

АННОТАЦИЯ

Темой данной бакалаврской работы является электрооборудование и электрохозяйство завода технологической оснастки.

Основные задачи бакалаврской работы:

- проектирование силовой части здания;
- проектирование системы освещения;
- проектирование системы управления освещением;
- расчет внешних сетей электроснабжения.

Чтобы решить поставленные задачи в бакалаврской работе произведен расчет силовых нагрузок, согласно ПУЭ и ГОСТ получившиеся значения электрических нагрузок распределены равномерно. Выбраны оптимальные светильники для освещения помещений всего здания и цеха, разработана система управления освещением, произведен выбор кабеля и сделан расчет кабеля по требуемым параметрам пригодности в работе.

Пояснительная записка состоит из четырёх разделов, введения, заключения и списка используемых источников. Материал данной работы представлен на 54 страницах, включая 16 рисунков и 22 таблицы, а так же графическую часть, представленную на 6 листах формата А1.

ABSTRACT

The name of the final work - electrical equipment and electrical facilities of the collet plant.

The aim of the work is to design the system of electrical equipment and electrical facilities of the plant.

The issues of the graduation project are to calculate the entire power load of the building and distribute the electrical load of the illumination for each room, to make the choice of lamps so that they could be installed and used easily having optimal cost; to select the mains cable, to calculate the cable for thermal resistance, nonin flammable, permissible current and voltage loss.

The choice of lighting equipment, brands and cable cross-section on kV, as well as the choice of electrical distribution network and conductors are covered in the general part of the project.

The choice of the number of lighting equipment is based on the area of the room and its use. Power loads in this work are determined by the "method of maximum coefficient".

The special part of the project deals with the selected cables that are checked for: thermal stability and non-ignition. And also the resistance is calculated and the ground loop is selected, the lightning protection is checked.

This thesis consists of an explanatory note on 54 peages, introduction on 2 pages, including 11 figures, 4 tables, a list of 32 references, including 5 foreign sources and the graphic part on 6 sheets of A1 format.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Описание объекта.....	7
2 Силовая часть	10
3 Освещение.....	19
3.1 Выбор светильников.....	19
3.2 Светотехнический расчет.....	20
3.3 Электротехнический расчет.....	24
3.4 Система управления	25
4 Внешние сети.....	32
4.1 Расчет силовых нагрузок линий 0,4 кВ. Выбор марки и сечения кабеля	32
4.2 Проверка кабельных линий на потери напряжения.....	36
4.3 Проверка кабельных линий 0,4 кВ на термическую стойкость.....	37
4.4 Проверка кабельных линий 0,4 кВ на возгорание	38
4.5 Выбор электрооборудования распределительной сети и проводников	40
5 Перечень мероприятий по заземлению и занулению.....	45
5.1 Заземление	45
5.2 Молниезащита.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

ВВЕДЕНИЕ

Любая деятельность человека связана с электроэнергией. Что же такое электрическая энергия – это способность магнитного поля совершать работу, преобразовываясь в другие виды энергии, например световую, химическую, механическую, тепловую. Включить свет, поставить чайник, зарядить телефон, завести машину каждый из этих процессов основан на действии электрического тока. Электроэнергия является неотъемлемой частью любого промышленного процесса, именно от ее качества и будет зависеть выпускаемая продукция и издержки производства.

Целью энергетической политики России является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций. В том числе кардинальное обновление электроэнергетики России на базе отечественного и мирового опыта.

С момента изобретения электрического двигателя, удалось провести индустриальную революцию. Начиная с этого момента электрическая энергия занимает первостепенное место в промышленном процессе. В наше время большинство промышленных процессов невозможно без участия электрической энергии, она используется для освещения помещений, цехов, наружного освещения, также электрическая энергия необходима для работы большинства станков, кранов, транспортеров.

Раз уж затронут промышленный процесс, будем более подробно разбираться в нем. Данная работа пишется выпускником кафедры электроснабжения и основной задачей является проектирования системы электроснабжения предприятий. При проектировании здания принимают участие большое количество специалистов: архитекторы, строители, технологи, специалисты по водоснабжению и электроснабжению.

Совокупность всех источников и систем преобразования электрической энергии называется системой электроснабжения. Проектирование системы электроснабжения это трудоемкий процесс, который должен учитывать разнообразные факторы: рациональная схема электроснабжения, выбор и размещение электрооборудования и сетей с учетом условий окружающей среды, достаточным резервированием элементов электроустановок, защитой электрооборудования от сверхтоков, от атмосферных и коммутационных перенапряжений благодаря этому гарантируется надежность электроснабжения электроустановок потребителей, также не стоит пренебрегать возможностью модернизации при расширении производства.

Для потребителя самое главное это бесперебойность питания и, чтобы он всегда получал электроэнергию для своих нужд. Именно поэтому проектирование систем электроснабжения выполняется высококвалифицированными специалистами, так как от их проделанной работы будет зависеть вся система электроснабжения.

Цель данной работы заключается в проектировании системы электрооборудования и электрохозяйства завода технологической оснастки.

1 Описание объекта

В данной бакалаврской работе речь пойдет об одном из корпусов завода технологической оснастки, расположенном в г. Тольятти.

На данный момент здание не в рабочем состоянии, никакие технологические работы в нем не производятся. Общий размер здания в плане в осях составляет 60,0х30,0м. Здание имеет прямоугольную форму с высотой 5 м, одноэтажное, выполненное железно-бетонным каркасом, крыша выложена из металлических листов двухскатная, состоящая из 2 секций с внешним и внутренним водоотводом.

Здание питается от существующей трансформаторной подстанции ТП-3, находящийся в ЗАО «ОРЭС». Питание производится по трем кабельным линиям, проложенным в земле.

Здание имеет форму прямоугольника с размерами в осях 62,4х30,0м. Подземная часть здания – не запроектирована. Надземная часть – металлический каркас - с рамно-связевой конструктивной схемой. Жесткость и устойчивость металлического каркаса обеспечивают кирпичные стены и металлические колонны, жестко заделанные в фундамент, и объединенные монолитным перекрытием. Жесткость и устойчивость металлического каркаса в поперечном направлении обеспечивает рама, образованная жестким сопряжением колонн с монолитными конструкциями и шарнирно опирающимися фермами и балками, в продольном направлении системой вертикальных связей жестким сопряжением колонн примыкания металлического каркаса к ядру жесткости лестничных клеток.

Монолитные железобетонные конструкции каркаса приняты следующие:

- Фундаменты – ж/б монолитная плита толщиной 400мм.
- Бетон фундаментной плиты – В25, W4, F75.
- Стены лестничной клетки запроектированы из керамического кирпича толщиной 250мм на всю высоту лестничной клетки.

Монолитные конструкции перекрытия заливаются по несъемной опалубке из профлиста, армируются отдельными стержнями из арматуры класса А500, которые объединяются в сетки при помощи вязальной проволоки и пространственные каркасы при помощи соединительной арматуры.

Металлические конструкции каркаса приняты следующие:

- Колонны – сплошные.
- Вертикальные связи по колоннам - из гнутосварных квадратных труб 100х4.
- Балки перекрытия 1-го этажа, приняты из двутавров с параллельными гранями полок.

Перекрытие лестничной клетки на отметке +13,960 запроектировано из сборных железобетонных плит типа ППУ шириной 1500 мм. Монтаж сборных плит ведется по слою свежееуложенного раствора. Покрытие на отм. +3,000 и на отм. +7,500 запроектировано из профилированного стального листа с трапециевидными гофрами.

Кровля - плоская с внутренним водостоком, не эксплуатируемая. Система неэксплуатируемой крыши по профилированному настилу со сборной стяжкой. Покрытие кровли однослойное Техноэласт толщиной 1,2 мм, выполненная по разуклонке по слою теплоизоляции. Набор плит для создания уклона на плоской кровле ТЕХНОРУФ – негорючие, гидрофобизированные теплоизоляционные плиты, с предварительно созданным уклоном 4,2%, произведенные из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы и низкофенольного связующего с добавлением гидрофобизирующих добавок по слою пароизоляции. В качестве клеящего слоя используется смесь стирольных полимеров и битума повышенной клейкости. Нижняя поверхность материала закрыта легкоъемной пленкой.

Производственная часть здания занимает 1-й этаж и часть 2-го этажа и имеет:

- высоту 1-го этажа 7,5м (от пола до пола) и размеры в плане 62,4х30,0м (в осях);

- высоту 2-го этажа 3,7м и размеры в плане 55,2х30,0м.

Состав помещений, их площадь и функциональная взаимосвязь определена технологической необходимостью и заданием на проектирование.

Проектирование системы электроснабжения включает в себя список задач, которые необходимо реализовать в данном проекте:

а) силовая часть. Главная задача состоит в том, чтобы рассчитать всю силовую нагрузку здания и распределить электрическую нагрузку согласно ПУЭ и ГОСТ.

б) освещение. Сделать расчет освещенности для каждого помещения, произвести выбор светильников так, чтобы при лучшем освещении они были просты в эксплуатации, монтаже и имели оптимальную себестоимость.

в) внешние силовые сети. Необходимо выбрать кабель питающей сети, произвести расчет кабеля по термической стойкости, невозгоранию, допустимому току и потери напряжения.

2 Силовая часть

Ознакомившись с технологической формой, которую предоставил технолог, была составлена таблица №1, в которой указаны основные характеристики электрических приемников.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование ЭП	Количество оборудован ия	Уст. Мощность, кВт	Напряже- ние, В	Частота, Гц
Система лазерного сканирования	1	0,5	220	50
ПК	8	0,5	220	50
Томограф Рентгеновский+	1	5	220	50
Чиллер для томографа	1	1	220	50
Принтер А3 цветной	3	0,8	220	50
Лазерная машина	1	2,5	220	50
Вытяжной зонт	4	0,6	380	50
Стол сварочный	3	0,6	400	50
Сварочный аппарат	6	2,5	380	50
Печь вакуумная	1	128	400	50
Печь вакуумная	1	25	400/220	50
Печь камерная	1	25	220	50
Станок ленточно-пильный	1	2,5	380	50
Пресс ручной	1	1	380	50
Горизонтально-фрезерный	1	7	380	50
Станок заточной	2	1,5	380	50
Станок токарно-винторезный	2	10	380	50
Станок универсально фрезерный	1	2,5	380	50
Вертикально-Фрезерный станок	1	3	380	50
Станок заточной	1	5	380	50
Станок универсально-фрезерный	1	3	380	50
Станок шлифовально-заточной	1	10	380	50

Продолжение таблицы 1

Фрезерный станок С ЧПУ	1	22	380	50
Станок токарный	1	20	380	50
Станок шлифовальный	1	3,7	380	50
Станок заточной	2	1,5	380	50
Станок токарный	1	7,0	380	50
Станок сверлильный	1	2,0	380	50
Станок вертикально-сверлильный	1	2,0	220	50
Станок точильно- шлифовальный	1	1	220	50
Станок вертикально-сверильный настольный	1	0,55	380	50
Roland MDX-540	1	1	220	50
Лазерная машина Для резки	1	2	220	50
Установка протипирования	1	3,0	220	50
ПК для установки	1	0,5	220	50
ПК-графстанция	2	1	220	50
Машина вакуумного литья	1	5,0	380	50
Термошкаф	2	5,0	380	50
Станция пайки	2	0,5	220	50
Электроника	1	3	220/380	50
Кран опорный г/п 3,2 т	2	5,7	380	50
Лифт г/п 630кг	1	6,3	380	50
Зарядное устройство для электропогрузчиков	1	6,3	380	50
Розетка для зарядки полоуборочной техники	1	1,5	220	50
Ворота наружные секционные 4,0x4,5	1	0,75	380	50

Расчет выполнен согласно методике ПУЭ. Для определения электрических нагрузок составляется таблица, в которой учитываются установленная и расчётная мощности по отдельным пунктам питания (РП, ЩС, ШРА) и по цеху в целом. Силовые нагрузки в данной работе решено определять так называемым «методом коэффициента максимума». В связи со значительным объёмом расчётов расчёт показан на примере распределительного пункта РП-1 [1].

Расчёт начинают с определения номинальной мощности каждого электроприёмника независимо от его технологического процесса, средней мощности, затраченной в течение наиболее загруженной смены, и максимальной расчётной мощности участка, цеха, завода или объекта. Номинальная мощность указывается в паспортных данных электроустановок [12].

-Установленная мощность электроприёмников по РП-1 $P_{уст}$, кВт

$$P_{уст} = \sum nP_n,$$

где P_n - номинальная мощность электроприёмников, кВт;

n - количество электроприёмников одной мощности, шт.

$$P_{уст} = 2 \times 1,5 + 3 \times 2 + 1 \times 10 + 1 \times 2,5 + 1 \times 1 = 22,5 \text{ кВт.}$$

-показатель степени сборки для электроприёмников по РП-1 m

$$m = \frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}},$$

где $P_{н.макс}$ - номинальная мощность наиболее мощного ЭП, кВт;

$P_{н.мин}$ - номинальная мощность наименее мощного ЭП, кВт

$$m = \frac{10}{1} = 10$$

Сменная мощность учитывает количество мощности, израсходованной за период наиболее загруженной смены. Согласно суточному графику работы промышленных предприятий наиболее загруженной считается первая смена.

-Среднесменная активная мощность по РП-1 за наиболее загруженную смену $P_{см}$, кВт

$$P_{см} = \sum P_{уст} k_u,$$

где k_u - коэффициент использования, для каждого электроприёмника определяется индивидуально

$$P_{см} = 9,25 \text{ кВт.}$$

-среднесменная реактивная мощность по РП-1 за наиболее загруженную смену $Q_{см}$, кВАр.

$$Q_{см} = \sum P_{см} \operatorname{tg} \phi,$$

где $\operatorname{tg} \phi$ - значение тангенса угла ϕ , соответствующее средневзвешенному значению $\cos \phi$ для электроприёмника данного режима работы.

$$Q_{см} = 7,51 \text{ кВАр.}$$

Коэффициент использования группы электроприёмников характеризует использование активной мощности.

-Коэффициент использования k_u по РП-1

$$k_u = \frac{P_{см}}{P_{уст}},$$

$$k_u = \frac{9,25}{22,5} = 0,41$$

- $tg\varphi$ по РП-1 и соответствующий ему коэффициент мощности $\cos\varphi$

$$tg\varphi = \frac{Q_{см}}{P_{см}},$$

$$tg\varphi = \frac{7,21}{9,25} = 0,81.$$

Данному $tg\varphi$ соответствует $\cos\varphi = 0,8$

Эффективным (приведенным) числом называют число однородных по режиму работы электроприёмников одинаковой мощности, которое даёт то же значение расчётного максимума P_{\max} что и группа электроприёмников, различных по мощности и режиму работы [12].

-Эффективное число электроприёмников по РП-1 $n_э$

$$n_э = \frac{2P_{уст}}{P_{н.мак}},$$

$$n_э = \frac{2 \times 22,5}{10} = 4,5.$$

Принимаем эффективное число электроприёмников равное $n_э = 5$. Коэффициент максимума это отношение расчётного максимума активной мощности нагрузки группы электроприёмников к средней мощности нагрузки за наиболее загруженную смену [12]. Значение коэффициента максимума для РП-1 определяют в зависимости от значения среднего коэффициента использования k_u и эффективного числа $n_э$ группы электроприёмников. $K_m = 1,8$.

-Максимальная активная мощность по РП-1 P_{\max} , кВт

$$P_{\max} = P_{\text{с.м}} K_M,$$

$$P_{\max} = 9,25 \times 1,8 = 16 \text{ кВт}$$

-максимальная реактивная мощность по РП-1 Q_{\max} , кВАр

$$Q_{\max} = Q_{\text{с.м}} K_M,$$

$$Q_{\max} = 7,21 \times 1,8 = 13,2 \text{ кВАр}$$

-максимальная полная мощность по РП-1 S_{\max} , кВА

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2},$$

$$S_{\max} = \sqrt{16,0^2 + 13,2^2} = 21 \text{ кВА.}$$

-максимальный расчётный ток по РП-1 I_{\max} , А

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3}U_H},$$

где U_H - номинальное напряжение низкой стороны трансформатора, кВ.

$$I_{\max} = \frac{21}{\sqrt{3} \times 0,38} = 31,9 \text{ А}$$

По остальным распределительным пунктам и силовым щитам расчёт аналогичен, результаты расчёта сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

№ п/п	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{н}, \text{кВт}$	$P_{уст}, \text{кВт}$	m	$k_{н}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_{см}, \text{кВт}$	$Q_{см}, \text{кВар}$	$n_{э}$	$K_{м}$	P_{max}	Q_{max}	S_{max}	I_{max}
1	Станок вертикально фрезерный	2	3	6		0,5	1	0,75	3	2,3						
2	Станок Ленточный	1	2,5	2,5		0,3	1	0,75	0,75	0,6						
3	Станок токарно-винторезный	1	10	10		0,4	0,8	0,75	4	3						
4	Пресс ручной	1	1	1		0,3	1	0,33	0,3	0,1						
5	Станок заточный	2	1,5	3		0,4	0,6	1,33	1,2	1,6						
	РП-1	7	1...10	23	10	0,4	0,8	0,81	9,25	7,5	5	1,8	16	13,2	21	31,9
6	Станок горизонтально фрезерный	1	7	7		0,5	1	0,75	3,5	2,6						
7	Станок токарно-винторезный	1	10	10		0,5	1	0,75	5	3,8						
8	Станок заточный	2	5	10		0,5	0,6	1,33	5	6,7						
9	Станок универсально фрезерный	2	2,5	5,5		0,7	0,8	0,75	3,575	2,7						
	РП-2	13	2,5...10	33	4	0,5	0,7	0,92	17,08	16	7	1,5	25	22,8	34	51,2
10	Станок шлифовально-заточный	1	10	10		0,5	1	0,33	5	1,7						
11	Станок заточный	2	1,5	3		0,5	1	0,33	1,5	0,5						
12	Станок токарный	1	7	7		0,5	0,6	1,33	3,5	4,7						
13	Станок сверильный	1	2	2		0,7	0,8	0,75	1,3	1						
14	Станок точно-шлифовальный	1	1	1		0,7	0,8	0,75	0,65	0,5						
	РП-3	6	1...10	23	10	0,5	0,8	0,69	11,95	8,3	5	1,6	19	13	23	34,8
15	Станок фрезерный с ЧПУ	1	22	22		0,5	1	0,33	11	3,6						
16	Станок токарный	1	20	20		0,5	1	0,75	10	7,5						
17	Станок шлифовальный	1	3,7	3,7		0,5	0,6	1,33	1,85	2,5						
18	Станок вертикально-сверильный	1	2	2		0,7	0,8	0,75	1,3	1						
	РП-4	4	2...22	48	11	0,5	0,9	0,6	24,15	15	4	1,7	40	24	47	70,6
19	Вытяжной зонт	3	0,6	1,8		0,5	1	0,75	0,9	0,7						
20	Сварочный аппарат	6	2,5	15		0,5	1	0,75	7,5	5,6						
	РП-5	9	0,6...2,5	17	4,2	0,5	0,8	0,75	8,4	6,3	2	1,7	14	10,4	17	26,4

Продолжение таблицы 2

21	Насос магма	2	1,38	2,8		0,8	1	0,75	2,208	1,7						
22	Насос CR	1	0,37	0,4		0,8	1	0,75	0,296	0,2						
23	Насос КР	1	0,18	0,2		0,8	0,6	1,33	0,144	0,2						
24	Прибор управления	1	0,01	0		0,8	0,8	0,75	0,008	0						
25	Щит тепловычислителя	1	0,5	0,5		0,8	0,6	1,33	0,4	0,5						
	ЩС-Т	6	0,01...1,38	3,8	138	0,8	0,8	0,85	3,06	2,6	6	1	3,1	2,6	4	6,1
26	Насосная станция	1	4	4		0,9	1	0,75	3,6	2,7						
27	Счётчик взлет	2	0,01	0		0,9	1	0,75	0,018	0						
	ЩС-Н	3	0,01...4	4	400	0,9	0,8	0,75	3,62	2,7	3	1	3,6	2,7	4,5	6,8
28	Розетка бытовая 220 В	27	7,9	7,9		0,9	1	0,75	6,715	5						
29	Силовой разъём 380 В	4	16,2	16		0,9	1	0,75	14,58	11						
	ЩС-1.1	31	7,9...16,2	24	2,1	0,9	0,8	0,75	21,3	16	31	1	21	16	27	40,4
30	Розетка бытовая 220 В	23	7	7		0,9	1	0,75	6,51	4,9						
	ЩС-2.1	23	7...7	7	1	0,9	0,8	0,75	6,51	4,9	23	1	6,5	4,9	8,1	12,3
31	Розетка бытовая 220 В	27	14,7	15		0,9	1	0,75	12,5	9,4						
32	Силовой разъём 380 В	3	10,5	11		0,9	1	0,75	9,45	7,1						
	ЩС-3.1	30	10,5...14,7	25	1,4	0,9	0,8	0,75	21,95	16	30	1	22	16,5	28	41,8
33	Розетка бытовая 220 В	94	39,5	40		0,9	1	0,75	36,74	28						
	ЩС-3.2	94	39,5...39,5	40	1	0,9	0,8	0,75	36,74	28	94	1	37	27,6	46	69,7
34	Приточная установка	5	22,7	23		0,9	1	0,75	20,88	16						
	ЩВС-П	5	22,7...22,7	23	1	0,9	0,8	0,75	20,88	16	5	1	21	15,7	26	39,7
35	Вытяжная установка	10	9,3	9,3		1	1	0,75	8,835	6,6						
36	Воздушно-тепловая завеса	3	1,89	1,9		0,9	1	0,75	1,72	1,3						
37	Конденсационный блок	1	25,8	26		0,9	1	0,75	23,48	18						
	ЩВС-В	14	1,89...25,8	37	14	0,9	0,8	0,75	34,03	26	14	1	34	25,5	43	64,6
38	Наружный Блок	10	36,2	36		0,9	1	0,75	30,77	23						
	ЩВС-К1	10	36,2...36,2	36	1	0,9	0,8	0,75	30,77	23	10	1	31	23,1	39	58,5

Продолжение таблицы 2

39	Наружный Блок	10	36,4	36		0,9	1	0,75	30,94	23						
	ЩВС-К2	10	36,4...36,4	36	1	0,9	0,8	0,75	30,94	23	10	1	31	23,2	39	58,6
40	Освещение	677	16...100	35	-	1	1	0,33	34,8	12						
	ИТОГО:	942	0,01...100	413	599	0,8	0,8	0,7	315,4	222		1	315	222	385	586

На основании полученных результатов производим выбор вводно-распределительных устройств, силовых щитов, аппаратов защиты и кабеля питающей сети.

3 Освещение

3.1 Выбор светильников

Изучив документ СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение», были выбраны основные характеристики, которыми должен обладать светильник и на основе их производился выбор компании, для сотрудничества с проектом. Основные характеристики для выбора светильника перечислены ниже:

- безопасность и доступ к светильникам, обеспечивающий проведение обслуживания;
- создание заданной нормированной освещенности при максимальной экономичности;
- соблюдение требований к нормам и качеству освещения согласно СП;
- наименьшая длина кабельных линий групповой сети освещения, технологичность монтажа;
- соответствие способа крепления светильников строительной части проекта.

После сравнительного анализа различных фирм и соблюдения всех вышеперечисленных пунктов, было решено использовать светодиодные светильники компании «ЛЕД-Эффект»

Компания ООО «ЛЕД-Эффект» - Российский производитель энергоэффективного светодиодного освещения. Компания «ЛЕД-Эффект» ведет свою производственную деятельность с 2009 года. За время работы компания выросла до одного из крупнейших российских разработчиков и производителей инновационного светодиодного оборудования.

3.2 Светотехнический расчет

Для освещения помещения цеха выбраны подвесные светодиодные светильники «Высота». Освещение бытовых и вспомогательных помещений осуществляется с помощью светодиодных накладных светильников «титан», «офис СПО» и «классика».

Светодиодные светильники имеют следующие достоинства: простота монтажа, отсутствие загрязнения окружающей среды, долгий срок службы, прочность конструкции, способность работы при колебаниях напряжения, низкое потребление активной мощности. Существенное влияние на выбор оказали финансовые соображения, а именно полная окупаемость покупки и монтажа светодиодных светильников вследствие их продолжительного периода работы – более 50000 часов.

Расчёт необходимого количества светильников для ранее перечисленных помещений производится в программе DIALux. В качестве примера для расчета был выбран кабинет директора, который расположен на 2 этаже, каб № 221. В программе «DIALux» была создана модель помещения кабинета директора, которая включает в себя: 2 Окна, дверь, компьютерный стол, монитор, принтер, системный блок. Затем по сетке были размещены светильники «Офис Грильятто» в 3 ряда по 5 светильников. После программой был произведен расчет освещенности. На рисунках 1 – 6 представлены картинки выполнено расчета, которые включают в себя: ведомость светильников, резюме помещения, план расположения светильников, список координат светильников, 3D – визуализацию помещения и фиктивные цвета помещения.

15 Шт. ЛЕД-Эффект ОФИС ГРИЛЬЯТО LE-CBO-03-040-0542-20X Интерьерное освещение
 № изделия: ОФИС ГРИЛЬЯТО LE-CBO-03-040-0542-20X
 Световой поток (Светильник): 3500 lm
 Световой поток (Лампы): 3500 lm
 Мощность светильников: 33.0 W
 Классификация светильников по CIE: 100
 CIE Flux Code: 59 87 97 100 100
 Комплектация: 1 x Светодиодный модуль
 (Поправочный коэффициент 1.000).

Изображение светильников дается в фирменном каталоге.

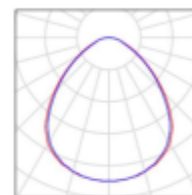
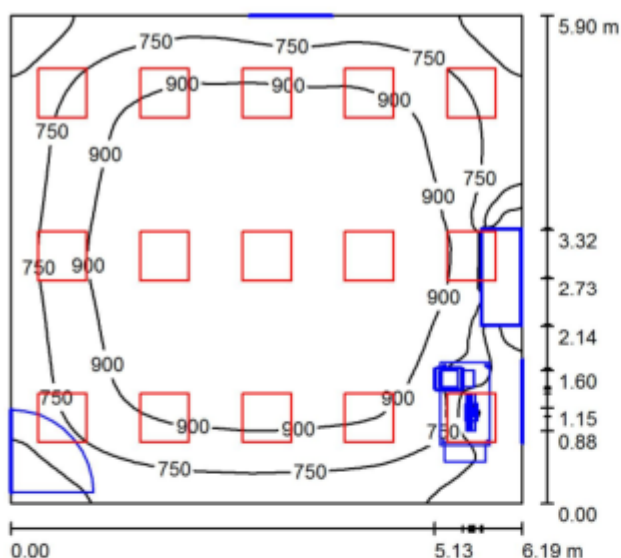


Рисунок 1 – Ведомость светильников



Высота помещения: 2.800 m, Монтажная высота: 2.800 m,
 Коэффициент эксплуатации: 0.71

Значения в Lux, Масштаб 1:76

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	842	317	1051	0.376
Полы	20	703	53	931	0.075
Потолок	70	177	137	329	0.774
Стенки (4)	50	375	22	988	/

Рабочая плоскость:

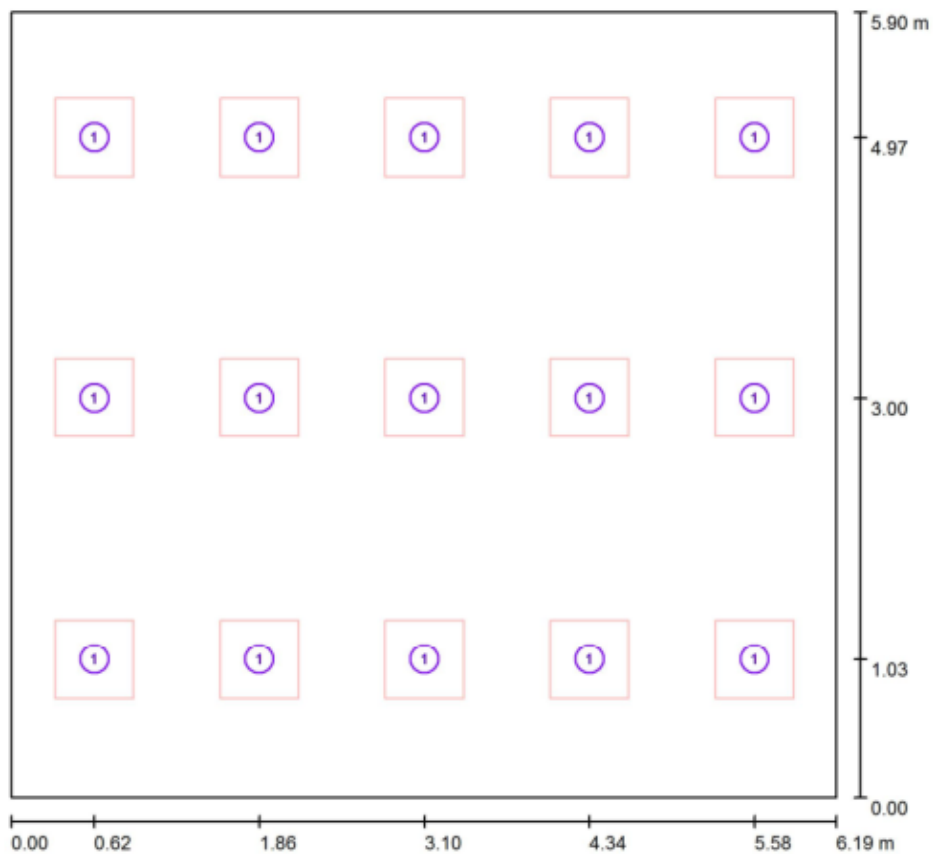
Высота: 0.850 m
 Растр: 128 x 128 Точки
 Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	15	ЛЕД-Эффект ОФИС ГРИЛЬЯТО LE-CBO-03-040-0542-20X Интерьерное освещение (1.000)	3500	3500	33.0
			Всего: 52496	Всего: 52500	495.0

Удельная подсоединенная мощность: $13.56 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 36.51 m^2)

Рисунок 2 – Резюме помещения



Масштаб 1 : 45

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение
1	15	ЛЕД-Эффект ОФИС ГРИЛЬЯТО LE-CBO-03-040-0542-20X Интерьерное освещение

Рисунок 3 – План расположения светильников

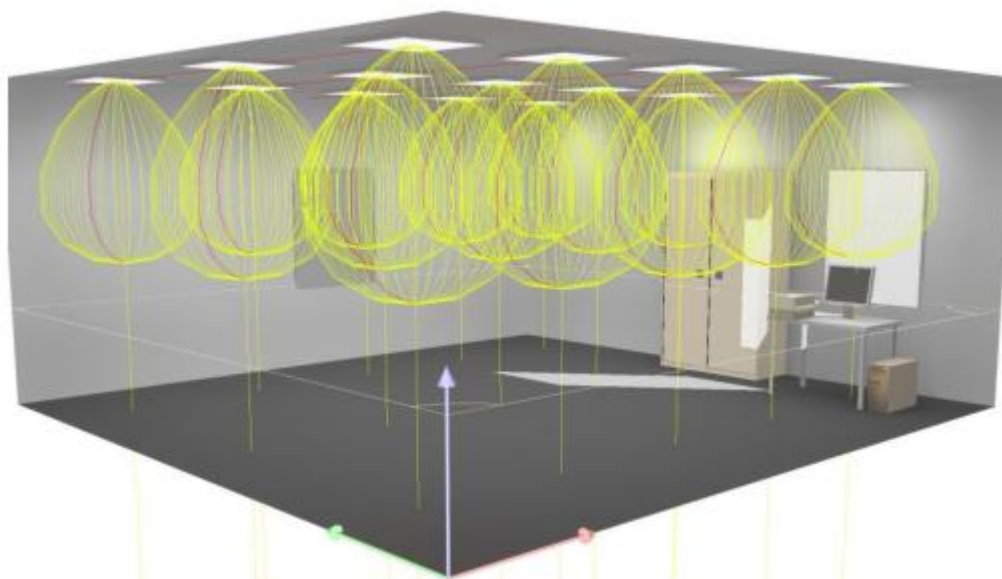


Рисунок 4 – 3D визуализация светильников

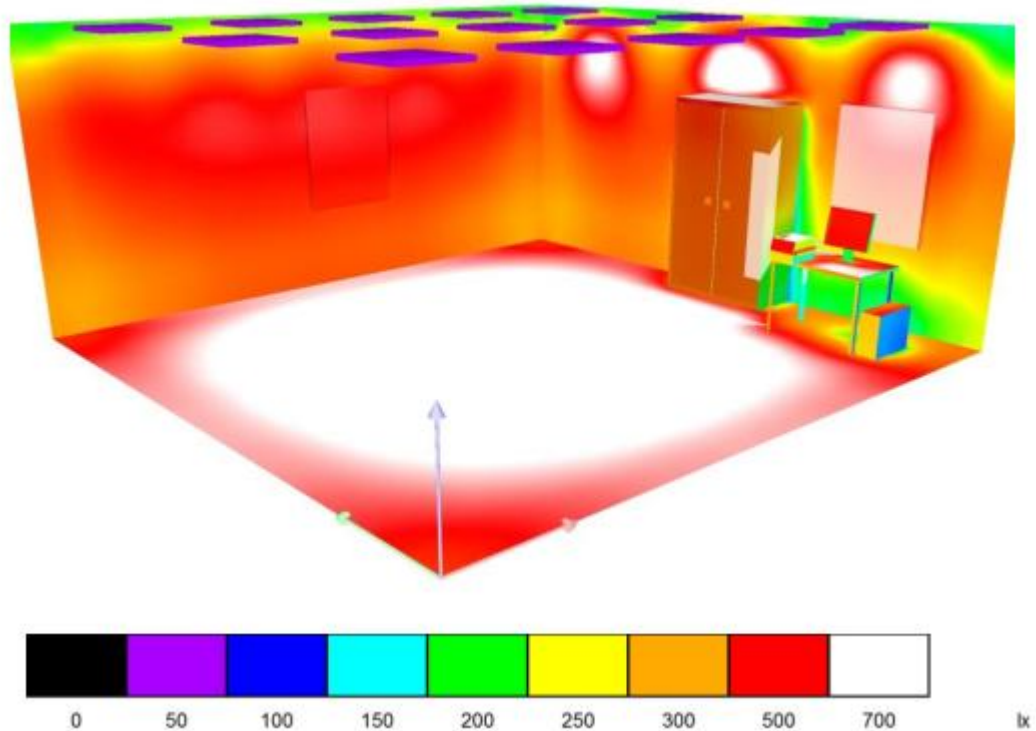


Рисунок 5 – Фиктивные цвета, визуализация светильников

Общий световой поток: 52496 lm
 Общая мощность: 495.0 W
 Коэффициент эксплуатации: 0.71
 Краевая зона: 0.000 m

Поверхность	Средние освещенности [lx]			Коэффициент отражения [%]	Средние Яркость [cd/m ²]
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	687	155	842	/	/
Полы	547	156	703	20	45
Потолок	0.00	177	177	70	40
Стенка 1	229	151	380	50	60
Стенка 2	184	135	318	50	51
Стенка 3	241	155	397	50	63
Стенка 4	250	154	404	50	64

Равномерность на рабочей плоскости
 $E_{\min} / E_{\text{ср}}$: 0.376 (1:3)
 E_{\min} / E_{\max} : 0.301 (1:3)

Удельная подсоединенная мощность: 13.56 W/m² = 1.61 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 36.51 m²)

Рисунок 6 – Светотехнические результаты

3.3 Электротехнический расчет

Зная мощность светильников и их количество, была рассчитана установленная мощность для каждого щита освещения, как рабочего ЩО, так и аварийного ЩАО. Коэффициент спроса, согласно справочным данным, равен единице [12]. Формула для расчета установленной мощности:

$$P_{уст} = N_{св} \times P_{св} \times K_c ,$$

где $P_{св}$ - номинальная мощность светильника, Вт;

N - количество светильников одной мощности, шт;

K_c – коэффициент спроса.

Результаты расчета освещения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета щитов рабочего и аварийного освещения

	$P_{уст}$	$P_{расч}$	$\cos\varphi$	K_c	I_p
ЩО-1.1	9,8	9,8	0,9	1,0	15,7
ЩО-1.2	1,88	1,88	0,9	1,0	3,02
ЩО-2.1	3,7	3,66	0,9	1,0	5,87
ЩО-3.1	10,1	10,1	0,9	1,0	16,2
ЩАО-1	4,1	4,1	0,92	1,0	6,43
ЩАО-2	0,8	0,79	0,9	1,0	1,27
ЩАО-3	4,5	4,49	0,92	1,0	7,08

Первый этаж включает в себя ЩО-1.1, ЩО-1.2 и ЩАО-1. Расчетная мощность первого этажа, согласно рассчитанной мощности для каждого щита освещения из таблицы 3:

$$P_{1\text{эт}} = P_{\text{ЩО1.1}} + P_{\text{ЩО1.2}} + P_{\text{ЩАО}} = 9,8 + 1,88 + 4,1 = 15,78 \text{ кВт}$$

Полуторный этаж включает в себя ЩО-2.1 и ЩАО-2. Расчетная мощность:

$$P_{1.5\text{эт}} = P_{\text{ЩО2.1}} + P_{\text{ЩАО2}} = 3,66 + 0,79 = 4,45 \text{ кВт}$$

Второй этаж включает в себя ЩО-3.1 и ЩАО-3. Расчетная мощность второго этажа:

$$P_{2\text{эт}} = P_{\text{ЩО3.1}} + P_{\text{ЩАО3}} = 10,1 + 4,49 = 14,59 \text{ кВт}$$

Теперь зная мощности поэтажно, можно найти мощность, необходимую для освещения всего здания:

$$P_{\text{зд}} = \sum P_n = P_{1\text{эт}} + P_{1.5\text{эт}} + P_{2\text{эт}} = 15,78 + 4,45 + 14,59 = 34,82 \text{ кВт}.$$

3.4 Система управления

Для снижения расхода электроэнергии освещения необходимо выбрать оптимальный режим работы всей осветительной установки и её отдельных элементов. Так же необходимо добиться наиболее полного использования естественного света, учета присутствия людей в помещениях или отдельных зонах. Указанные задачи возможно решить комплексно только применяя средства автоматического управления освещением (СУО) [4].

Управление системой освещения осуществляется по двум основным способам: отключением всех или части светильников (дискретное управление) и плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным).

К системам дискретного управления освещением в первую очередь относятся различные фотореле (фотоавтоматы) и таймеры. Принцип действия первых основан на включении и отключении нагрузки по сигналам датчика наружной естественной освещенности.

К системам дискретного управления освещением относятся также автоматы, оснащенные датчиками присутствия. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из него удаляется последний человек. Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления.

Применение стандарта DALI позволяет создать гибкую систему управления освещением. Принадлежность устройств к группам и назначение им сценариев выполняется программно. Это значительно упрощает проектирование системы. Кроме того, можно без больших затрат изменять конфигурацию системы при ремонтных работах, реконструкции или расширении в здании. Систему управления освещением DALI можно проектировать независимо от электрических сетей системы освещения.

Наличие в устройствах собственной энергонезависимой памяти делает систему устойчивой в аварийных ситуациях. При временном пропадании электропитания она быстро восстанавливает свою работоспособность.

По сравнению с другими системами управления освещением, монтаж и пусконаладочные работы системы DALI значительно проще. И в процессе наладки, и при эксплуатации диагностические команды позволяют быстро определить неисправный прибор.

Управление рабочим освещением осуществляется по трём управляющим воздействиям - по времени, по уровню естественной освещённости и по присутствию человека в помещении.

Управление по наличию человека осуществляется системой датчиков и реле на основе шины DALI. Управление освещением цеха осуществляется через контакторы в щите ЩО-1.1, в остальных помещениях управление осуществляется напрямую.

Для всех систем освещения имеется возможность переключения в ручной режим работы для проведения контроля или при иной необходимости. Так же имеется возможность принудительно отключить освещение независимо от работы автоматической системы. Данные переключения осуществляются переключателями SA1-SA3.

Принципиальная схема управления освещением представлена на рисунке 7.

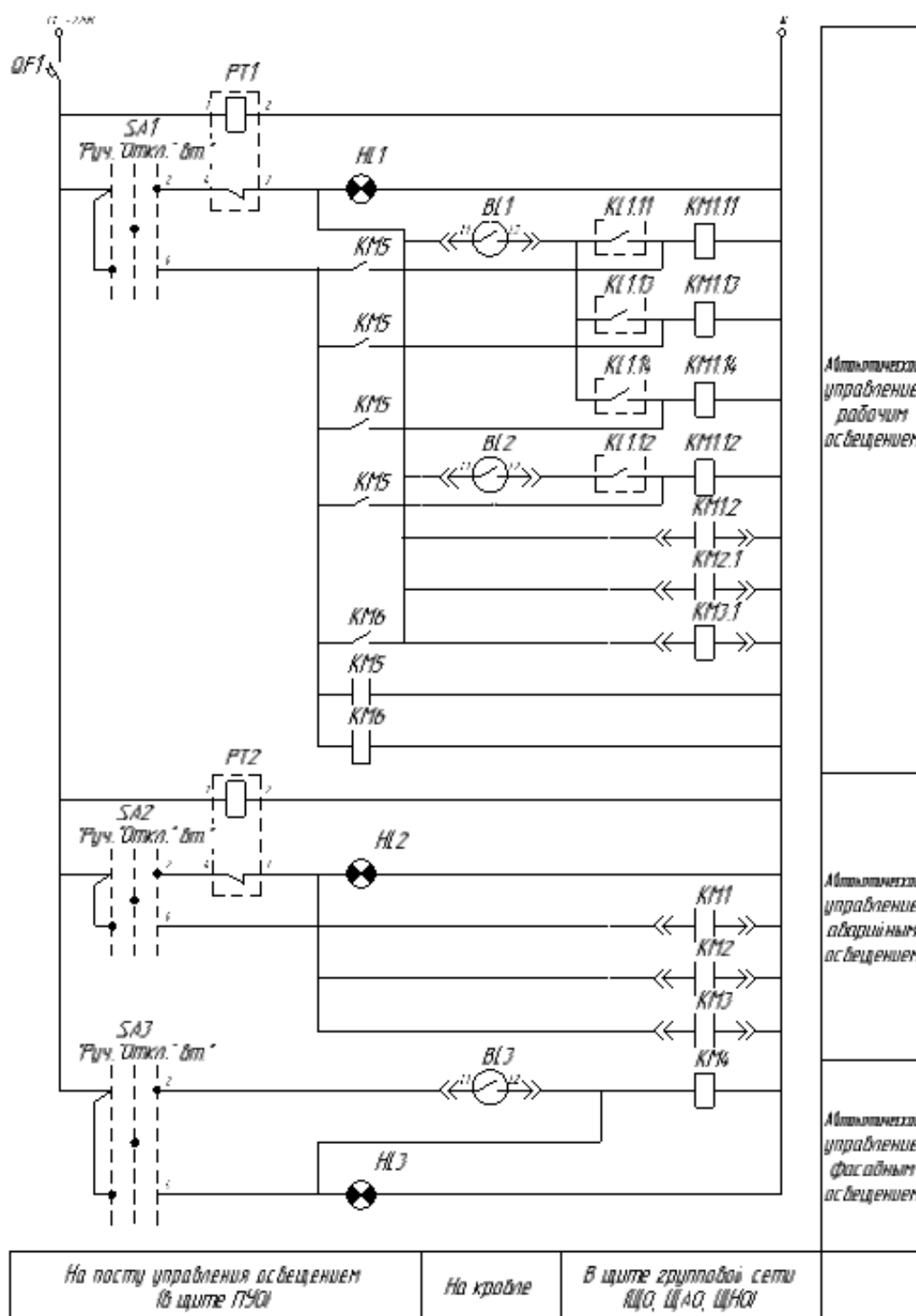


Рисунок 7 – Принципиальная схема управления освещением

Датчики присутствия предназначены для отключения светильников при отсутствии людей в помещении с определённой задержкой по времени (при необходимости). Датчики присутствия подразделяются на активные и пассивные.



Рисунок 8 – Датчик присутствия - EBDHS-DNET1

Универсальные компактные инфракрасные датчики присутствия разработаны для помещений с высокими потолками, зона действия до 40 метров, обеспечивает автоматический контроль за освещением, отоплением и вентиляцией. Никаких внешних блоков управления не требуется, так как устройство является автономным. Простое подключение соединения сокращает время установки. Дополнительный инфракрасный пульт дистанционного управления позволяет оптимизировать настройки и работу датчиков [13].

Управление по времени выполнено на базе цифровых таймеров РТ1 и РТ2. Рабочее освещение в здании отключается таймером РТ1 в 22.00, включается в 7.00. Аварийное освещение отключается таймером РТ2 в 22.30, включается в 7.00. Отключение аварийного освещения на 30 минут позже необходимо для покидания здания или для безопасного перевода системы освещения в ручной режим.

Управление по уровню естественной освещённости осуществляется в цеху по сигналу от фотореле ВЛ1 и ВЛ2, изображенного на рисунке 9.



Рисунок 9 – Фотореле Фр-601

В остальных помещениях по сигналу от датчиков присутствия, включающих функцию контроля освещённости. Управление освещением цеха двухуровневое, с включением освещения на 1/2 при небольшом снижении освещённости и включением на 2/2 при её значительном снижении.

Управление аварийным освещением осуществляется по времени. Аварийное освещение отключается в период с 22.30 до 7.00. Согласно инструкции по эксплуатации здания в данный период времени в здании находятся только сотрудники службы охраны. Освещение на посту охраны функционирует круглосуточно.

Управление фасадным освещением осуществляется от фотореле, установленного на кровле здания.

Система аварийного освещения объекта выполнена совместно с системой рабочего освещения на тех же типах светильников. Согласно классификации в соответствии с п.4.1 ГОСТ Р 55842-2013 система аварийного освещения включает в себя только эвакуационное освещение, включающее освещение путей эвакуации из здания (коридоры и лестничные клетки), антипаническое освещение (в помещениях в площадь более 60

м.кв) и освещение зон повышенной опасности (производственная площадка цеха). Нормы освещённости при работе системы аварийного освещения приняты не менее указанных в таблице 1 ГОСТ Р 55842-2013. Светильники системы аварийного освещения получают питание по I категории электроснабжения от собственных шкафов и имеют отдельный алгоритм управления. Монтаж светильников выполнен аналогично.

Кабельные линии групповой сети рабочего и аварийного освещения проложены за подвесным потолком в гофрированном шланге из негорючего ПВХ-пластиката и скрыто. Сеть выполнена трёхпроводной, на напряжение 220 В 50 Гц. Групповые линии защищены от сверхтоков короткого замыкания и перегрузок при помощи автоматических выключателей с номинальным током 6А с комбинированным расцепителем, характеристика типа "С" [26]. Соединение жил кабелей выполнено в пылевлагозащищённых распаячных коробках со степенью защиты IP55.

Для питания светильников рабочего и аварийного освещения проектом предусмотрена установка распределительных щитков рабочего освещения марки ЩРв на 12, 18 и 36 модулей, соответствующих ТУ3431-001-18461115-2003. Щитки встраиваемого исполнения, монтируются в ниши строительных конструкций (стен). Вводной автоматический выключатель трёхполюсный, на номинальный ток 16А с комбинированным расцепителем, характеристика типа "С" [26].

Для питания аварийного освещения проектом предусмотрено три щита аварийного освещения для каждого из этажей. Марка щитов ЩРв на 18 модулей. Для удобства и безопасности при эксплуатации система аварийного освещения предусматривает наличие аварийного светильника над каждым щитом рабочего освещения.

Питание фасадного освещения осуществляется от щита наружного освещения ЩНО, установленного на выходе на кровлю.

4 Внешние сети

4.1 Расчёт силовых нагрузок линий 0,4 кВ. Выбор марки и сечения кабелей

Первый этап выбора кабеля включал в себя сравнительный анализ производителей кабелей. Основные производители кабелей, которые были выбраны для сравнения:

- а) ОАО «Электрокабель» Кольчугинский завод, г. Н-Новгород;
- б) ООО «Камский кабель», г. Пермь;
- в) ОАО «Севкабель», г. Санкт-Петербург.

Окончательный выбор был сделан в пользу «Камкабеля» г.Пермь, так как «Камкабель» уверенно занимает лидирующие позиции среди кабельных заводов России. Обеспечивает выпуск качественных и надёжных кабелей с различными видами изоляции. Данная продукция очень востребована на рынке для различных отраслей электроэнергетики. «Камкабель» является одним из основных отечественных производителей медных и алюминиевых кабелей.

Определившись с производителями кабелей, изучил характеристики кабелей и выделил основные параметры для выбора:

- выбранный кабель должен проводить расчетный ток нагрузки, при этом не нагреваясь, а также выдерживать кратковременные перегрузки;
- падение напряжения в проводнике не должно превышать нормированных значений;
- защитные устройства (автоматические выключатели, предохранители) должны защищать проводники от перегрузки и коротких замыканий.

Рассмотрев основные марки кабелей, основу которых составляют кабели с медной и алюминиевой жилой. Кабели с алюминиевой жилой имеют следующие преимущества:

- небольшая масса;
- доступность по цене;

- стойкость к окислительным процессам;
- наличие защитной пленки. В процессе эксплуатации на проводке из алюминия формируется тонкий налет, уберегающий металл от окислительных процессов.

Основные оболочки кабелей, которые есть на рынке, состоят из поливинилхлорида или сшитого полиэтилена.

Также при выборе нужно учитывать пожарную безопасность в производственных помещениях, для этого рекомендуется применять кабели, у которых изоляция, оболочка и покрытия выполнены из невоспламеняющихся материалов, например из самозатухающего полиэтилена или поливинилхлоридного пластиката.

Основываясь на вышесказанном, был выбран кабель АПвБШвнг(А)-LS-1кВ [25]. Токопроводящая жила - алюминиевая, многопроволочная, секторная, по ГОСТ 22483. Изоляция - из сшитого полиэтилена. Сшитый полиэтилен на данный момент является одним из самых применяемых материалов при изготовлении изоляции силового и связного кабеля. Его уникальные свойства прочности, водонепроницаемости, устойчивости к термо-физическим и механическим нагрузкам позволяют создавать изоляционные материалы, по надежности и долговечности намного превосходящие кабели с бумажной изоляцией. Изолированные жилы имеют отличительную расцветку. Изоляция нулевых жил (N) выполняется синего цвета. Изоляция жил заземления (PE) выполняется двухцветной (зелено-желтой расцветки). Внутренняя оболочка-из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности. Броня из двух стальных оцинкованных лент. Оболочка – из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности [25].

Данный кабель предназначен для передачи и распределения электроэнергии в стационарных электротехнических установках на номинальное переменное напряжение 0,66 и 1 кВ номинальной частотой 50 Гц [8].

После выбора кабеля, был выполнен расчет в соответствии с нормами технического проектирования и руководящими документами [1].

Исходные данные для расчёта:

Так как нагрузка питающих кабелей составляет: 106,6 кВт (ГРЩ-1), 133,2 кВт (ГРЩ-2), 128кВт (ЭП №35), 119,1 кВт (ГРЩ-4), то в качестве расчета принимаем максимально загруженный кабель:

- Максимальная активную мощность энергопринимающих устройств – 133,2 кВт;
- Кол-во питающих кабелей – 1;
- Средний коэффициент мощности энергопринимающих устройств - 0,92.

Расчётная передаваемая по кабельной линии мощность:

$$P_{пер} = P_{max} K_c = 133,2 \times 1 = 133,2 \text{ кВт}$$

где, P_{max} - активная мощность потребителей, кВт

K_c - коэффициент спроса

Расчётный ток кабельной линии в рабочем режиме:

$$I_p = \frac{P_{пер}}{\sqrt{3} \times U_{ном} \times \cos\varphi} = \frac{133,2}{1,73 \times 0,4 \times 0,92} = 209,2 \text{ А}$$

где $P_{пер}$ - передаваемая по линии активная мощность, кВт;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение, кВ

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

Расчётный ток кабельной линии в аварийном режиме: Всего в проекте 4 главных распределительных щита (ГРЩ), в качестве аварийной ситуации

была принята связка из ГРЩ-3 (ЭП№ 35) мощность – 128кВт и ГРЩ-4 с мощностью 119,1 кВт. Суммарное значение мощности получается 247,1кВт. Соответственно ток в аварийном режиме равен:

$$I_A = \frac{P_{пер}}{\sqrt{3} \times U_{ном} \times \cos\varphi} = \frac{247,1}{1,73 \times 0,4 \times 0,92} = 388A$$

Выбор марки и сечения кабеля.

В соответствии с заданием на разработку проектной документации принят кабель с алюминиевыми многопроволочными жилами и изоляцией из поливинилхлоридного пластиката марки АПвБШвнг(А)-LS-1 1(4x240) на напряжение 1 кВ. В соответствии с таблицами допустимых токовых нагрузок производителя кабеля принят четырёхжильный кабель с сечением жил 240 мм² с длительно допустимым током 453 А при прокладке на воздухе и 397 А при прокладке в земле [4].

$$I_p < n_{каб} \times I_{дд}$$

$$209,2 < 1 \times 453 = 209,2A < 453A$$

$$I_A < n_{каб} \times I_{дд}$$

$$388 < 1 \times 453 = 388 < 453A$$

Выбранный кабель проходит по допустимому току, как для рабочего режима, так и для аварийного режима.

Далее необходимо провести проверку выбранного кабеля.

4.2 Проверка кабельных линий на потери напряжения

Проверка питающих линий по потерям напряжения в конце линии по методике из нормативно-технической документации, приведённой ниже [12].

Потери напряжения в конце кабельной линии:

$$\Delta U = \frac{P_{пер} (r_0 + tg \varphi \times x_0)}{n_{пар} \times U_{ном}} \times l_{л} = \frac{133,2 (0,132 + 0,43 \times 0,0587)}{1 \times 0,4} = 14,1 \text{ В},$$

где $P_{пер}$ - передаваемая по линии активная мощность, кВт;

l - длина линии, км;

r_0, x_0 - активное и реактивное удельное сопротивление кабеля, Ом/км;

$n_{пар}$ - число параллельных кабелей в линии;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение, кВ.

Потери напряжения в конце кабельной линии в процентах от номинального напряжения:

$$\Delta U = \frac{\Delta U, \text{В}}{400} \times 100\% = \frac{14,1}{400} \times 100\% = 3,53\%$$

где $U_{ном}$ - номинальное напряжение, В.

Согласно ГОСТ 32144-2013 допустимое отклонение напряжения на зажимах электроприёмника должно составлять не более чем $\pm 5\%$ от номинального [11]. Условие проверки кабельной линии на потери напряжения:

$$\Delta U, \% < 5\%$$

$$3,53\% < 5\%$$

Потери напряжения в конце линии находятся в допустимых пределах.

4.3 Проверка кабельных линий 0,4кВ на термическую стойкость

Проверка кабельных линий на термическую стойкость выполнена в соответствии с нормами технического проектирования по методике нормативно-технической документации, приведённой ниже [15].

Чтобы узнать ток короткого замыкания, был сделан запрос в энергоснабжающую организацию «ОРЭС», которая предоставила значение 12,32 кА, исходя из этого значения был выполнен дальнейший расчет:

$$I_{no} = 12,32 \text{ кА.}$$

$T_a = 0,06$ - значение постоянной времени цепи К.З. принято для системы, связанной со сборными шинами 0,4 кВ;

$$t_{в.откл} = 0,4 \text{ с - полное время отключения выключателя.}$$

Так как время отключения выключателя равно постоянной времени затухания апериодической составляющей тока К.З. $t_{откл} = T_a$ то интеграл Джоуля определим по формуле:

$$W_k = I_{no}^2 \times t_{откл} + T_a = 12,32^2 \cdot 0,4 + 0,06 = 66,24$$

где время отключения согласно ПУЭ складывается из времени действия основной релейной защиты данной цепи $t_{р.з.}$ и собственного времени отключения выключателя $t_{в.откл} = 0,4$ сек

Т.к. минимальное сечение кабеля определяется как:

$$S = W / C_m,$$

где C_m - коэффициент равный 90 А²/мм² при напряжении равном 0,4 кВ (ГОСТ 52736-2007, таблица 8),

Определим допустимый ток по термической стойкости для кабеля данного присоединения:

$$I_{терм} = \frac{S \cdot C_m}{t_{откл} + T_a} = \frac{150 \times 90}{0,4 + 0,06} = 29,3 \text{ кА}$$

Условие проверки кабеля на термическую стойкость:

$$I_{\text{терм}} > I_{\text{но}} 29,3 \text{ кА} > 12,32 \text{ кА}$$

Условие проверки выполняется.

4.4 Проверка кабельных линий 0,4кВ на невозгорание

Расчёт выполнен в соответствии с нормами технического проектирования и технического циркуляра Ц-02-98(Э) "Расчёт кабелей на невозгорание" для кабелей с изоляцией из поливинилхлорида напряжением до 1кВ [14]. Методика расчёта приведена ниже:

Значение начальной температуры жилы до К.З.:

$$Q_{\text{н}} = Q_0 + Q_{\text{дд}} - Q_{\text{окр}} \times \left(\frac{I_{\text{норм. расч}}}{I_{\text{длит. доп}}} \right) \times 2$$

$$Q_{\text{н}} = 10 + 90 - 5 \times \left(\frac{208,2}{453} \right) \times 2 = 87,3^{\circ} \text{C}, \text{ где}$$

Q_0 - фактическая температура окружающей среды во время К.З. 10;

$Q_{\text{дд}}$ - расчётно длительно допустимой температуры жилы, 90;

$Q_{\text{окр}}$ - значение расчётной температуры окружающей среды, 5.

Значение температуры жилы после К.З.:

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{н}} \times \exp K + a \exp x - 1$$

$$Q_{\text{к}} = 87,3 \times \exp 0,034 + 288 \exp 0,034 - 1 = 313^{\circ} \text{C}, \text{ где}$$

а - величина обратная коэффициенту электрического сопротивления при 0⁰С, равная 288;

к - коэффициент, определяемый $k = (b \cdot V_k) / S \cdot 2 = (45,65 \cdot 66,24) / 300 \cdot 2 = 0,034$

б - постоянная характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, для алюминиевой жилы равна 45,65

Предельно допустимая температура нагрева кабеля с полиэтиленовой изоляцией 0,4 кВ при коротких замыканиях составляет 400⁰С (Q=400⁰С) согласно ТУ 16.К01-35-2002 Условие проверки кабеля на невозгорание:

$$Q \geq Q_k$$

$$400^0 C > 313^0 C$$

Условие проверки выполняется.

Вывод: выбранный кабель АПвБШвнг(А)-LS-1кВ 4х240(мс) прошел проверку по допустимому току, по потере напряжения, которые составили 3,53%, когда максимально допустимое значение в точке присоединения не должно превышать 5%. С учетом того, что трехфазное короткое замыкание составляет 12,32кА, кабель прошел по термической стойкости и заключительной была проверка на невозгорание ($Q \geq Q_k$), по которой выбранный кабель тоже прошел. Исходя из полученного результата, кабель был выбран правильно.

4.5 Выбор электрооборудования распределительной сети и проводников

Схемы электрических сетей должны строиться исходя из требований, предъявляемых к электробезопасности и надежности электроснабжения электроприемников зданий.

В качестве шкафов вводно-распределительных устройств были выбраны шкафы производства компании ООО «ЭТС»:

- ВРУ-1-11-10 – вводной шкаф с переключателем на 250 А.
- ВРУ-1-47-00 – распределительный шкаф с предохранителями для защиты отходящих линий.
- ВРУ-1-17-70 – шкаф секционирования с выключателем на 100 А, предохранителями и АВР.

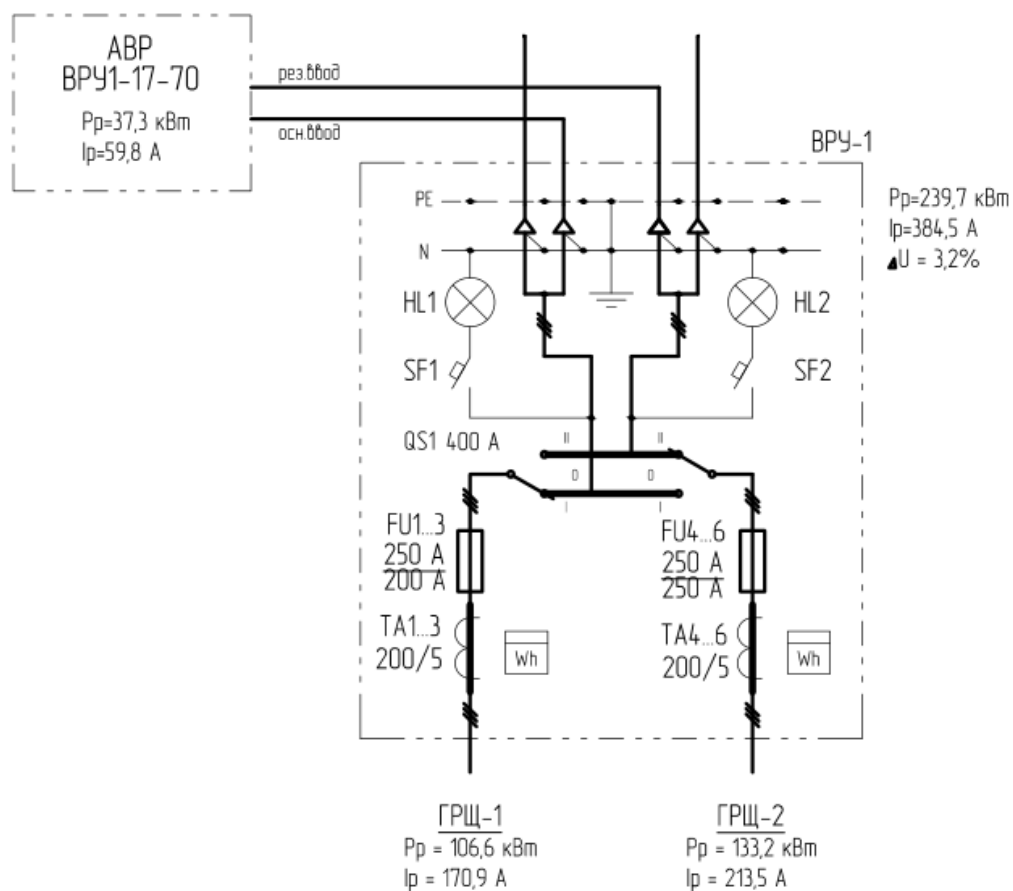


Рисунок 10 – Схема ВРУ-1

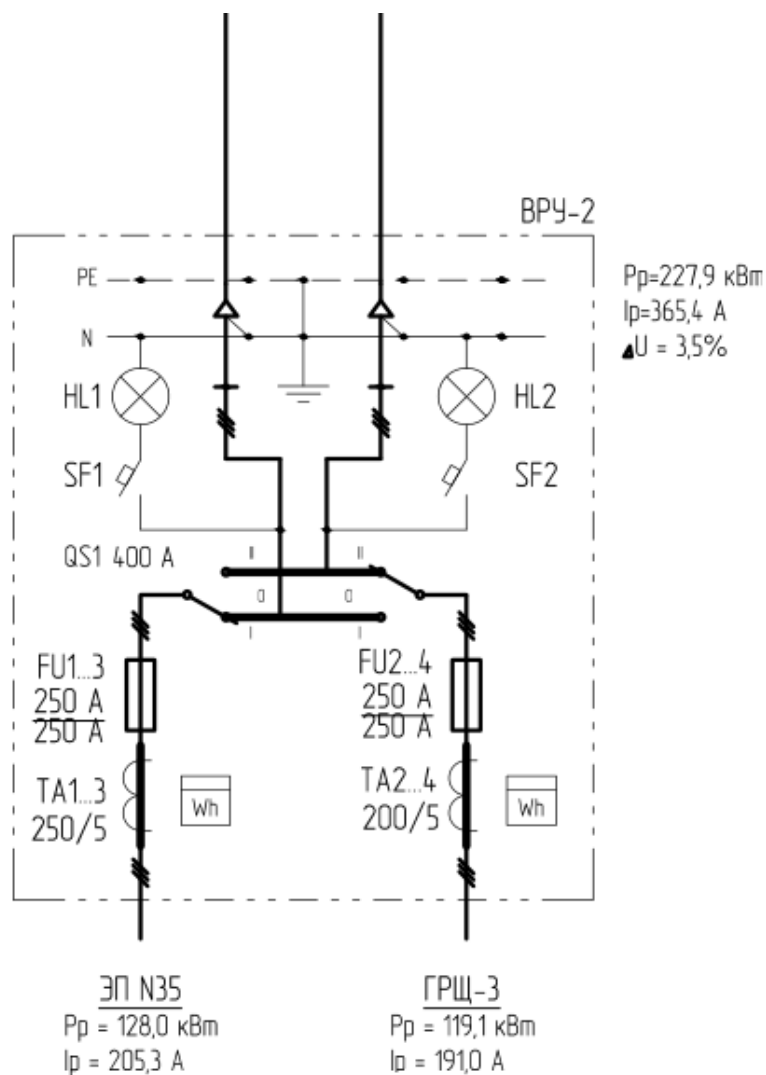


Рисунок 11 – Схема ВРУ 2

Внешнее электроснабжение объекта осуществляется от проектируемой двухтрансформаторной подстанции БКТП-909 6/0,4 кВ.

В соответствии с ПУЭ и СП 31-110-2003 категория надёжности потребителей электроэнергии – I и II [1].

Схема внешнего электроснабжения - радиальная, питающая сеть трёхфазная четырёхпроводная (TN-C) до ввода в здание мехмастерских и трёхфазная пятипроводная (TN-S) после вводного распределительного устройства (ВРУ). Режим работы нейтрали – глухозаземлённая [1].

Электроснабжение силового электрооборудования объекта осуществляется от проектируемых силовых распределительных щитов ГРЩ-1, ГРЩ-2 и ГРЩ-3, расположенных в помещении электрощитовой. Щиты

ГРЩ получают питание через шкафы вводного распределительного устройства: ВРУ-1 для ГРЩ-1 и ГРЩ-2 и ВРУ-2 для ГРЩ-3.

Однофазные электроприёмники распределены по фазам по возможности равномерно для исключения (минимизации) перекоса напряжений и снижения тока в N-проводнике. Мощность силового электрооборудования и освещения распределена между панелями ГРЩ по возможности одинаково.

В панелях ГРЩ предусмотрены резервные группы предохранителей для подключения дополнительных электроприёмников.

Оборудование вводного распределительного устройства ВРУ выбрано таким образом, чтобы при необходимости обеспечить длительную работу наиболее важных электроприёмников системы электроснабжения здания от одного ввода [12].

Для работы электроприёмников I категории предусмотрена панель автоматического ввода резерва (АВР). Для подключения групповых щитов, питающих электроприёмники I категории в помещении электрощитовой установлена распределительная панель щита гарантированного питания (ЩГП). Кабели распределительной сети от ЩГП проложены отдельно от остальных кабелей. Для электроприёмников, не допускающих даже кратковременного перерыва питания (персональные компьютеры охранной системы, серверы обработки данных) предусмотрены индивидуальные источники бесперебойного питания.

Электроснабжение системы рабочего и аварийного освещения объекта осуществляется от проектируемых силовых распределительных щитов ГРЩ-1, ГРЩ-2 (рабочее) и ЩГП (аварийное), расположенных в помещении электрощитовой. Щиты ГРЩ получают питание по кабельным линиям от двухтрансформаторной подстанции БКТП-909 через шкаф вводного распределительного устройства ВРУ.

Для обеспечения электроприёмников силовой сети здания электроэнергией предусмотрено питание силовых групповых щитков от

разных панелей главного распределительного щита ГРЩ. Каждая панель ГРЩ запитана по собственному вводу от ВРУ через предохранители с номинальным током 250 А и перекидной рубильник. Рубильник позволяет присоединить панель ГРЩ к любому из вводов для сохранения электроснабжения потребителей на время проведения ремонтных работ на кабельной линии. Переключение осуществляется в ручном режиме.

Для обеспечения электроснабжения электроприёмников I категории (аварийное освещение, система пожаротушения, вентиляции, пассажирский лифт) предусмотрена панель ЩГП, присоединённая к ВРУ через шкаф автоматического ввода резерва АВР. Электроснабжение осуществляется от разных вводов ВРУ, ввод №1 является основным. Переключение между вводами осуществляется автоматически при исчезновении напряжения на основном вводе. При восстановлении напряжения происходит автоматическое переключение на основной ввод. Возможно так же принудительное переключение на любой из вводов.

В случае пожара предусмотрено автоматическое отключение установок вытяжной и приточной вентиляции, а так же кондиционеров. В нормальном режиме управление вытяжными вентиляторами осуществляется с кнопочных постов, расположенных непосредственно у вытяжной установки. Отключение вытяжных вентиляторов при пожаре осуществляется путём отключения магнитного пускателя на вводе в щит ЩВС-В по сигналу от пожарной сигнализации. Отключение систем кондиционирования при пожаре осуществляется аналогично, путём обесточивания шкафов ЩВС-К магнитным пускателем на вводе в щит.

Шкафы управления приточными установками оснащены встроенной системой аварийного отключения при пожаре, предотвращающей замерзание калориферов (отключается только вентилятор), в связи с чем обесточивание приточной венткамеры в случае пожара не требуется. Сигнал на отключение приточной вентиляции поступает по контрольному кабелю непосредственно в шкаф управления приточной установкой от пожарной сигнализации.

В соответствии с ПУЭ, 7 издание п. 2.3.83, при прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака [1]. Взаиморезервируемые кабели прокладываются в разных траншеях, расстояние в свету между траншеями составляет 1 м.

Глубина заложения силовых кабелей (КЛ) от уровня окончательно спланированной территории составляет не менее 0,7 м для напряжения линии до 20 кВ. Возможно изменение указанной глубины до 0,5 м на при вводе линий в здания (но не более 5 м), а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений.

В таблице 4 представлен кабельный журнал питающей сети.

Таблица 4 – Кабельный журнал питающей сети

Маркировка кабеля	Трасса		Кабель		
	Начало	Конец	По проекту		
			Марка	Количество кабелей и сечение жил	Длина, м
П1-ф.2	п/ст РУ- 0,4 кВ ф.2	ВРУ-1 ввод 1	АПвБШвнг(А)- LS	1 каб. 4x240(мс)-1кВ	253
П2-ф.11	п/ст РУ- 0,4 кВ ф.11	ВРУ-1 ввод 2	АПвБШвнг(А)- LS	1 каб. 4x240(мс)-1кВ	268
П3-ф.3	п/ст РУ- 0,4 кВ ф.3	ВРУ-2 ввод 1	АПвБШвнг(А)- LS	1 каб. 4x240(мс)-1кВ	258
П4-ф.12	п/ст РУ- 0,4 кВ ф.12	ВРУ-2 ввод 2	АПвБШвнг(А)- LS	1 каб. 4x240(мс)-1кВ	272

5 Перечень мероприятий по заземлению и занулению

5.1 Заземление

В соответствии с требованиями гл. 1.7 ПУЭ все нетоковедущие части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены [1]. Проектом предусмотрены следующие мероприятия по заземлению:

- предусмотрен общий контур заземления для здания объекта и примыкающего к нему здания корпуса АБК. Вновь проектируемый наружный контур здания присоединяется в двух точках к существующему контуру корпуса АБК. Сопротивление существующего контура согласно протокола соответствует нормам ПУЭ.

- заземляющее устройство имеет наружный контур заземления, выполненный вертикальными заземлителями, соединёнными стальной полосой при помощи сварки. В соответствии с гл. 1.7 ПУЭ сопротивление заземляющего устройства не должно быть более 4 Ом (независимо от времени года).

- в технических помещениях здания (электрощитовая, венткамера, тепловой узел, водомерный узел) выполнены внутренние контуры заземления, соединённые между собой и с наружным контуром. Соединение с наружным контуром выполнено методом сварки в двух точках для каждого внутреннего контура.

- контур окрашивается в жёлто-зелёный цвет и имеет соответствующую маркировку.

- в здании выполнена система уравнивания потенциала. Присоединение металлических деталей и трубопроводов осуществляется к главной заземляющей шине (ГЗШ) выполненной в виде щитков заземления (на каждом этаже) проводом ПуГВ сечением 6 мм.кв. Щитки ГЗШ на этажах соединены отдельным проводником ПуГВ сечением 16 мм.кв. с заземляющим устройством здания (в электрощитовой).

- шины защитного заземления силовых групповых щитков соединены с шиной защитного заземления ГРЩ и ВРУ при помощи проводника "РЕ" силовых кабелей распределительной сети (система TN-S). Шины защитного заземления щитков, ГРЩ и ВРУ так же присоединены к ГЗШ отдельным проводником.

Расчёт заземляющего устройства выполняется в соответствии с Правилами устройства электроустановок [2].

1. Уточнённое удельное сопротивление грунта в районе строительства:

$$\rho = \rho_{уд} \times \psi$$

$$\rho = 100 \times 1,1 = 110 \text{ Ом} \times \text{м}, \text{ где}$$

$\rho_{уд}$ - удельное сопротивление грунта, Ом*м;

ψ - коэффициент сезонного изменения удельного сопротивления.

2. Сопротивление вертикального электрода:

$$R_{в} = 0,366 \times \rho_{о} / L \times \lg 2 \times L / 0,95d + 0,5 \lg 4t + L / 4t - L$$

$$R_{в} = 0,366 \times 110 / 3 \times \lg 2 \times 3 / 0,95 \times 0,018 + 0,5 \lg 4 \times 2,2 + 3 / 4 \times 2,2 - 3$$

$$R_{в} = 34,31 \text{ Ом}, \text{ где}$$

L - длина стержня, м;

d - внешний диаметр стержня, м;

t - расстояние от поверхности земли до середины электрода, м.

3. Сопротивление горизонтального электрода:

$$R_{г} = 0,366 \times \rho_{о} / Ln \times \lg 2 \times Ln \times Ln / b \times t$$

$$R_2 = 0,366 \times 110 / 190 \times \lg 2 \times 25 \times 25 / 0,04 \times 0,7 = 7,49 \text{ Ом, где}$$

L_p - длина полосы, м;

b - ширина полосы, м;

t - расстояние от поверхности земли до полосы, м.

4. Коэффициенты использования: - вертикальных электродов:

$K_{ив} = 0,76$ - горизонтальной полосы

$K_{ип} = 0,56$

5. Суммарное сопротивление вертикальных электродов:

$$R_{в.сум} = R_в / n \times K_{ив} \quad R_{в.сум} = 34,31 / 8 \times 0,76 = 5,64 \text{ Ом}$$

4. Суммарное сопротивление полосы:

$$R_{г.сум} = R_2 / K_{ип} \quad R_{г.сум} = 7,49 / 0,56 = 13,37 \text{ Ом}$$

7. Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R_3 = R_{в.сум} \times R_{г.сум} / R_{в.сум} + R_{г.сум}$$
$$R_3 = 5,64 \times 13,37 / 5,64 + 13,37 = 3,97 \text{ Ом}$$

8. Проверка сопротивления заземляющего контура на соответствие требованиям ПУЭ:

$$R_3 < R_{норм},$$

где $R_{норм} = 4 \text{ Ом}$ - нормируемое ПУЭ значение сопротивления заземляющего устройства

$$R_z < R_{норм} = 3,97 \text{ Ом} < 4,0 \text{ Ом}$$

Спроектированное заземляющее устройство соответствует требованиям гл. 1.7 ПУЭ Внешнее заземляющее устройство состоит из замкнутого контура длиной 190 м и 8-и вертикальных заземлителей, расположенных по периметру контура равномерно на расстоянии друг от друга не менее 3 метров.

5.2 Молниезащита

Молниезащита здания выполнена в соответствии с РД 34.21.122-87. В качестве молниеприёмного устройства используется металлическое покрытие кровли. В соответствии с РД 34.21.122-87 молниеприёмное устройство соединено с наружным контуром заземления. Соединение выполняется при помощи металлических опусков токоотводов в количестве 4-х штук. Токоотводы выполнены из стального прутка диаметром $D=8$ мм, расположены по возможности равномерно по периметру здания, но не ближе 3,0 м от входов. Присоединение токоотводов к наружному контуру заземления здания выполнено при помощи сварки [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована система электроснабжения и электрохозяйства корпуса завода технологической оснастки.

По исходным данным был произведен расчет силовых нагрузок, который представлен в виде таблицы 2. Силовые щиты выбраны компании ИЭК, а электрические аппараты компании Legrand. В качестве производителя светильников была выбрана компания «ЛЕД-Эффект», сделан светотехнический расчет в программе «DiaLux» для всего проектируемого здания.

После выбора светильников, была разработана система рабочего освещения, компании DALI, работа которой осуществляется по трём управляющим воздействиям - по времени, по уровню естественной освещённости и по присутствию человека в помещении.

В качестве питающих здание кабелей был выбран кабель АПвБШвнг(А)-LS-1кВ. После чего производилась проверка данного кабеля на потери напряжения, которые составили 3,53%, согласно ГОСТ это значение должно быть меньше 5 %, исходя из этого расчета был сделан вывод, что потери напряжения находятся в допустимых пределах.

Затем кабель был проверен на термическую стойкость и невозгорание. С учетом того, что трехфазное короткое замыкание составляет 12,32кА, кабель прошел по термической стойкости и проверку на невозгорание ($Q \geq Q_k$).

В качестве шкафов вводно-распределительный устройства были выбраны шкафы производства компании ООО «ЭТС»:

- ВРУ-1-11-10 – вводной шкаф с переключателем на 250 А.
- ВРУ-1-47-00 – распределительный шкаф с предохранителями для защиты отходящих линий.

– ВРУ-1-17-70 – шкаф секционирования с выключателем на 100 А, предохранителями и АВР.

Последним этапом проектирования системы электроснабжения – было проектирование системы заземления и молниезащиты. Спроектировано заземляющее устройство, которое состоит из замкнутого контура длиной 190 м и 8-и вертикальных заземлителей, расположенных по периметру контура равномерно на расстоянии друг от друга не менее 3 метров. В качестве вертикального электрода принят стальной прутки диаметром $D=18$ мм из стали марки СтЗпс5 длиной $L=3$ м. В качестве горизонтального заземлителя принята стальная полоса сечением 5×40 мм из стали марки СтЗпс5. Полоса укладывается в кабельной траншее на глубине от планировочной отметки земли. Сопротивление заземляющего устройства в любое время года не превышает 4 Ом. Спроектированное заземляющее устройство соответствует требованиям гл. 1.7 ПУЭ.

Молниезащита здания выполнена соответствии с РД 34.21.122-87. В качестве молниеприёмного устройства используется металлическое покрытие кровли. В соответствии с РД 34.21.122-87 молниеприёмное устройство соединено с наружным контуром заземления. Соединение выполняется при помощи металлических опусков токоотводов в количестве 4-х штук. Токоотводы выполнены из стального прутка диаметром $D=8$ мм, расположены по возможности равномерно по периметру здания, но не ближе 3,0 м от входов.

Таким образом, получен объект, удовлетворяющий требованиям всех современных нормативно-технических документов (ПУЭ, ГОСТ, СНиП).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок М.: Стандартинформ, 2001. 330 с.
2. ГОСТ 12.1.030-2001 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление: введ. 2001-01-08. М.: Стандартинформ, 2001
3. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: НЦ ЭНАС, 2004
4. Шеховцев В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2016. 136 с.
5. Короткие замыкания и выбор электрооборудования : учебное пособие для вузов / И.П. Крючков [и др.]. М. : Издательский дом МЭИ, 2012. 568 с.
6. Васильева Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения : учеб. пособие. М. : Горячая линия-Телеком, 2015. 152 с.
7. Митрофанов С.В. Моделирование в электроэнергетике : учебное пособие : учеб. пособие. Оренбург : ОГУ, 2015. 143 с.
8. Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения: учебник : учеб. пособие. М. : Форум, 2017. 450 с.
9. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]: введ. 01.01.2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754>(дата обращения 10.05.18)
10. ГОСТ 721-77. Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В. Москва : Издательство стандартов, 1977. 5 с.
11. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии [Текст]. Москва : Издательство стандартов, 2014. 16 с.
12. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Текст]. Москва : Издательство стандартов, 2004. 52 с.

13. СП 53.13330–2010 Естественное и искусственное освещение [Текст]. Москва : Издательство стандартов, 2011. 18 с.
14. Ц-02-98(Э) Расчет кабелей на возгорание. 1998. 14 с.
15. ГОСТ Р 52736-2007 Методы расчёта электродинамического и термического действия тока короткого замыкания. М.: Стандартинформ, 2007. 44 с
16. Ц-16.2007 Прокладка взаиморезервируемых кабелей в траншеях. 2007. 80 с.
17. Номенклатурный каталог. Камский кабель, 201. 130 с.
18. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. Основы электроснабжения: учеб. пособие для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2017. 173 с. (Университеты России).
19. Славинский А.К, Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2015. 448 с.
20. Вахнина В.В., Самолина О.В., Черненко А.Н. Требования к выпускной квалификационной работе бакалавров: учебно-методическое пособие для студентов направления 13.03.02. Тольятти: ТГУ, 2018. 34 с.
21. Молния и молниезащита Г. Н. Александров; Ин-т электрофизики и электроэнергетики РАН. М. : Наука, 2018. 274 с.
22. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей: 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.
23. Ерошенко Г.П., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2014. 336 с. (Высшее образование: Бакалавриат).
24. Киреева Э.А., Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчётов): справочное издание. М.: КНОРУС, 2013. 864 с.

25. Силовые кабели АПВБШВнг(А)-LS. ЭлектроКомплект-Сервис. [Электронный ресурс] URL: <https://e-kc.ru/price/avbshvnga-ls> (дата обращения: 18.10.2018).
26. Автоматические выключатели. Schneider Electric. [Электронный ресурс] URL: <https://www.se.com/ru/ru/product-range/7556-acti-9-ic60/?parent-category-id=1600&parent-subcategory-id=1605> (дата обращения: 21.01.2019).
27. Hermina N.P., Golovanov N.K., Luminita E.L. Propagation of disturbances as voltage fluctuations in transmission networks. // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2016 Vol. 16, №4.
28. Daza S. A. Electric Power System Fundamentals : tutorial. London : Artech house, 2016. 405 p.
29. Survey about Classical and Innovative Definitions of the Power Quantities Under Nonsinusoidal Conditions / G. Bucci [at al.] // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2017. Vol. 15, № 4.
30. Billings, K. Switchmode power supply handbook; K. Billings, T. Morey // Holon McGraw-Hill book company, 2014. 858 p.