

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка системы освещения производственного корпуса завода
железобетонных конструкций

Обучающийся

С.Н. Ребицкий

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Выпускная квалификационная работа на тему «Разработка системы освещения производственного корпуса завода железобетонных конструкций» посвящена вопросу разработки системы освещения помещений промышленного предприятия, соответствующей действующей нормативной документации.

В работе приведено описание рассматриваемого предприятия. Выполнен светотехнический расчет с выбором необходимого количества осветительных приборов для обеспечения уровня освещенности, соответствующего требованиям нормативных документов.

Для выбранного количества осветительных приборов проведен расчет электрических нагрузок. С учетом полученных значений расчетных нагрузок выполнен выбор кабельной продукции, коммутационных аппаратов и щитов освещения.

Для обеспечения экономичности и возможности управления освещением в основном помещении корпуса, разработана система автоматики управления освещением с использованием микропроцессорных контроллеров и контакторов.

Содержание

Введение	4
1 Общая часть	6
1.1 Описание корпуса завода железобетонных конструкций.....	6
1.2 Светотехнический расчет	9
2 Расчет системы электроснабжения	23
2.1 Расчет электрических нагрузок системы освещения	23
2.2 Выбор схемы электроснабжения системы	27
2.3 Расчет и выбор кабельных линий, питающих систему освещения	31
2.4 Выбор щитов и коммутационных аппаратов системы освещения	36
3 Выбор схем и устройств автоматики управления освещением	43
3.1 Выбор схем автоматики управления освещением.....	43
3.2 Выбор элементной базы схемы автоматики.....	45
Заключение	48
Список используемых источников.....	49

Введение

Тема выпускной квалификационной работы – «Разработка системы освещения производственного корпуса завода железобетонных конструкций». В рамках выполнения данной выпускной работы разрабатывается система освещения помещений промышленного предприятия, соответствующая действующей нормативной документации.

Качество освещения промышленного предприятия оказывает непосредственное влияние на условия труда работников корпуса, на производительность предприятия.

Современные системы освещения являются сложными технологическими комплексами, требующими тщательного подхода к проектированию светотехнических устройств и системы электроснабжения, обеспечивающей стабильное качество электрической энергии для питания светильников и высокую степень надежности электроснабжения. Требуется выполнить проектирование системы электроснабжения как системы рабочего освещения, так и системы аварийного и эвакуационного освещения.

Цель работы – разработка комплексной системы освещения производственного корпуса завода железобетонных конструкций, обеспечивающей оптимальные условия труда при максимальной энергоэффективности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести комплексный анализ существующих систем освещения на предприятиях аналогичного профиля, выявить их преимущества и недостатки;
- исследовать современные нормативные требования к освещению производственных помещений и специфические особенности освещения заводов ЖБИ;

- разработать решения по выбору и размещению осветительного оборудования с учетом специфики производственного процесса
- разработать проект системы электроснабжения для осветительной сети, обеспечивающий надежность и бесперебойность работы;
- разработать схему управления системой освещения и выбрать ее элементную базу.

Исследование направлено на создание современного подхода к проектированию систем освещения производственных помещений, сочетающего традиционные методы с цифровыми системами управления освещением.

В результате выполнения работы необходимо разработать схему размещения осветительного оборудования, выполнить расчет необходимого уровня освещенности для различных зон производственного корпуса, выбрать технические характеристики рекомендуемых светильников, разработать схему системы управления освещением для основного помещения цеха.

1 Общая часть

1.1 Описание корпуса завода железобетонных конструкций

При выполнении ВКР выполняется проектирование системы электроснабжения системы освещения корпуса завода железобетонных конструкций.

Производственный корпус является ключевым подразделением завода ЖБИ и отвечает за производство арматуры, опалубки, инвентаря для производства ЖБИ, техническое обслуживание и ремонт производственного оборудования.

Он разделен на несколько подразделений, занимающихся такими работами, как механическая обработка, сварка, шлифовка, нарезка резьбы и контроль качества. Поскольку производственный корпус играет решающую роль в деятельности завода ЖБИ, система электроснабжения и электроосвещения должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить надежное и высококачественное электроснабжение осветительных приборов, электродвигателей, вентиляторов, кранов, компрессоров и сварочных аппаратов корпуса.

План производственного корпуса приведен на рисунке 1.

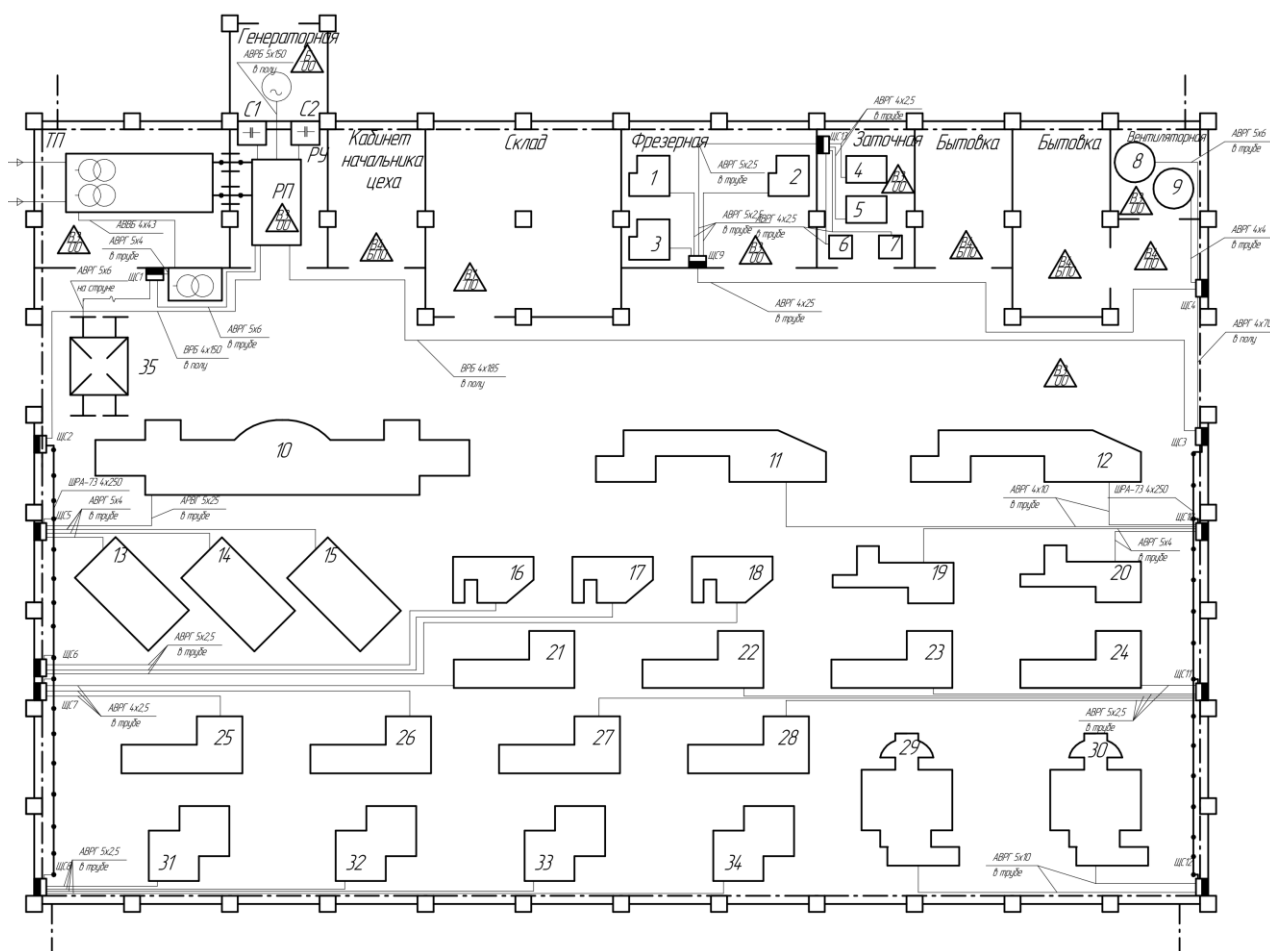


Рисунок 1 – План производственного корпуса

Перечень электроприемников цеха приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень электроприемников

№ на плане	Наименование	Марка	Количество
1...3	Карусельно-фрезерный станок	Axis 6A23	3
4, 5	Станок заточный	Partner PP	2
6, 7	Станок наждачный	3M636	2
8	Вентилятор приточный	4A180M2CB	1
9	Вентилятор вытяжной	4A180S2CX	1
10	Продольно-строгальный станок	Axis 7220	1
11...12	Плоскошлифовальный станок	STALEX SG-60160AHD	2

Продолжение таблицы 1

№ на плане	Наименование	Марка	Количество
13...15	Продольно-фрезерный станок	KPM 1020	3
16...18	Резьбонарезной станок	axion BS 36 GL	3
19, 20	Токарно-револьверный станок	DL30M	2
21...28	Полуавтомат фрезерный	ДФ-861	8
29, 30	Зубофрезерный станок	BCH-350 NC22	2
31...34	Полуавтомат зубофрезерный	ЧПУ 53A11Ф3	4
35	Кран мостовой	МТФ(Н)412-8	3

Здание производственного корпуса разделено на несколько участков:

- участок механической обработки;
- фрезерная;
- заточная;
- вентиляционная;
- бытовки;
- склад;
- кабинет начальника цеха;
- помещение ТП;
- помещение распределительного устройства низкого напряжения.

На участке механической обработки расположена большая часть технологического оборудования цеха, к которому относятся продольно-строгальные станки, плоскошлифовальные станки, продольно-фрезерные станки, токарные станки, резьбонарезные станки, фрезерные станки, мостовой кран.

На участке механической обработки производится обработка изделий и деталей для производства ЖБИ.

С использованием продольно-строгальных станков производится черновая обработка металлических поверхностей заготовок для изготовления запчастей оборудования из стали, чугуна и цветных металлов. Часть станков

используется также для чистовой подготовки изделий и финишного строгания поверхностей с заданной точностью и допусками.

На плоскошлифовальных станках происходит обработка металлических поверхностей с использованием абразивов при выполнении конечных финишных операций, требующих высокой точности и чистоты поверхности изделий.

Для черновой, получистовой и чистовой обработки изделий как плоской, так и сложной геометрической формы, имеющих крупные геометрические размеры используются продольно-фрезерные станки. В качестве режущего инструмента используются фрезы из быстрорежущей стали и твердосплавные пластины.

Изготовление, а также обработка изделий цилиндрической формы на участке механической обработки осуществляется с использованием токарных станков с ЧПУ.

Выработка точной наружной и внутренней резьбы осуществляется с использованием резьбонарезных станков.

Мостовой кран предназначен для погрузки, разгрузки габаритных изделий, а также для выполнения работ по сборке и разборке сложных составных изделий.

Для обработки более мелких изделий сложной формы используются фрезерные станки с ЧПУ, расположенные в отдельном помещении – фрезерной.

Подготовка и заточка режущего инструмента для участка механической обработки осуществляется в заточной.

1.2 Светотехнический расчет

В данном разделе производится расчет нагрузок сетей освещения производственного корпуса. Он необходим для определения расчетной нагрузки.

«Осветительные установки выполняются по системе либо общего, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно, либо комбинированного освещения, когда к общему еще добавляется местное освещение, дополнительное, создаваемое светильниками непосредственно на рабочих местах. Система общего освещения применяется в производственных помещениях с невысоким уровнем освещенности (до 200 лк). В помещениях с I-III, IVa, IVб, Va разрядами работ следует применять систему комбинированного освещения» [8]. Предусматривать для них систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения.

Система искусственного освещения по [4] включает в себя несколько типов освещения, каждый из которых выполняет определённые функции (рисунок 4).

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального уровня освещённости в помещениях и на рабочих местах. Оно используется в течение всего рабочего времени.

Аварийное освещение, согласно [3] включается в случае отключения основного источника питания. Оно обеспечивает минимальную освещённость для безопасного завершения работы или эвакуации.

Дежурное освещение используется в нерабочее время для поддержания минимальной освещённости в помещениях.

Архитектурное освещение применяется для подсветки зданий, фасадов и других архитектурных элементов, создавая эстетический эффект.

Эвакуационное освещение – обеспечивает безопасный выход людей из здания в случае чрезвычайной ситуации. Оно должно быть достаточно ярким и видимым даже при отключении основного освещения.

Резервное освещение – используется как дополнительный источник света в случае неисправности основного освещения.

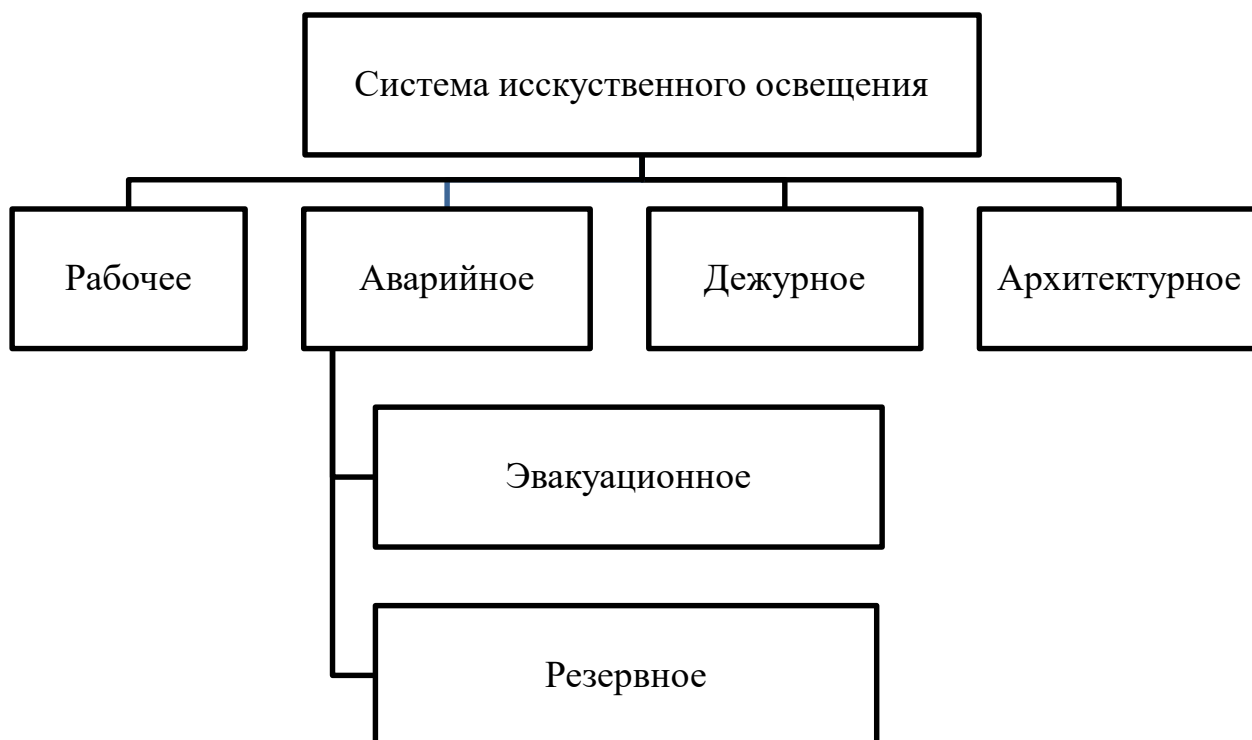


Рисунок 2 – Типы искусственного освещения

С учетом специфики помещений цеха, будут применены рабочее, аварийное и эвакуационное освещение. В качестве дежурного освещения будут применены светильники рабочего освещения.

Неравномерность освещенности $E_{\max}/E_{\min}$ в зоне размещения рабочих мест для работ I—III разрядов при люминесцентных лампах должна быть не более 1,3, при других источниках света - 1,5; для работ разрядов IV-VII - 1,5 и 2,0 соответственно.

Неравномерность освещенности допускается повышать до трех в тех случаях, когда по условиям технологии светильники общего освещения могут устанавливаться только на площадках, колоннах или стенах помещения.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна составлять не менее 25 % освещенности, создаваемой светильниками общего освещения.

«Выбираем систему общего освещения с равномерным расположением светильников в верхней зоне помещения.

Выбор типа источника производится исходя из его экономичности (большая световая отдача при большем или том же сроке службы), правильной передачи цветов освещаемых объектов (там, где это важно) и удобства эксплуатации» [16]. Правильная передача цветов обеспечивается цветопередачей, характеризующей влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартными источниками света.

«Для освещения помещений, как правило, предусматриваются светодиодные лампы.

Выбор типа светильников производится с учетом требований к его светораспределению; степени защиты по условиям среды; экономичности установки в целом» [11]

«При системе общего освещения применяется равномерное и локализованное размещение светильников. При равномерном размещении обеспечивается достаточная равномерность освещенности по всей площади помещения в целом. В этом случае расстояние между светильниками в каждом ряду неизменно, расстояние между рядами берется также постоянным.

При локализованном размещении положение каждого светильника зависит от расположения оборудования. Оно применяется при локализованном размещении станков; в специальных случаях, обусловленных требованием технологии, и, наконец, случае, если по условиям работы невозможно устройство местного освещения» [15].

Для выбора количества светильников, требуется определить размеры помещений цеха. Размеры представлены на рисунке 3.

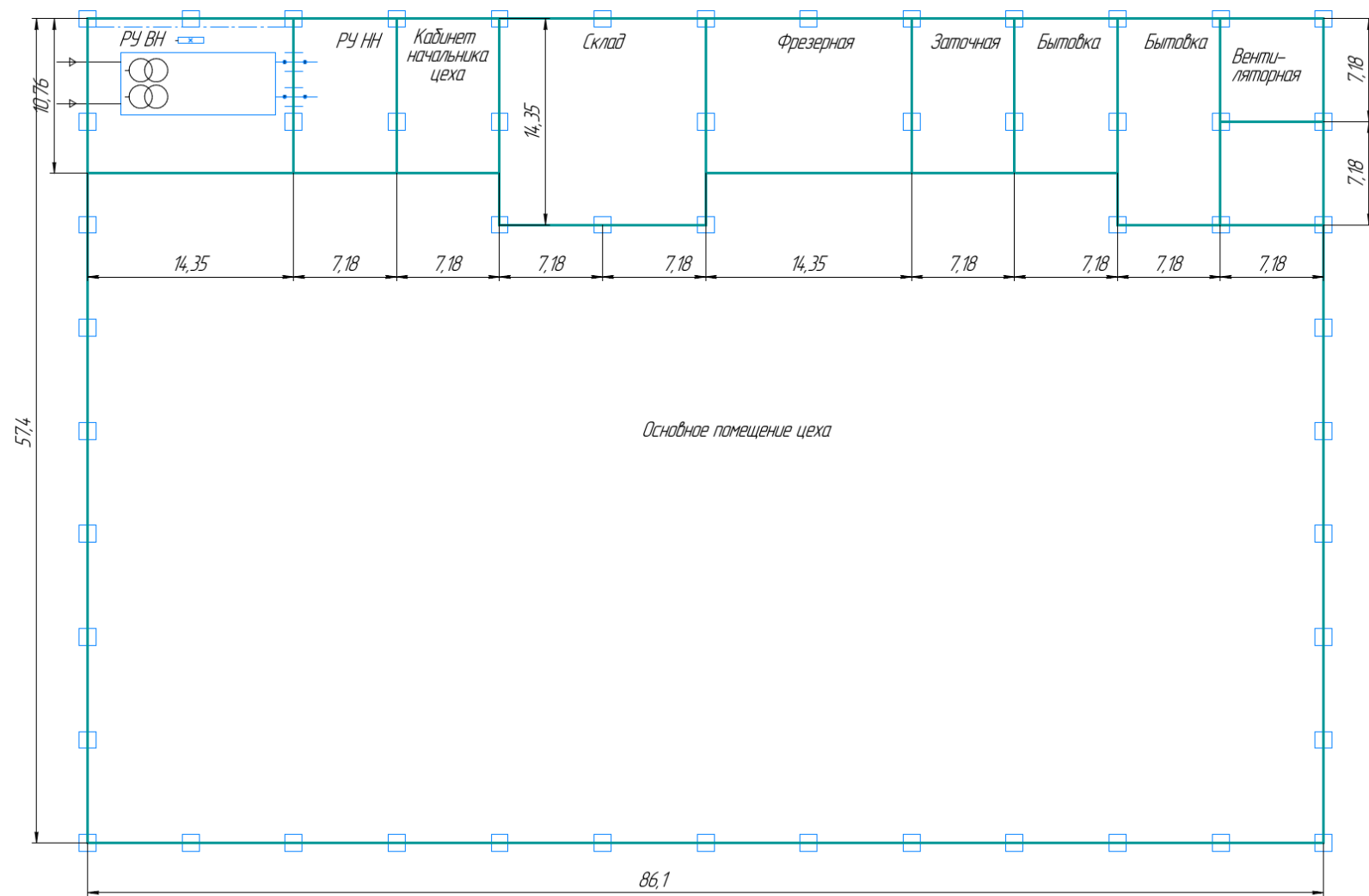


Рисунок 3 – План и размеры помещений цеха

Для кабинета начальника цеха, выполненного в стандартном офисном стиле, с подвесными потолками, используются светильники типа SLIM LED 595 4000 К. Внешний вид светильников представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Внешний вид светильников SLIM LED 595 4000 К

Для небольших по размерам помещений с агрессивной производственной средой будут применены защищенные светильники типа Fereks FA 01-20-850. К таким помещениям относятся распределительные устройства встроенной ТП, заточная, бытовки, вентиляторные, коридор.

Внешний вид данных светильников представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Внешний вид светильника Fereks FA 01-20-850

Для освещения основного производственного цеха, а также для освещения больших по размерам помещений склада и фрезерной будут применены светильники типа Ферекс Ех-ДСО 01-65-850-Д120.



Рисунок 6 – Внешний вид светильника Ферекс Ех-ДСО 01-65-850-Д120

Для освещения путей эвакуации будут применены светильники марки ДБА 3928 производства IEK. Внешний вид светильника для освещения путей эвакуации приведен на рисунке 7. Светильник обладает временем автономной работы в 15 часов.



Рисунок 7 – Внешний вид светильника для освещения путей эвакуации марки ДБА 3928

Второй тип эвакуационных светильников – подсветка эвакуационных знаков. Для данных целей будет применены светильники ССА 2101 3Вт 3ч ВЫХОД-EXIT IP20 IEK LSSA0-2101-3-20-K03 производства IEK (рисунок 8).



Рисунок 8 – Светильник подсветки эвакуационных знаков ССА 2101 3Вт 3ч
ВЫХОД-EXIT IP20 IEK LSSA0-2101-3-20-K03

Схема системы освещения предусматривает аварийные светильники, необходимые для обеспечения наличия освещенности в случае аварийного отключения рабочего освещения.

Для питания аварийного освещения в случае пропадания основного и резервного внешнего электроснабжения предусмотрены светильники рабочего освещения с аварийными блоками.

В данной работе будут применены аварийные блоки БАП 60 Вт 4.4 Ач Li-Ion 1 ч AC 220В IP40 производства Gauss (рисунок 9).

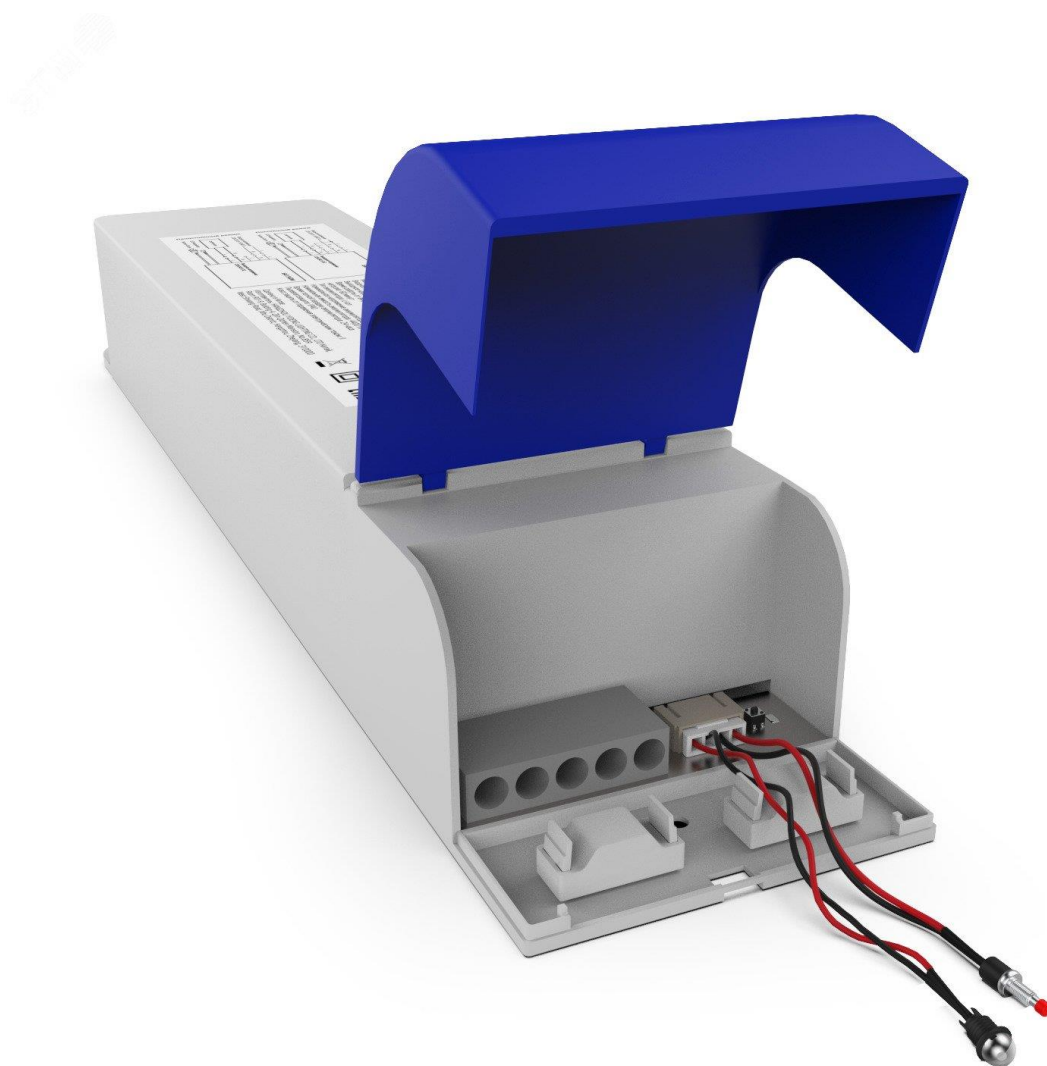


Рисунок 9 – Внешний вид аварийных блоков

Подключение светильников в линиях освещения осуществляется с применением клеммных колодок, внешний вид которых представлен на рисунке 10.

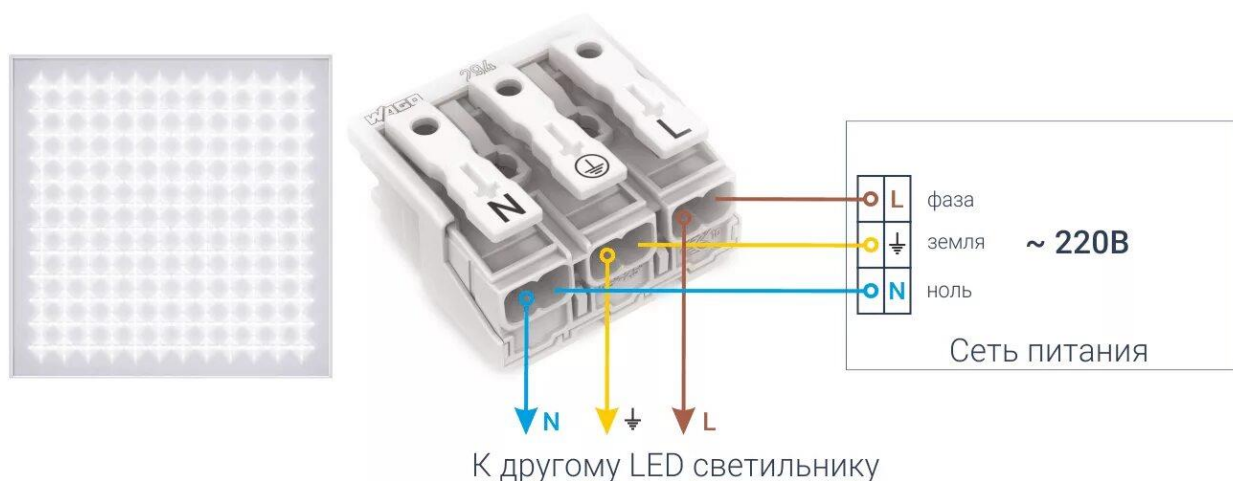


Рисунок 10 – Схема подключения светильника

Характеристики представленных выше светильников, определенные по [17] приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Паспортные данные ламп

Марка лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм
Ферекс Ех-ДСО 01-65-850-Д120	65	220	8190
SLIM LED 595 4000 К	40	220	3600
Ферекс FA 01-20-850	20	220	2548
ДБА 3928	12	220	5000
ССА 2101 3Вт	3	220	60

Светотехнический расчет проведем на примере основного производственного помещения.

Первоначально требуется определить значения индексов каждого помещения, поскольку значение индекса влияет на световой поток.

По [13] индекс помещения вычисляется по следующей формуле 1:

$$\phi = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (1)$$

где a, b – линейные размеры помещения, м;

h – высота подвеса светильников.

Для помещения основного цеха индекс помещения будет равен:

$$\phi = \frac{86,1 \cdot 46,64}{4,5 \cdot (86,1 + 46,64)} = 6,723.$$

Для данного помещения по таблицам [20] и с учетом указаний [10] определяется коэффициент использования осветительных установок u_{ou} , равный 0,96.

Аналогично определяются индексы помещений и коэффициенты использования осветительных установок для остальных помещений. Результаты расчета приводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет индексов помещений и коэффициента использования осветительных установок

Наименование	A, м	B, м	H, м	S, м ²	ϕ	u_{ou}
Основное помещение цеха	86,1	46,64	4,5	4015,70	6,72	0,96
РУ ВН ТП	14,35	10,76	4,5	154,41	1,37	0,61
РУ НН ТП	10,76	7,18	3	77,26	1,44	0,62
Кабинет начальника цеха	10,76	7,18	3	77,26	1,44	0,62
Склад	14,35	14,35	3	205,92	2,39	0,68
Фрезерная	14,35	10,76	4,5	154,41	1,37	0,61
Заточная	10,76	7,18	4,5	77,26	0,96	0,52
Бытовка 1	10,76	7,18	3	77,26	1,44	0,52
Бытовка 2	14,35	7,18	3	103,03	1,60	0,56
Вентиляторная	7,18	7,18	4,5	51,55	0,80	0,49
Коридор	7,18	7,18	3	51,55	1,20	0,49

Для того чтобы узнать мощность и число ламп в помещении нужно рассчитать световой поток требуемую на освещение всего помещения по формуле 2:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H \cdot S_p \cdot k \cdot z}{u_{oy}} \quad (2)$$

где $E_H = 200$ – нормативная освещенность помещения,

$S_p = 26 \cdot 48 - 8 \cdot 4 = 1216 \text{ м}^2$ – площадь помещения,

$k = 1,1$ – коэффициент запаса,

$z = 1,1$ – поправочный коэффициент,

$u_{oy} = 0,65$ – коэффициент использования осветительных установок, зависящий от индекса помещения ($\phi = 6,4$) и от коэффициентов отражения потолка ($\rho_{\text{п}}=70\%$), стен ($\rho_{\text{с}}=50\%$), и расчетной плоскости ($\rho_{\text{р}}=30\%$).

Для основного помещения цеха необходимый световой поток равен:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 4015,7 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{0,96} = 1012292 \text{ Лм}$$

Таблица 4 – Светотехнический расчет помещений корпуса

Название помещения	$E_H, \text{лк}$	$S_p, \text{м}^2$	u_{oy}	$\Phi_{\Sigma}, \text{лм}$
Основное помещение цеха	200	4015,70	0,96	1012292
РУ ВН ТП	100	154,41	0,61	30628,08
РУ НН ТП	100	77,26	0,62	15077,54
Кабинет начальника цеха	200	77,26	0,62	30155,07
Склад	150	205,92	0,68	54963,14
Фрезерная	200	154,41	0,61	61256,15
Заточная	200	77,26	0,52	35954,13
Бытовка 1	100	77,26	0,52	17977,06
Бытовка 2	100	103,03	0,56	22262,49
Вентиляторная	100	51,55	0,49	12730,29
Коридор	100	51,55	0,49	12730,29

Для того, чтобы узнать число ламп, обеспечивающих нормальную освещенность, нужно общий световой поток разделить на световой поток одной лампы. Выбираем лампы Ферекс Ех-ДСО 01-65-850-Д120, имеющие световой поток $\Phi_{\text{л}} = 8190 \text{ лм}$, получим по формуле 3:

$$n_{\text{ламп}} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{\Phi_{\text{л}}} \quad (3)$$

$$n_{\text{ламп}} = \frac{1012292}{8190} = 123,6$$

Для основного помещения цеха, с учетом геометрии выбирается 139 ламп.

Расчет для остальных помещений ведется аналогично, его результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет количества ламп

Наименование	Φ_{Σ} , Лм	$\Phi_{\text{л}}$, Лм	$n_{\text{ламп}}$	$n_{\text{факт}}$
Основное помещение цеха	1012292,05	8190	123,6	139
РУ ВН ТП	30628,08	2548	12,0	12
РУ НН ТП	15077,54	2548	5,9	6
Кабинет начальника цеха	30155,07	3600	8,4	10
Склад	54963,14	8190	6,7	9
Фрезерная	61256,15	8190	7,5	9
Заточная	35954,13	8190	4,4	6
Бытовка 1	17977,06	8190	2,2	3
Бытовка 2	22262,49	8190	2,7	3
Вентиляторная	12730,29	8190	1,6	2
Коридор	12730,29	8190	1,6	2

Вывод. Полученные значения количества ламп позволяют обеспечить требуемые значения освещенности помещений, обеспечив комфортные и безопасные условия труда.

2 Расчет системы электроснабжения

2.1 Расчет электрических нагрузок системы освещения

Для питания сети освещения необходимо разбить систему электроснабжения на группы.

Наибольшее количество ламп приходится на основное помещение цеха.

С учетом структуры размещения светильников, сеть освещения основного помещения цеха будет разделена на 7 групп.

Для обеспечения снижения количества использованной кабельно-проводниковой продукции, помещения с наименьшим количеством ламп – Бытовка 1, Бытовка 2, вентиляторная и коридор объединяются в одну группы.

Питание сети аварийного освещения выполняется двумя группами – группа №1 для питания светильников всех помещений, за исключением основного помещения цеха и группа №2 для питания светильников аварийного освещения основного помещения цеха.

Мощность каждой группы освещения в соответствии с требованиями [6] определяется по формуле 4:

$$P_{\text{рпит}} = K_{\text{с}} \cdot \sum_{i=0}^n \frac{P_{\text{Ci}} \cdot N_i}{K_{\text{КПД}i}}, \quad (4)$$

где P_{Ci} – мощность одной лампы i -го вида, кВт;

N_i – количество ламп i -го вида, шт;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент спроса освещения;

$K_{\text{КПД}i}$ – коэффициент повышения мощности для светодиодного освещения вследствие применения пуско-регулирующей аппаратуры ламп i -го вида.

Мощность светильников группы №1 будет равна:

$$P_{p1} = 1 \cdot \left(\frac{0,065 \cdot 13}{0,98} \right) = 0,862 \text{ кВт.}$$

Полная мощность каждой группы определяется по формуле (5)

$$S_{\text{рпит}} = K_C \cdot \sum_{i=0}^n \frac{P_{Ci} \cdot N_i}{K_{\text{КПД}i} \cdot \cos \varphi}, \quad (5)$$

где $\cos \varphi$ – коэффициент реактивной мощности светильников.

Значения коэффициентов реактивной мощности всех используемых светильников соответствуют требованиям [7], компенсация реактивной мощности не требуется.

Для группы №1 полная мощность будет равна:

$$S_{p1} = 1 \cdot \left(\frac{0,065 \cdot 13}{0,98 \cdot 0,96} \right) = 0,898 \text{ кВА.}$$

Активная мощность все системы освещения будет рассчитана с учетом коэффициента спроса, определенного по [14], и равного 0,85.

Результаты расчета электрических нагрузок для всех групп сети освещения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет нагрузок групп сети освещения

Помещение	Группа	Щит	N, шт	P _с , кВт	P _{рпит} , кВт	S _{рпит} , кВА
Основное помещение цеха	Группа №1	ЩО	13	65	0,862	0,898
Основное помещение цеха	Группа №2	ЩО	21	65	1,393	1,451
Основное помещение цеха	Группа №3	ЩО	21	65	1,393	1,451
Основное помещение цеха	Группа №4	ЩО	21	65	1,393	1,451

Продолжение таблицы 6

Помещение	Группа	Щит	N, шт	P _с , кВт	P _{рпит} , кВт	S _{рпит} , кВА
Основное помещение цеха	Группа №5	ЩО	21	65	1,393	1,451
Основное помещение цеха	Группа №6	ЩО	21	65	1,393	1,451
Основное помещение цеха	Группа №7	ЩО	21	65	1,393	1,451
РУ ВН ТП	Группа №8	ЩО	12	20	0,245	0,255
РУ НН ТП	Группа №9	ЩО	6	20	0,122	0,128
Кабинет начальника цеха	Группа №10	ЩО	10	40	0,408	0,425
Склад	Группа №11	ЩО	9	65	0,597	0,622
Фрезерная	Группа №12	ЩО	9	65	0,597	0,622
Заточная	Группа №13	ЩО	6	65	0,398	0,415
Бытовка 1, Бытовка 2, вентиляторная, коридор	Группа №14	ЩО	10	65	0,663	0,691
Аварийное освещение	Группа №1 (авар)	ЩАО	9	20,65	0,505	0,526
Аварийное освещение	Группа №2 (авар)	ЩАО	14	65	0,929	0,967
Эвакуационное освещение	Группа №1 (эвак)	ЩАО	15	12, 3	0,138	0,143
ЩО	-	-	-	-	10,413	10,846
ЩАО	-	-	-	-	1,571	1,637
Итого	-	-	-	-	11,748	12,238

Для последующего выбора сечений проводников необходимо выполнить расчет тока. Все группы сети освещения выполнены в однофазном исполнении. Значение силы тока определяется по формуле (6):

$$I_{\text{рпит}} = \frac{S_{\text{рпит}}}{U_{\text{ф}}}, \quad (6)$$

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение питания сети освещения, кВ.

Для группы №1 значение силы тока будет равно:

$$I_{p12} = \frac{0,898}{0,22} = 4,083 \text{ A},$$

Питание щитов освещения будет выполнено в трехфазном исполнении. Расчет силы тока определяется по формуле (7):

$$I_{\text{рпит}} = \frac{S_{\text{рпит}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}}, \quad (7)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение питания сети освещения, кВ.

Сила тока фидера питания щита ЩО равна:

$$I_{p12} = \frac{10,846}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 16,479 \text{ A},$$

Расчет для остальных помещений ведется аналогично, его результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет силы тока

Помещение	Группа	Щит	$S_{\text{рпит}}$, кВА	$I_{\text{рпит}}$, А
Основное помещение цеха	Фидер №1	ЩО	0,898	4,083
Основное помещение цеха	Фидер №2	ЩО	1,451	6,595
Основное помещение цеха	Фидер №3	ЩО	1,451	6,595
Основное помещение цеха	Фидер №4	ЩО	1,451	6,595
Основное помещение цеха	Фидер №5	ЩО	1,451	6,595
Основное помещение цеха	Фидер №6	ЩО	1,451	6,595
Основное помещение цеха	Фидер №7	ЩО	1,451	6,595
РУ ВН ТП	Фидер №8	ЩО	0,255	1,160
РУ НН ТП	Фидер №9	ЩО	0,128	0,580
Кабинет начальника цеха	Фидер №10	ЩО	0,425	1,933
Склад	Фидер №11	ЩО	0,622	2,826
Фрезерная	Фидер №12	ЩО	0,622	2,826
Заточная	Фидер №13	ЩО	0,415	1,884
Бытовка 1, Бытовка 2, вентиляторная, коридор	Фидер №14	ЩО	0,691	3,140
Аварийное освещение	Фидер №1 (авар)	ЩАО	0,526	2,392
Аварийное освещение	Фидер №2 (авар)	ЩАО	0,967	4,397

Продолжение таблицы 7

Помещение	Группа	Щит	$S_{\text{рпит}}, \text{кВА}$	$I_{\text{рпит}}, \text{А}$
Эвакуационное освещение	Фидер №1 (эвак)	ЩАО	0,143	0,652
ЩО	-	-	10,846	16,479
ЩАО	-	-	1,637	4,409
Итого	-	-	12,238	18,593

Полученные значения мощностей и токов нагрузок будут использованы для выбора кабелей и коммутационных аппаратов.

2.2 Выбор схемы электроснабжения системы

Питание сети освещения производственного цеха будет выполнено по радиальной схеме. Источником питания для всего электрооборудования цеха является цеховая трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ.

От распределительного устройства 0,4 кВ будут запитаны два щита – щит ЩО для питания рабочего освещения и щит ЩАО для питания групп аварийного и эвакуационного освещения.

Поскольку предприятие, включая систему освещения цеха, относится к первой категории надежности по [9], в распределительном устройстве цеховой трансформаторной подстанции применена автоматика включения резерва.

АВР реализовано на базе устройства – блока АВР производства Российского предприятия АО «Курский электроаппаратный завод» модели OptiSave N-232.

Внешний вид лицевой панели блока АВР приведен на рисунке 11.

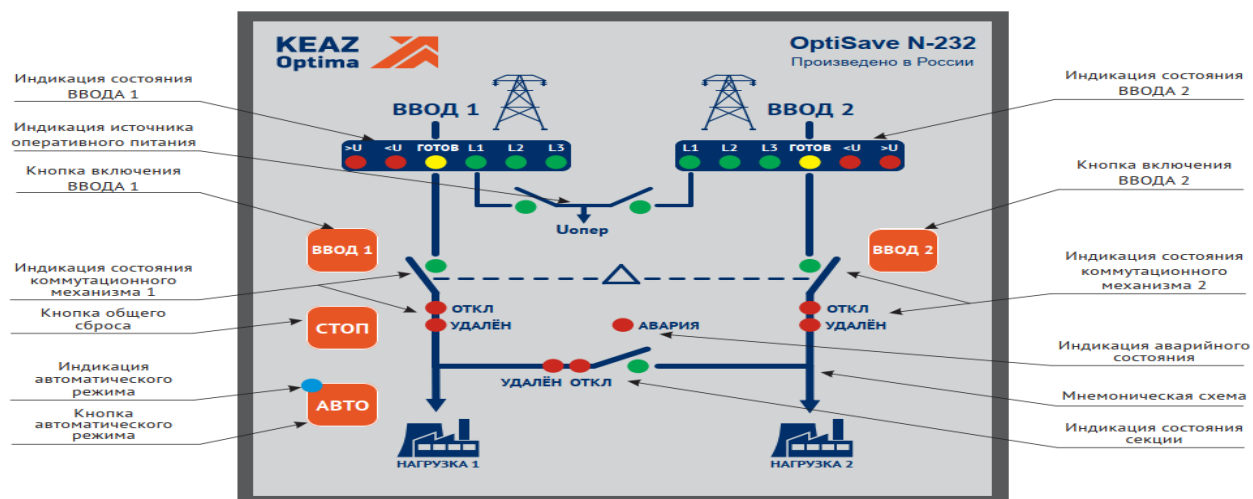


Рисунок 11 – Внешний вид передней панели блока АВР

Оборудование выбрано по рекомендациям, приведенным в [12]. Устройство работает по схеме питания от двух вводов с секционированием по стороне 0,4 кВ.

На лицевой панели размещены индикаторы состояния вводов и положения коммутационных аппаратов.

Интерфейсы для настройки устройства, а также разъемы для подключения оперативного питания и сигнальных вводов №1 и №2 размещены на задней панели устройства.

Внешний вид задней панели представлен на рисунке 12.

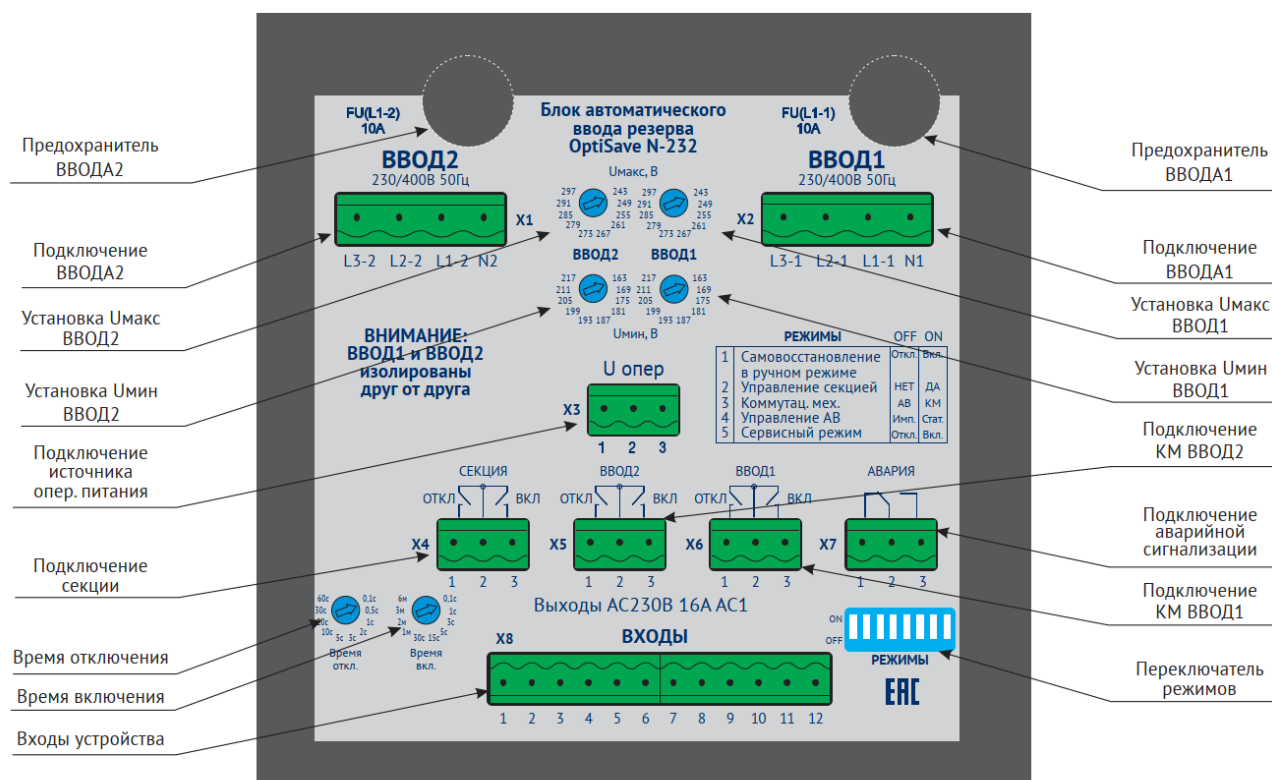


Рисунок 12 – Внешний вид задней панели блока АВР

Устройства АВР серии OptiSave могут работать как с автоматическими выключателями с моторными приводами, так и с силовыми контакторами.

Модели с контакторами обладают преимуществом в части быстродействия, в связи с чем они будут применены в схеме электроснабжения производственного корпуса завода железобетонных конструкций.

На рисунке 13 представлена схема АВР на базе выбранного блока АВР.

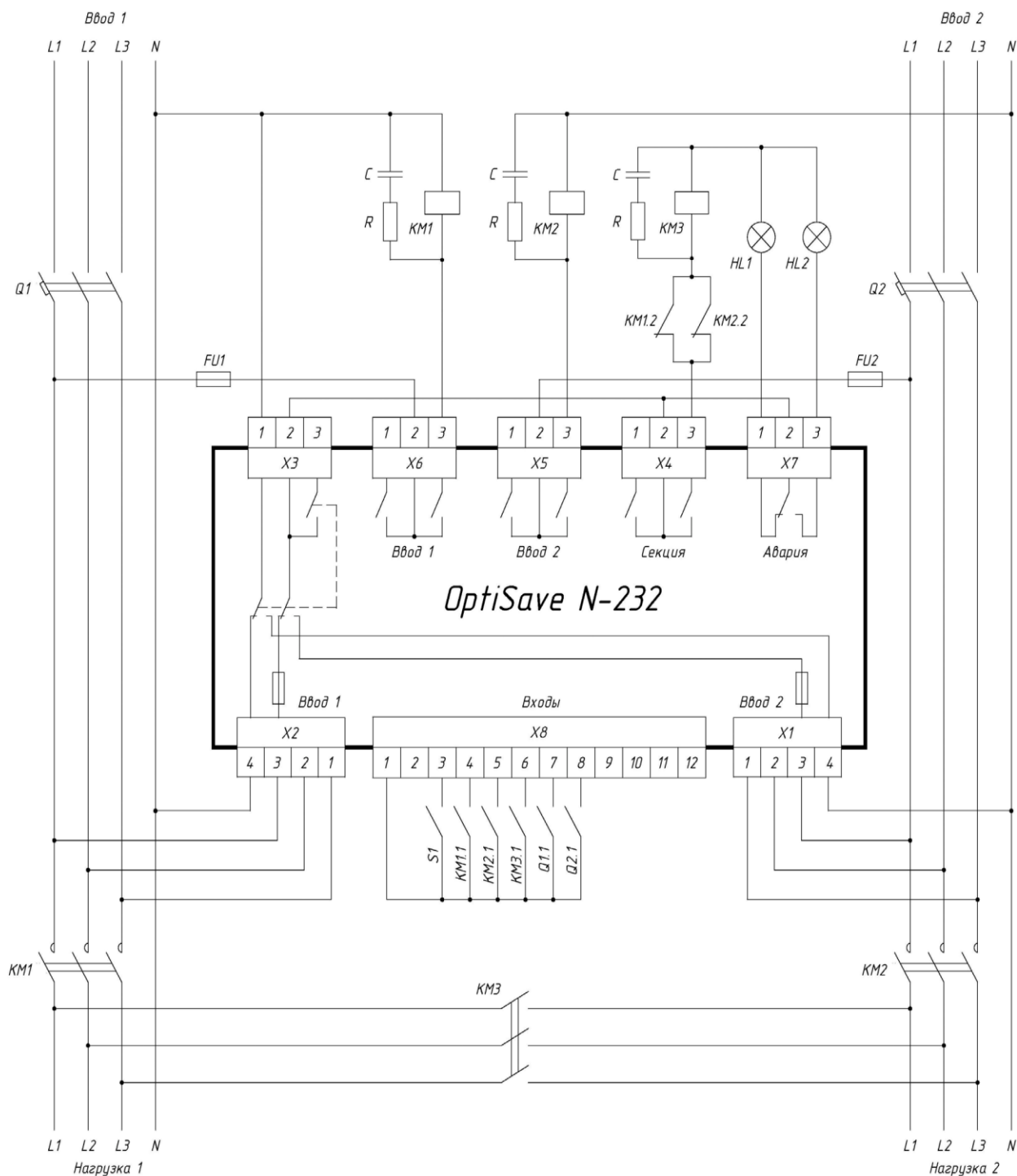


Рисунок 13 – Схема АВР системы освещения

Для обеспечения максимальной надежности, на случай вывода в ремонт одной из секций шин, питание щита ЩО и щита ЩАО осуществляется от разных секций шин.

2.3 Расчет и выбор кабельных линий, питающих систему освещения

Выбор требуемого сечения кабелей для питания системы освещения корпуса завода ЖБИ будет осуществлен по экономической плотности тока с проверкой на нагрев и на падение напряжения по требованиям [1].

Необходимое сечение по экономической плотности тока определяется по формуле (7):

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{рпит}}}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (8)$$

где $j_{\text{ЭК}}$ – значение экономической плотности тока.

По таблице 1.3.36 [9] определяется, что экономическая плотность тока для предприятий с числом часов использования максимума в году, превышающим 5000 часов, для медных кабелей с ПВХ изоляцией равна 2 А/мм².

Для группы №1 экономически выгодной сечение кабеля будет равно:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{4,083}{2} = 2,041 \text{ мм}^2.$$

Для группы №1 выбирается трехжильный однофазный медный кабель с ПВХ изоляцией марки ВВГнг 3×2,5. В соответствии с [18], данный кабель негорючий и обладает пониженным дымовыделением, что обеспечивает безопасность при его эксплуатации.

Внешний вид кабеля приведен на рисунке 14.

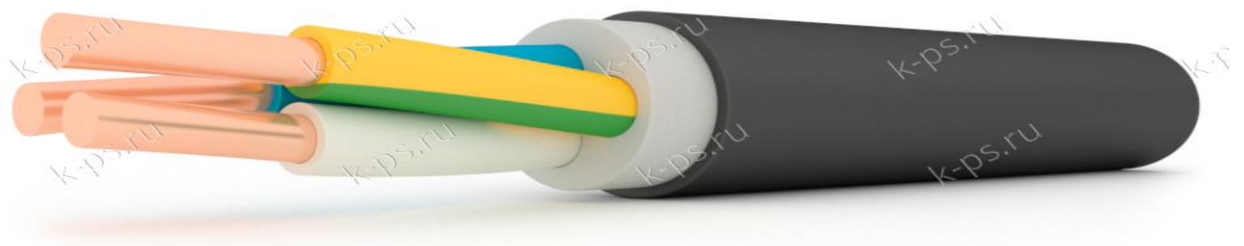


Рисунок 14 – Внешний вид кабеля ВВГнг 3×1,5

Кабель состоит из следующих составляющих:

- фазная жила,
- нулевая жила,
- заземляющая жила,
- изоляция жил,
- общая изоляция,
- оболочка.

Параметры выбранного кабеля, следующие:

- активное сопротивление $r_{0\text{КЛ}}$ равно 7,55 Ом/км;
- индуктивное сопротивление $x_{0\text{КЛ}}$ равно 0,116 Ом/км;
- длительно допустимый ток $I_{\text{ДД}}$ равен 27 А.

Проверка на нагрев выполняется по условию формулы 9:

$$I_{\text{рпит}} < I_{\text{ДД}}. \quad (9)$$

Для кабеля группы №1 условие проверки на нагрев выполняется по формуле 10:

$$4,083 < 27. \quad (10)$$

Аналогичным образом выполняется выбор и проверка на нагрев

кабельных линий остальных групп и питающих кабельных линий.

Таблица 8 – Выбор кабелей и проверка на нагрев

Помещение	Наимен.	Щит	$I_{\text{рпит}},$ А	$S_{\text{ЭК}},$ мм ²	Марка кабеля	$r_{\text{ОКЛ}},$ Ом/км	$\chi_{\text{ОКЛ}},$ Ом/км	$I_{\text{ДД}},$ А
Основное помещение цеха	Группа №1	ЩО	4,083	2,041	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Основное помещение цеха	Группа №2	ЩО	6,595	3,297	ВВГнг 3х4	4,65	0,095	36
Основное помещение цеха	Группа №3	ЩО	6,595	3,297	ВВГнг 3х4	4,65	0,095	36
Основное помещение цеха	Группа №4	ЩО	6,595	3,297	ВВГнг 3х4	4,65	0,095	36
Основное помещение цеха	Группа №5	ЩО	6,595	3,297	ВВГнг 3х4	4,65	0,095	36
Основное помещение цеха	Группа №6	ЩО	6,595	3,297	ВВГнг 3х4	4,65	0,095	36
Основное помещение цеха	Группа №7	ЩО	6,595	3,297	ВВГнг 3х4	4,65	0,095	36
РУ ВН ТП	Группа №8	ЩО	1,160	0,580	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
РУ НН ТП	Группа №9	ЩО	0,580	0,290	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Кабинет начальника цеха	Группа №10	ЩО	1,933	0,966	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Склад	Группа №11	ЩО	2,826	1,413	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Фрезерная	Группа №12	ЩО	2,826	1,413	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Заточная	Группа №13	ЩО	1,884	0,942	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Бытовка 1, Бытовка 2, вентиляторная, коридор	Группа №14	ЩО	3,140	1,570	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Аварийное освещение	Группа №1 (авар)	ЩАО	2,392	1,196	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Аварийное освещение	Группа №2 (авар)	ЩАО	4,397	2,198	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
Эвакуационное освещение	Группа №1 (эваку)	ЩАО	0,652	0,326	ВВГнг 3х2,5	7,55	0,116	27
ЩО	-	-	16,479	8,240	ВВГнг 5х10	1,84	0,073	58
ЩАО	-	-	4,409	2,204	ВВГнг 5х2,5	7,4	0,116	25

Далее необходимо выполнить проверку правильности выбора кабелей нпо условию падения напряжения по расчетным формулам, представленным в [19].

Расчет падения напряжения в однофазных кабелях в процентном отношении выполняется по формуле (11):

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot I_{\text{рпит}} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{ф}}} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где L – протяженность кабеля, км;

$U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение сети, В;

Коэффициент мощности определяется по выражению (12):

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{рпит}}}{S_{\text{рпит}}}. \quad (12)$$

Для группы №1 коэффициент мощности будет равен:

$$\cos \varphi = \frac{0,585}{0,619} = 0,945,$$

Падение напряжения в кабеле группы №1 будет равно:

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot 4,083 \cdot 0,119 \cdot (7,55 \cdot 0,96 + 0,116 \cdot 0,28)}{220} \cdot 100 = 3,216 \, \%.$$

Для трехфазных питающих кабелей падения напряжения определяется по формуле (13):

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{рпит}} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{л}}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где U_L – линейное напряжение сети, В;

Для линии питания ЩО падение напряжения будет равно:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 16,479 \cdot 0,15 \cdot (1,84 \cdot 0,96 + 0,073 \cdot 0,28)}{380} \cdot 100\% = 0,201 \%,$$

Проверка на падение напряжения остальных кабельных линий приводится в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет падения напряжения

Помещение	Наименование	Щит	$I_{\text{рпит}},$ А	$L,$ км	$\Delta U_{\%}$
Основное помещение цеха	Группа №1	ЩО	4,083	119	3,216
Основное помещение цеха	Группа №2	ЩО	6,595	99	2,665
Основное помещение цеха	Группа №3	ЩО	6,595	91	2,450
Основное помещение цеха	Группа №4	ЩО	6,595	96	2,585
Основное помещение цеха	Группа №5	ЩО	6,595	104	2,800
Основное помещение цеха	Группа №6	ЩО	6,595	111	2,988
Основное помещение цеха	Группа №7	ЩО	6,595	118	3,177
РУ ВН ТП	Группа №8	ЩО	1,160	31	0,238
РУ НН ТП	Группа №9	ЩО	0,580	42	0,161
Кабинет начальника цеха	Группа №10	ЩО	1,933	49	0,627
Склад	Группа №11	ЩО	2,826	59	1,104
Фрезерная	Группа №12	ЩО	2,826	85	1,590
Заточная	Группа №13	ЩО	1,884	93	1,160
Бытовка 1, Бытовка 2, вентиляторная, коридор	Группа №14	ЩО	3,140	129	2,681
Аварийное освещение	Группа №1 (авар)	ЩАО	2,392	129	2,042
Аварийное освещение	Группа №2 (авар)	ЩАО	4,397	136	3,958
Эвакуационное освещение	Группа №1 (эваку)	ЩАО	0,652	136	0,587
ЩО	-	-	16,479	15	0,201
ЩАО	-	-	4,409	13	0,186

В соответствии с требованиями [2], падение напряжения не может превышать 10 %. Все кабельные линии успешно проходят проверку на падение напряжения.

Правильный выбор сечений кабелей обеспечивает как надежное электроснабжения, так и стабильное качество электроэнергии и высокую пожаробезопасность.

2.4 Выбор щитов и коммутационных аппаратов системы освещения

Для рабочего освещения используются настенные щитки с монтажом устройств на DIN-рейку. Для выбора конкретной марки щита требуется рассчитать необходимое количество модулей в щите.

К щиту освещения ЩО-1 подключены 13 групп сети освещения. Каждая группа защищается однополюсным автоматическим выключателем. В качестве вводного устройства используется вводной трехполюсный автоматический выключатель. Для управления системой освещения основного помещения цеха используются контакторы, каждый из которых занимает место двух модулей в щите.

Блок управления освещением занимает место 6 модулей в щите.

Прибор технического учета электроэнергии занимает место 9 модулей.

Автоматический выключатель защиты системы управления освещением занимает 1 модуль. Также 1 модуль занимает автоматический выключатель питания индикаторов наличия напряжения.

Таким образом, требуется место для размещения 47 модулей в щите ЩО-1.

По каталогу [5] выбирается щит марки ЩРВ-54.

Внешний вид щита приведен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Внешний вид щита ЩРВ-54

Для рабочего освещения используются настенные щитки осветительные типа ОЩВ-36.

Для питания щита аварийного освещения выбирается щит ЩРВ-24 на 24 модуля, рисунок 16.

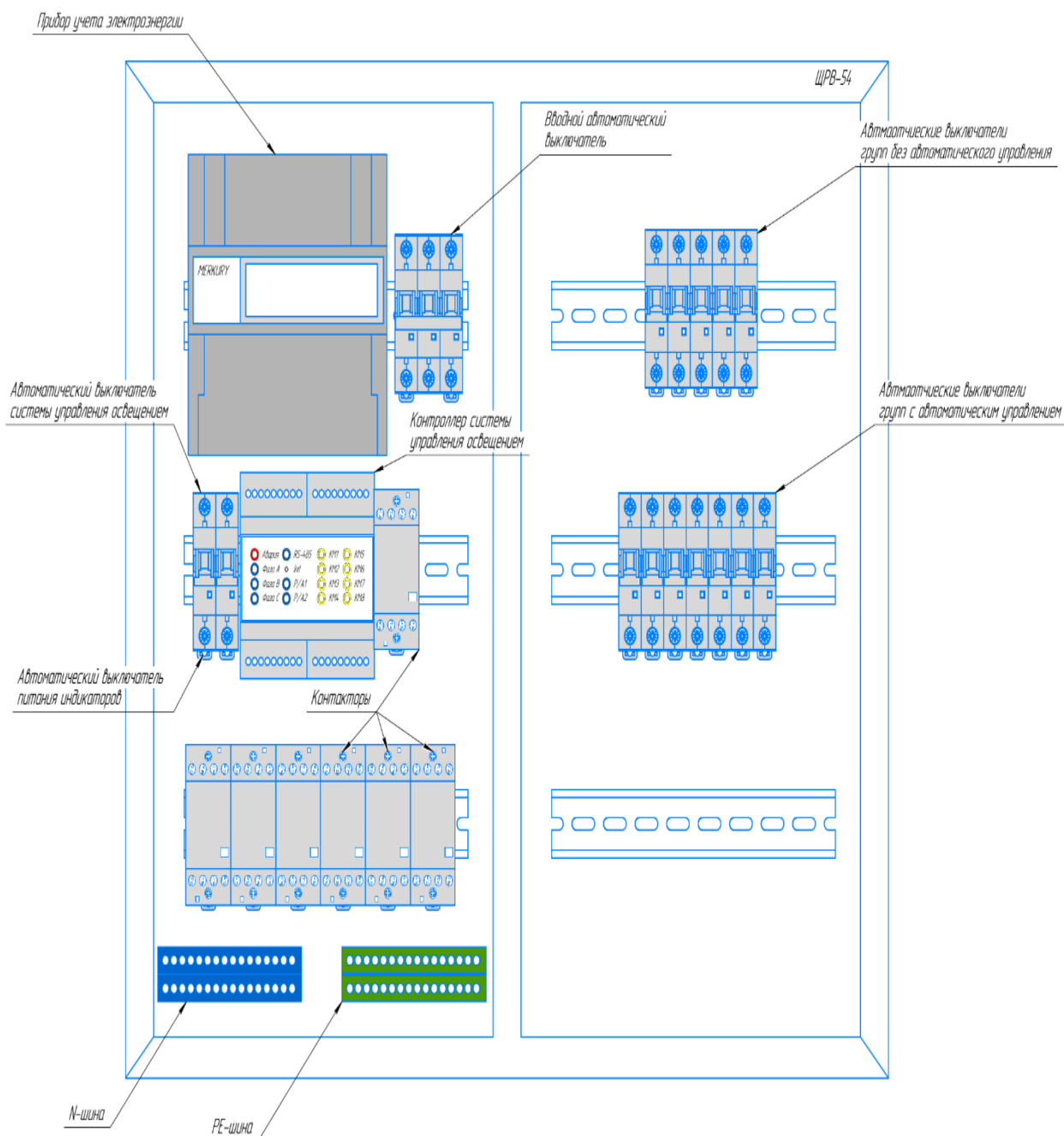


Рисунок 16 - Компоновка щита освещения

В щите рабочего освещения ЩО-1 кроме автоматических выключателей для коммутации силовой сети устанавливается блок управления освещением основного помещения корпуса, переключатели управления освещением и индикаторы состояния освещения. Компоновка щита ЩО 1 представлена на рис. 17.

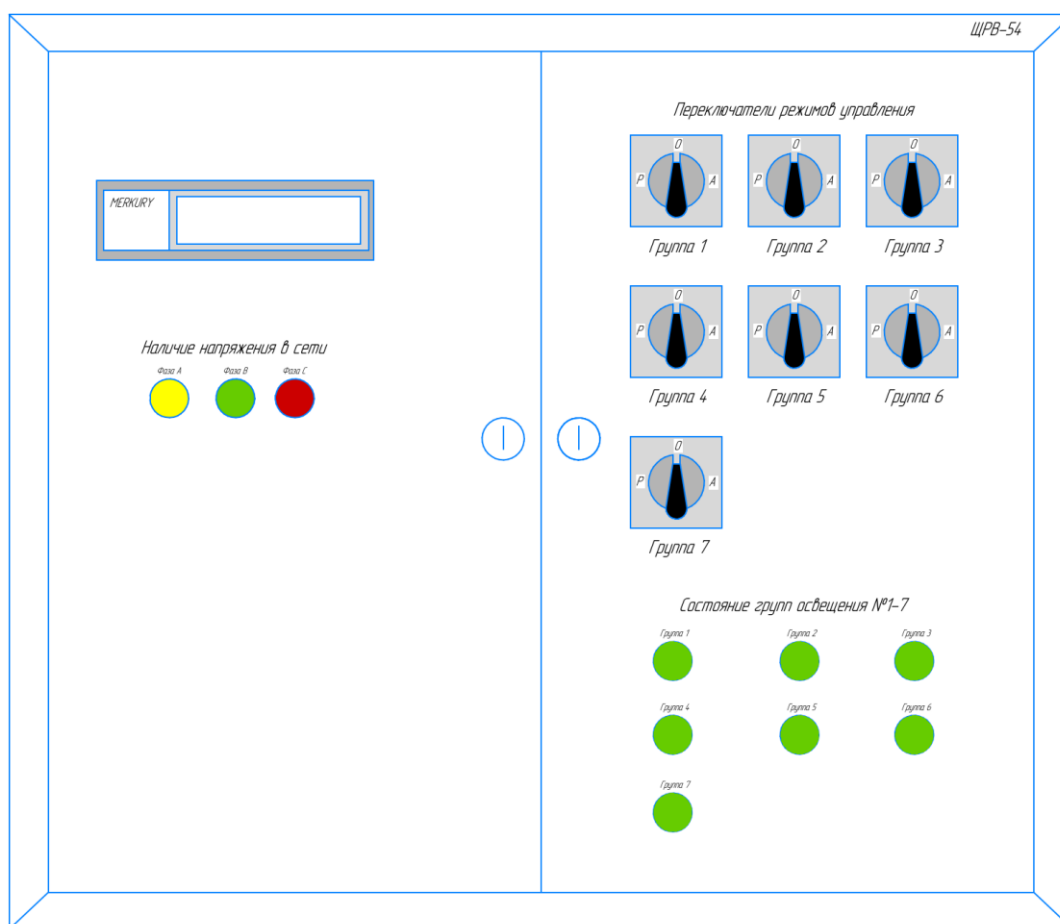


Рисунок 17 – Лицевая сторона щита освещения

Данные о щитках представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Данные осветительных щитков

Тип щитка	Наименование корпуса	Тип автоматического выключателя на вводе	Тип автоматических выключателей на отходящих линиях щитка	Число отходящих линий
ЩРВ-54	навесной на 54 модуля	КЭАЗ 3ф. 63 А	КЭАЗ 1ф. 10 А	13
ЩРВ-24	навесной на 24 модулей	КЭАЗ 3ф. 63 А	КЭАЗ 1ф. 10 А	3

Предполагается, что местное и ремонтное освещение предусмотрено на самих станках, или может быть подключено дополнительно от розеток.

Номинальный ток выбирается по двум условиям.

Первое условие обеспечивает пропускную способность рабочего тока линии с необходимым коэффициентом запаса, формула 14:

$$I_{\text{НОМ}} \geq K_3 \cdot I_{\text{рпит}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{НОМ}}$ – номинальный ток срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя;

K_3 – коэффициент запаса.

Для линии питания группы №1 минимальный номинальный ток автоматического выключателя не должен быть меньше следующего значения, формула 15:

$$I_{\text{НОМ}} \geq 1,25 \cdot 4,083 = 5,103 \text{ А}. \quad (15)$$

Вторым условие выбора автоматических выключателей является не превышение длительно допустимого тока кабельных линий, формула 16:

$$I_{\text{НОМ}} < I_{\text{дд}}. \quad (16)$$

Для кабеля группы № 1 с длительно-допустимым током 27 А, номинальный ток не может превышать 27 А.

Для рассчитанных условий для группы №1 выбирается автоматический выключатель с номинальным током теплового расцепителя 10А.

Внешний вид автоматического выключателя защиты групповой сети представлена на рисунке 18.



Рисунок 18 – Внешний вид автоматического выключателя защиты групповой сети

Для защиты отходящих линий будут применены автоматические выключатели производства АО «Курский электроаппаратный завод» марки KEAZ OptiDin BM63-1, внешний вид которых представлен на рисунке 18.

Аналогично производится выбор автоматических выключателей остальных групп и для питающей сети.

Результаты выбора выключателей приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Выбор автоматических выключателей

Помещение	Наименование	Щит	I_p , А	Марка кабеля	$I_{дд}$, А	$I_{мин}$, А	$I_{ном}$, А
Основное помещение цеха	Группа №1	ЩО	4,083	ВВГнг 3×2,5	27	5,103	10
Основное помещение цеха	Группа №2	ЩО	6,595	ВВГнг 3×4	36	8,244	10
Основное помещение цеха	Группа №3	ЩО	6,595	ВВГнг 3×4	36	8,244	10
Основное помещение цеха	Группа №4	ЩО	6,595	ВВГнг 3×4	36	8,244	10
Основное помещение цеха	Группа №5	ЩО	6,595	ВВГнг 3×4	36	8,244	10
Основное помещение цеха	Группа №6	ЩО	6,595	ВВГнг 3×4	36	8,244	10
Основное помещение цеха	Группа №7	ЩО	6,595	ВВГнг 3×4	36	8,244	10
РУ ВН ТП	Группа №8	ЩО	1,160	ВВГнг 3×2,5	27	1,449	10
РУ НН ТП	Группа №9	ЩО	0,580	ВВГнг 3×2,5	27	0,725	10
Кабинет начальника цеха	Группа №10	ЩО	1,933	ВВГнг 3×2,5	27	2,416	10
Склад	Группа №11	ЩО	2,826	ВВГнг 3×2,5	27	3,533	10
Фрезерная	Группа №12	ЩО	2,826	ВВГнг 3×2,5	27	3,533	10
Заточная	Группа №13	ЩО	1,884	ВВГнг 3×2,5	27	2,355	10
Бытовка 1, Бытовка 2, вентиляторная, коридор	Группа №14	ЩО	3,140	ВВГнг 3×2,5	27	3,926	10
Аварийное освещение	Группа №1 (авар)	ЩАО	2,392	ВВГнг 3×2,5	27	2,989	10
Аварийное освещение	Группа №2 (авар)	ЩАО	4,397	ВВГнг 3×2,5	27	5,496	10
Эвакуационное освещение	Группа №1 (эвак)	ЩАО	0,652	ВВГнг 3×2,5	27	0,815	10
ЩО	-	-	16,479	ВВГнг 5×10	58	20,599	25
ЩАО	-	-	4,409	ВВГнг 5×2,5	25	5,511	10

Вывод. Выбранные кабельные линии и автоматические выключатели обеспечивают надежное питание светильников и надежную защиту групповой сети электрического освещения корпуса.

3 Выбор схем и устройств автоматики управления освещением

3.1 Выбор схем автоматики управления освещением

Автоматизированные системы управления освещением становятся все более актуальными благодаря своим преимуществам. Они позволяют не только экономить электроэнергию, но и повышать комфорт и безопасность на рабочих местах. В данном разделе рассматривается применение автоматики управления освещением в производственном корпусе завода железобетонных конструкций с использованием контакторов и блока контроля освещения SLS.

Для эффективного управления освещением производственного корпуса используется несколько ключевых компонентов:

- датчики присутствия для обнаружения наличия людей в зоне освещения и автоматически включают или выключают свет в зависимости от присутствия работников;
- датчики освещенности, которые измеряют уровень освещенности в помещении и позволяют системе регулировать яркость света в соответствии с заданными параметрами;
- контроллеры, которые позволяют управлять работой датчиков, исполнительных устройств и других узлов системы освещения.

Контакторы и блок контроля освещения являются важными элементами системы управления освещением. Контакторы используются для включения и выключения освещения в соответствии с сигналами от контроллеров или датчиков. Блок контроля освещения, в свою очередь, обеспечивает централизованное управление всеми осветительными приборами в производственном корпусе.

На рисунке 19 представлена схема управления освещением с использованием контроллера.

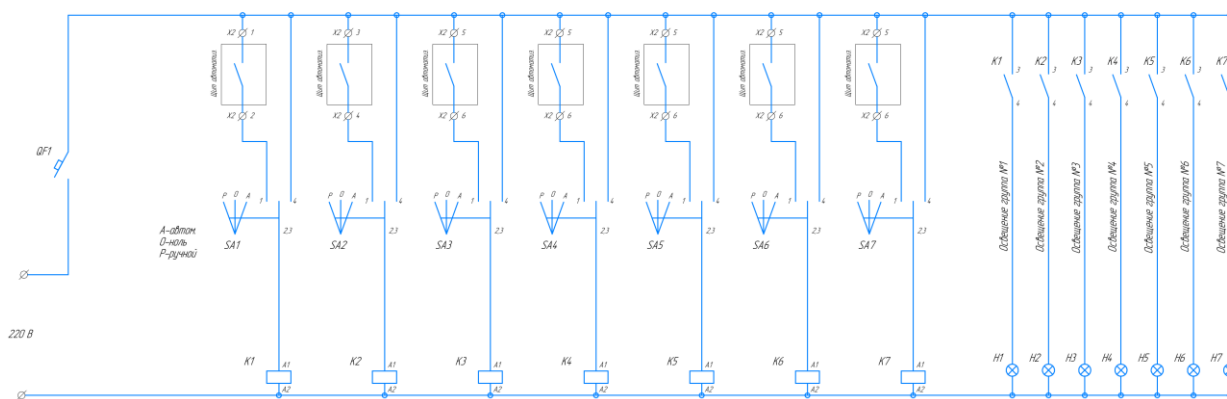


Рисунок 19 – Схема управления освещением

Управление контакторами в цепях освещения осуществляется путем применения специализированного блока управления освещением. Схема подключения контроллера освещения представлена на рисунке 20.

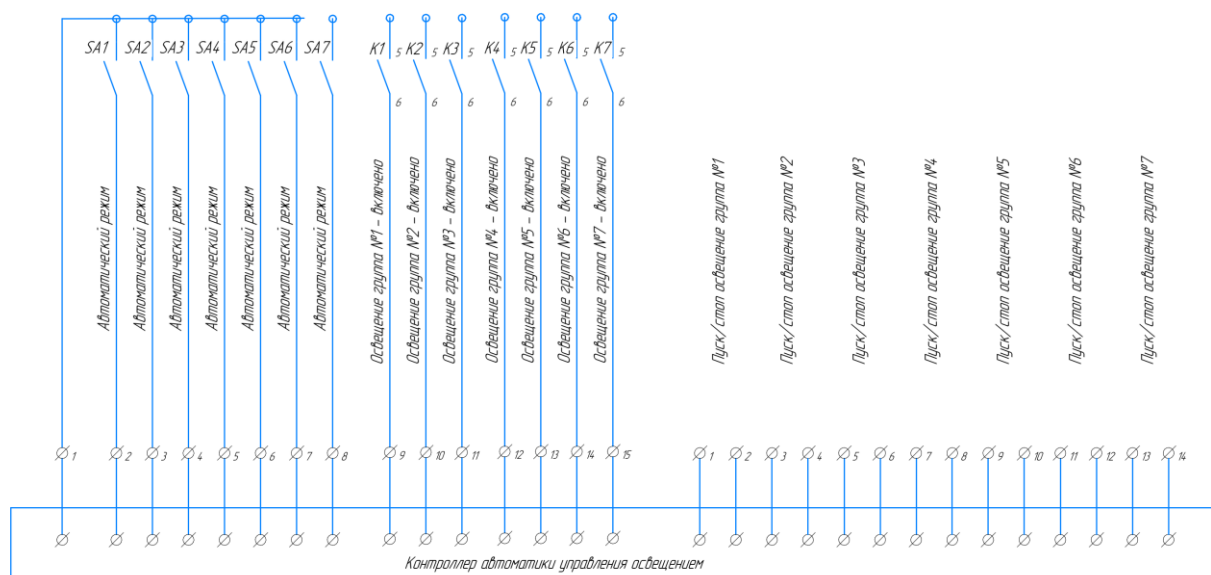


Рисунок 20 – Схема подключения контроллера

В корпусе завода ЖБИ, рассматриваемом в настоящей работе, автоматическое управление освещением будет реализовано для основного помещения корпуса завода для всех 7 групп освещения.

Далее будет произведен выбор конкретных устройств для реализации управления системой освещением.

3.2 Выбор элементной базы схемы автоматики

Основным устройством, обеспечивающим управление системой освещения является блок контроля освещения марки SLS производства ООО «Санлайн-Автоматика».

Внешний вид устройства представлен на рисунке 21.



Рисунок 21 – Внешний вид блока контроля освещения

Блок контроля освещения марки SLS представляет собой микропроцессорное устройство обеспечивающее сбор контрольных показателей с подключаемых датчиков освещенности, и формирующее автоматические управляющие сигналы для управления контакторами сети освещения.

Устройство оснащено современными интерфейсами проводной связи на базе протоколов RS-485, а также возможностью передачи сигнала по средствам беспроводных каналов связи.

На базе устройства может быть организовано как ручное управление, так и автоматическое управление.

Выбор вида управления освещением осуществляется с применением трехпозиционных переключателей, располагаемый на лицевой панели Щита освещения.

Для организации управления освещением применяется специализированный программный комплекс, обеспечивающий контроль и организацию автоматического управления освещением через компьютер диспетчера управления производством.

Управляющие сигналы с устройства SLS поступают на управляющие контакты силовых контакторов сети освещения, силовые контакты которых выполняют непосредственные операции по включению/отключению освещения каждой группы.



Рисунок 22 - Внешний вид контакторов управления освещением

Вывод. Выбранные устройства для управления освещением могут быть интегрированы в автоматические системы управления технологическим процессом, обеспечив контроль и управление освещением производственного корпуса с рабочего места диспетчера.

Заключение

В рамках исследования, проводимого при выполнении выпускной квалификационной работы, рассмотрена тема «Разработка системы освещения производственного корпуса завода железобетонных конструкций». В рамках выполнения данной выпускной работы была разработана система освещения помещений промышленного предприятия, соответствующая действующей нормативной документации.

При выполнении ВКР была достигнута цель работы – разработана комплексная система освещения производственного корпуса завода железобетонных конструкций, обеспечивающая оптимальные условия труда при максимальной энергоэффективности.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ существующих систем освещения, с выделением недостатков и определением мероприятий по их устранению;
- исследованы современные требования к системам освещения промышленных предприятий;
- произведён выбор современных энергоэффективных ламп освещения в зависимости от назначения каждого помещения цеха;
- выполнен светотехнический расчет для каждого помещения корпуса, определено необходимое количество светильников для обеспечения требуемого уровня освещенности;
- произведён выбор элементов системы электроснабжения для обеспечения системы освещения качественной электрической энергией с требуемым уровнем надежности;
- разработана система автоматического управления освещением для основного помещения цеха.

В результате выполнения работы спроектирована система освещения, обеспечивающая комфортные условия труда работников и соответствующая требованиям действующих норм и правил.

Список используемых источников

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасимов, В.Т. Федин. 4-е издание., стер. М.: Кнорус, 2014. 648 с.
2. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартиформ, 2014 г. 39 с.
3. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы.
4. Естественное и искусственное освещение: СНиП 23-05-95: Министерство строительства Российской Федерации (минстрой России), Москва 1995.
5. Каталог электротехнического оборудования ЕТМ. М., 2024. 416 с.
6. Методические рекомендации по расчету электрических нагрузок. М.: МЭИ, 2023. 64 с.
7. Министерство энергетики Российской Федерации, приказ от 23 июня 2015 г. N 38. О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии.
8. Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения / Под ред. В.И. Киреевой. Москва: Издательство МЭИ, 2019. 256 с.
9. Правила устройства электроустановок. Москва: ЭНАС, 2024. 192 с
10. Применение свойств сферической симметрии светового поля в светотехнических расчетах / Шмаров И.А. Москва: Издательство МЭИ, 2018. 160 с.
11. Производственное освещение: проектирование и расчёт / под редакцией А. Б. Елкина и О. В. Маслеевой. М.: Инфра-Инженерия, 2023. 240 с.

12. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 648 с.
13. Светотехника: научно-технический журнал. Москва: ФГУП «НИИ «Светотехника»», 2024. №2. 128 с.
14. Свод правил СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М.: Стандартинформ, 2017.
15. Современные технологии освещения: каталог оборудования / Под ред. П.С. Королева. Москва: Светотехника, 2024. 416 с.
16. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 2018. 480 с.
17. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. Москва: Энергоатомиздат, 2017. 552 с.
18. Справочник по кабельным изделиям / Под ред. А.М. Шварца. М.: ЭНАС, 2022. 512 с.
19. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина. М.: ЭНАС, 2023. 448 с.
20. Таблицы удельной мощности для светильников прямого света с типовыми кривыми силы света / Герсонская В.И. Москва: Энергоатомиздат, 2016. 128 с.