей здания: элементы здания, конструкции здания, инженерные сети и коммуникации, системы молниезащиты. [19]

Соединение выполняется защитными проводниками РЕ, которые прокладываются отдельно, либо могут входить в состав линий электроснабжения. Эти проводники образуют так называемую «сетку» в здании и должны соединять все его вышеперечисленные части с заземляющим устройством и заземлителями.

В случае повреждения в электроустановке и попадания на проводящие части здания потенциала (напряжения), возникает ток короткого замыкания, либо большие токи утечки, которые приводят к отключению поврежденного участка цепи от источника питания, путем срабатывания автоматических выключателей или УЗО (устройство защитного отключения)» [21,28]. Это – быстродействующая защита, реагирующая на замыкания фазы на корпус, на землю, на прикосновения человека.

Основная система уравнивания потенциалов (ОСУП) схема изображен на рисунке 8.1, «состоит из: контура заземления (заземляющее устройство), главной заземляющей шины (ГЗШ), «сетки» защитных проводников РЕ, проводников уравнивания потенциалов.

Главная заземляющая шина (ГЗШ), она же шина РЕ, устанавливается в вводном распределительном устройстве (ВРУ) здания. К главной заземляющей шине (ГЗШ) подключается стальная полоса, идущая от контура заземления (заземляющее устройство). К этой же главной заземляющей шине (ГЗШ) подключается: PEN-проводник вводной линии (кабеля) в системе заземления TN-C-S; РЕ-проводник вводной линии (кабеля) в системе заземления TN-S. Далее от главной заземляющей шины отходят РЕ-проводники групповых линий электропроводки, а также РЕ-проводники уравнивания потенциалов проводящих частей здания.

Особенности основной системы уравнивания потенциалов (ОСУП):

1. Соединение РЕ-проводников с N-проводниками запрещено. Начиная от главной заземляющей шины (ГЗШ) соединение защитных РЕ-проводников с нулевыми рабочими N-проводниками запрещено.

2. Схема соединения к заземляемым конструкциям, элементам и инженерным сетям здания должна быть радиальной. Радиальная схема выполняется следующим образом: на каждую заземляемую часть здания приходится свой проводник уравнивания потенциалов. Соединять РЕ-проводники уравнивания потенциалов шлейфом строго запрещено.

3. Коммутационные аппараты защиты. Запрещено устанавливать в цепях защитных РЕ-проводников различные коммутационные аппараты защиты. Потому как непрерывность защитных проводников — это самое главное и основное требование» [21,28].

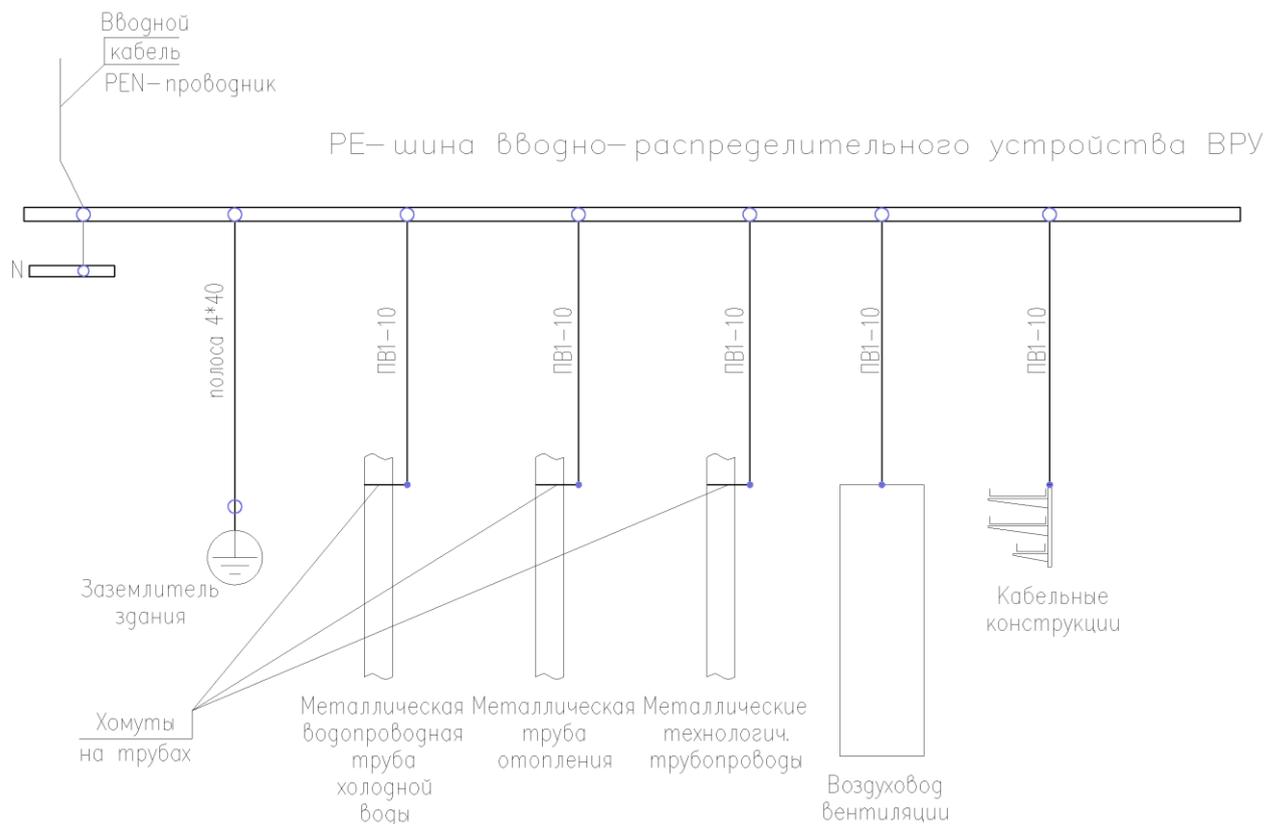


Рисунок 8.1 – Главная СУП

«Дополнительная система уравнивания потенциалов (ДСУП). Она необходима для обеспечения дополнительной электробезопасности в помещениях с повышенной опасностью, например, ванная комната или душевое помещение и прочие помещения с повышенной влажностью» [21,28]. На рисунке 8.2 изображена схема подключения ДСУП в душевых помещениях винзавода.

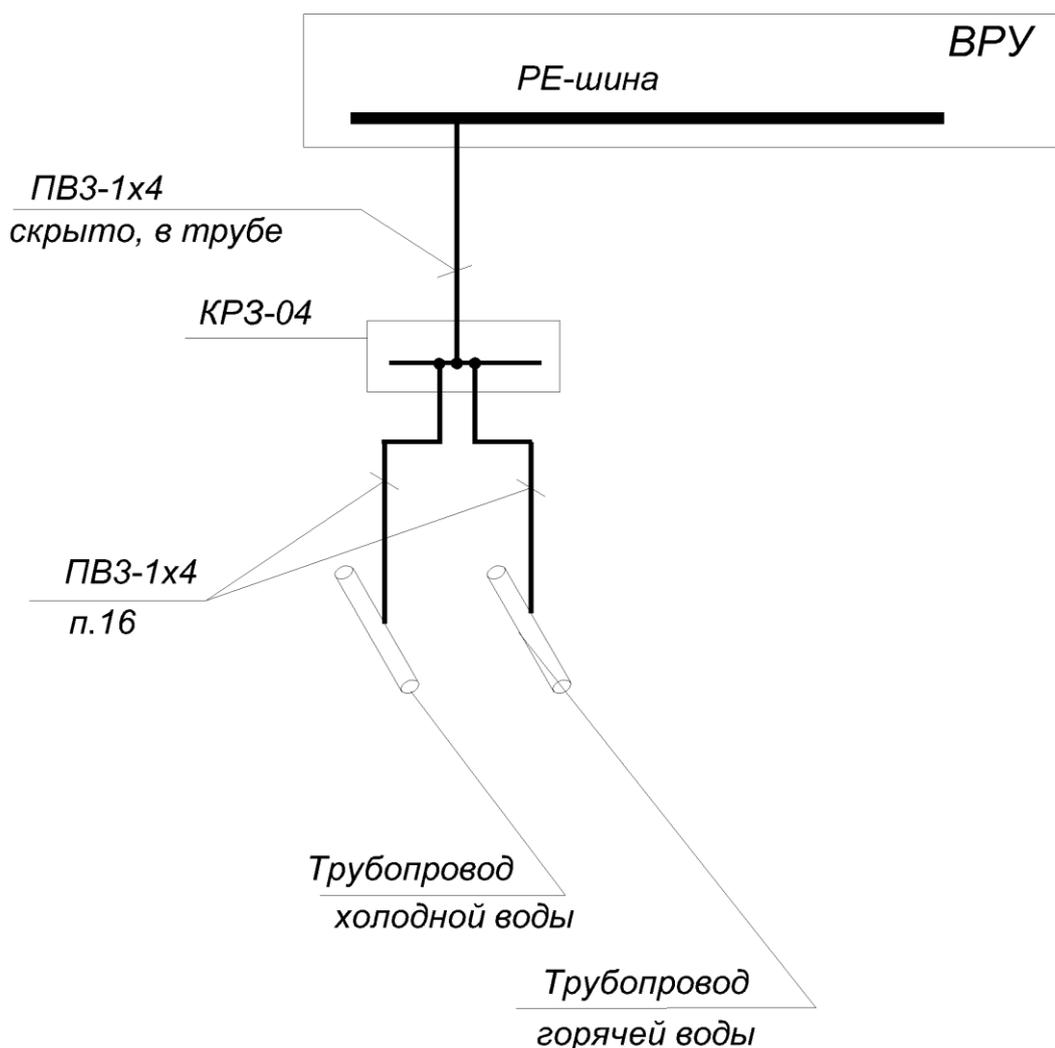


Рисунок 8.2 – Дополнительная система уравнивания потенциалов в душевых помещениях

ДСУП состоит из: коробки уравнивания потенциалов(КРЗ-0,4), проводников уравнивания потенциалов.

При электромонтаже дополнительной системы уравнивания потенциалов требуется решить следующие задачи.

- 1) Определить место установки коробки уравнивания потенциалов.
- 2) Выполнить соединение шины РЕ вводного электрического щитка с шиной РЕ, расположенной в коробке уравнивания потенциалов. Для этого целесообразно использовать медный провод.
- 3) «Произвести заземление всех металлических конструкций: отопление, холодный водопровод, горячий водопровод, ванна или душевая кабина.

Решение этих задач можно выполнить с учетом следующих рекомендаций.

- Защитные проводники уравнивания потенциалов от заземленных конструкций проложить и подключить к шине РЕ в коробке уравнивания потенциалов.

- Крепление защитных проводников уравнивания потенциалов к трубам производить с помощью металлических хомутов.

Дополнительному заземлению подлежат все розетки, установленные в ванной комнате и в помещениях повышенной влажности.

Сечение защитных проводников уравнивания потенциалов выполнить медным проводом» [21,28].

На рисунке 8.3 изображено крепление проводника системы уравнивания потенциалов к металлической трубе.

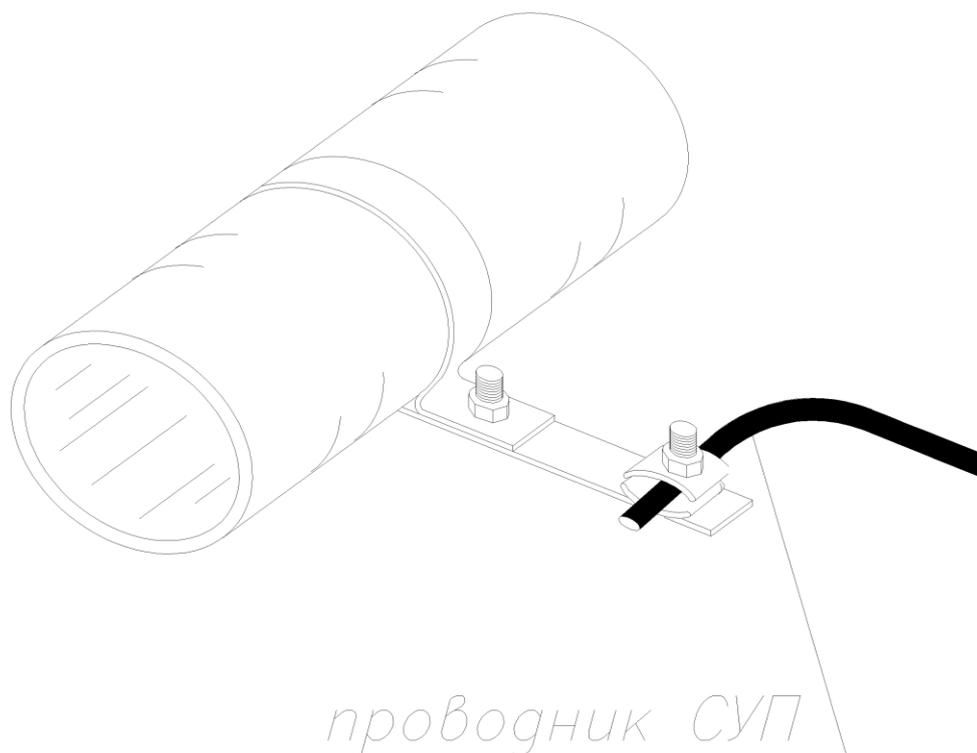


Рисунок 8.3 – Крепление проводника системы уравнивания потенциалов к металлической трубе

Проводники основной системы уравнивания потенциалов выполняются кабелем ВВГнг 1×10 с изоляцией желто-зеленого цвета, проводники дополнительной системы уравнивания потенциалов выполняются кабелем ВВГ 1×4, так же с изоляцией желто-зеленого цвета.

В помещении душевых устанавливается коробка КРЗ-4. Вводная клемма коробки КРЗ-04 подключается на РЕ-шину ВРУ кабелем ВВГнг 1×4 скрыто в штрабе под штукатуркой. От КРЗ-04 к трубам ГВС, ХВС, канализации прокладываются отдельные проводники кабелем ВВГнг 1×4 скрыто.

После проведения электромонтажа системы уравнивания потенциала необходимо провести следующие электрические измерения: измерение сопротивления заземления, проверка наличия цепи между заземляемыми конструкциями и заземляющей шиной РЕ в коробке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была рассчитана нагрузка предприятия по производству и розливу винной продукции, которая составила $S_{\text{сум}}=710,86$ кВА. Исходя из полученной суммарной нагрузки, произведен выбор силовых трансформаторов марки ТМГ12-630/10/0,4.

Рассчитано освещение с помощью программного обеспечения DIALux. Использование программы DIALux позволило оптимизировать выбор осветительных установок и обеспечить освещенность рабочей плоскости в соответствии с действующими нормами освещенности рабочих мест на производстве (300 люкс). Были выбраны светильники TRL PROM 50 и светильник TRL 236 IP – это аналог влагозащищенного светильника с люминесцентными лампами комплектуется с аварийным блоком питания.

В процессе проектирования электроснабжения завода определены параметры и выбраны современные модели ВРУ, распределительных щитов и автоматических выключателей.

Для питания электроустановок выбран кабель типа АВВГ-нг. Использование этого вида кабеля целесообразно с точки зрения пожарной безопасности, так как он не распространяет горение.

Проведенный расчет токов короткого замыкания подтвердил правильность выбора электрооборудования системы электроснабжения завода.

Таким образом, все поставленные задачи решены. Цель выпускной квалификационной работы достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб.пособие / Том. политехн. ун-т. Томск, 2005. 168 с.
2. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение / Госстрой России Введ. 01.01.1996 взамен СНиП II-4-79 с изм. от 29 мая 2003 г. № 44.
3. Вахнина В.В., Самолина О.В., Черненко А.Н. Проектирование осветительных установок: учебное пособие / Тольятти: ТГУ, 2015.
4. Положение ОАО «РОССЕТИ» о единой технической политике в электросетевом комплексе [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.rec.su/upload/iblock/c83/polozenie_rosseti.pdf/ (дата обращения: 19.04.2018).
5. Вахнина В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие Тольятти: ТГУ, 2011.
6. Долин П.А. Электробезопасность. Теория и практика.: учеб. пособие. М.: МЭИ, 2012.
7. Самарская кабельная компания. Каталог продукции [Текст]: каталог: разработчик и изготовитель Самарская кабельная компания. – Самара, 2017.
8. Смирнов А.Г., Шалыгин А.А., Годгельф Л.Б./ НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий [Текст] / Принявший орган: Тяжпромэлектропроект / Дата принятия: 01 января 1994 / изменения и дополнения на ноябрь 2014 года.
9. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. «Основы проектирования пищевых производств» [Текст]; М-во образования и науки РФ. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013.

10. Каталог оборудования / Пакинг групп" - упаковочное и фасовочное оборудование, упаковка [Электронный ресурс]: <http://packing-group.ru/products> (дата обращения: 30.04.2018).
11. Каталог оборудования ЗАО «ТАУРАС-ФЕНИКС» [Электронный ресурс]: <http://www.tauras-samara.ru/catalogs> (дата обращения: 30.04.2018).
12. Каталог оборудования /ООО «Экодор-Юг» [Электронный ресурс]: <https://ecodor-ug.ru/products> (дата обращения: 30.04.2018).
13. Каталог оборудования /Триалайт/ [Электронный ресурс]: <https://trialight.ru/products/industrial-lighting/trk236ip-bar.html> (дата обращения: 10.05.2018).
14. Каталог оборудования /Триалайт/ [Электронный ресурс]: <https://trialight.ru/products/industrial-lighting/trl-prom50.html> (дата обращения: 10.05.2018).
15. Investigating The Effect of Switching and tripping on Flashover and Breakdown in Circuit Breaker [Электронный ресурс]: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JETP/article/view/36617/37628> / (дата обращения: 16.01.2018).
16. Plant culture; Techniques, equipment & materials/ Winetitles Media/ Broadview, S.A./ Issue 593 (June 2013) - onwards (Comprehensive)/ [Электронный ресурс]: <https://search.informit.com.au/browseJournalTitle;res=IELHSS;issn=1446-8212> / (дата обращения: 04.06.2018).
17. Industrial Wiring Devices for the Wine-Making Industry/ Serving Specifiers Within all Segments of the Wine-Making Industry/ Courtesy of Steven Engineering, Inc. 230 Ryan Way, South San Francisco/ [Электронный ресурс]: http://stevenengineering.com/Tech_Support/PDFs/74WINE.pdf/ (дата обращения: 05.06.2018).
18. Scientific article on the technology of production and bottling of wine products / [Электронный ресурс]: <http://www.madehow.com/Volume-1/Wine.html> (дата обращения: 05.06.2018).
19. Electrical safety in the winery/ How to save life, limb, and expense in your power distribution system/ [Электронный ресурс]:

<http://www.arthurengineering.com/PWV-May2002.pdf> (дата обращения: 05.06.2018).

20. Product Review: Refrigeration Upgrades for Small Wineries Read [Электронный ресурс]:<https://www.winesandvines.com/buyersguide/company/12437/G-and-D-Chillers/article/74504> (дата обращения: 05.06.2018).

21. Various Aspects and Analysis of Earthing/Grounding System for Protective and Functional Applications [Электронный ресурс]: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JETP/article/view/34199/35170> (дата обращения: 29.01.2018).

22. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-7) [Текст]: утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.02 № 204: введ. в действие с 01.01.03. изменения и дополнениями на 2017.

23. СП76.13330.2016. Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85 [Текст] / Свод правил / Электротехнические приборы / Исполнитель - Ассоциация "Росэлектромонтаж" / утв. приказом М-ва строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. N 955/пр и введен в действие с 17 июня 2017 г.

24. ГОСТ 30852.0-2002. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. [Текст] / Межгосударственный стандарт. Москва: Стандартинформ, 2014г.

25. Балашов О.П. «Электроснабжение» [Текст]: М-во образования и науки РФ. Рубцов: УДК 621.31, 2014.

26. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. [Текст]: М-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, утверждении СП 52.13330, с изменениями на 10 февраля 2017 г.

27. А10-93. Защитное заземление и зануление электрооборудования. Материалы для проектирования и рабочие чертежи. [Текст]: Тяжпромэлектропроект / Москва, Дата введения:01.05.1993, Дата актуализации:01.01.2018.

28. ВСН 294-72. Инструкция по монтажу электрооборудования пожароопасных установок напряжением до 1000 В. [Текст]: ВНИИпроектэлектромонтаж Минмонтажспецстроя, Энергия, 1974 /Дата актуализации:05.05.2017.

29. Устройство молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. [Текст]: Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. ЗАОНТЦПБ, Москва, 2017.

30. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. [Текст]: Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России» НЦ ЭНАС, Москва, Дата актуализации:10.08.2017.

31. Каталог Вводно-распределительных устройств и щитов [Электронный ресурс]: <https://www.etm.ru/catalog/?searchValue=ВРУ-1-11-10%20УХЛ4> (дата обращения: 09.06.2018).