

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 Энергообеспечение цеха по ремонту сельскохозяйственной техники в поселке городского типа Шушенское

Студент

Р.М. Юсупов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Горохов

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

Тольятти 2021

Аннотация

Название бакалаврской работы: «Энергообеспечение цеха по ремонту сельскохозяйственной техники в поселке городского типа Шушенское».

Выпускная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1.

Ключевым вопросом выпускной работы является разработка системы электроснабжения производственных участков цеха по ремонту сельскохозяйственной техники; проведение анализа предприятия и расположенных на его территории электроприемников; расчет электрических нагрузок и внутрицеховой распределительной электрической сети; расчет и выбор цеховых трансформаторов и компенсирующих устройств; расчет и проверка на работоспособность кабелей, автоматических выключателей; выбор вводного распределительного устройства, силовых щитов и щитов освещения; расчет повторного заземления; расчет системы освещения; определение технико-экономических показателей проекта.

Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения цеха по ремонту сельскохозяйственной техники в поселке городского типа Шушенское.

Выпускная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: введение, анализ объекта проектирования, расчет внутрицеховой распределительной электрической сети; расчет, выбор и проверка электрооборудования, освещения, вопросы электробезопасности цеха для работающих в нем людей.

Данная работа актуальна не только для конкретного ремонтного цеха, но и других аналогичных промышленных предприятий.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ предприятия.....	6
1.1 Краткие сведения о цехе по ремонту сельскохозяйственной.....	6
техники.....	6
1.2 Характеристика проектируемого цеха и расположенных в нем потребителей электроэнергии.....	8
2 Расчет внутрицеховой электрической сети.....	12
2.1 Определение электрических нагрузок.....	12
2.2 Расчет внутрицеховой распределительной электрической сети.....	15
2.3 Выбор цеховых трансформаторов и компенсирующих устройств.....	17
2.4 Выбор и обоснование электрооборудования.....	19
2.4.1 Выбор сечения кабелей и проверка их на нагрев.....	19
2.4.2 Выбор автоматических выключателей.....	24
2.4.3 Выбор ВРУ, РП, ШМ.....	28
2.5 Расчет повторного заземления.....	32
3 Расчет электрической сети освещения.....	35
3.1 Выбор светильников, места установки и способа их крепления.....	35
3.2 Расчет количества светильников для обеспечения нормируемой освещенности помещения.....	37
4 Техничко-экономические показатели проекта.....	43
Заключение.....	48
Список используемых источников.....	49

Введение

Муниципальное унитарное предприятие Шушенского района «Тепловые и электрические сети» является жилищно-коммунальной, хозрасчетной организацией. Учредителем предприятия является муниципальное образование – администрация Шушенского района. Предприятие действует на основе хозяйственного расчета и самофинансирования. Место нахождения предприятия: Красноярский край, Шушенский район, посёлок городского типа Шушенское, ул. Пионерская, 14

На данном предприятии будет рассмотрен участок технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств и сельскохозяйственной техники. Данный участок включает в себя ремонтный цех, сварочный цех, токарный цех, кузнечный цех, покрасочный цех, цех вулканизации резины, цех технического обслуживания электрооборудования, цех обкатки двигателей, а так же склад для хранения запасных частей и инструмента.

Большинство технологического оборудования, размещенного в цехе использует в качестве энергии электрическую. Электроэнергия на сегодня является самой распространенной, доступной как для ее применения в промышленности, так и на бытовом уровне. Мировой рынок электрической энергии оценивается примерно в 26000 млрд. кВт·ч в год или в денежном выражении это несколько десятков триллионов долларов США. Популярность электроэнергии связана, прежде всего, с ее главным преимуществом перед другими видами энергии – легкость и простота передачи очень больших объемов энергии на очень большие расстояния. При этом потери при транспортировке энергии относительно небольшие. Другим преимуществом электроэнергии является относительная простота ее производства на различных электростанциях: атомных, тепловых, гидроэлектростанциях. При этом огромным потенциалом по выработке электроэнергии обладают альтернативные способы производства

электроэнергии, использующие в своей работе энергию ветра, солнца, морских течений и приливов.

Системы электроснабжения включают в себя не только генерирующие мощности, но и все остальные элементы сетей, участвующих в доставке электроэнергии до конечного потребителя: станков, электроосвещения и т.д. В состав электроустановок входят: генераторы, силовые трансформаторы, автотрансформаторы, реакторы, трансформаторы напряжения и тока, линии электропередачи, распределительные устройства, комплектные трансформаторные подстанции (КТП), распределительные сети, электродвигатели, конденсаторы, средства автоматики и защиты, разнообразные приемники электроэнергии. Узлами этой сети являются электрические подстанции выполняющие функции по преобразованию электроэнергии в форму, наиболее удобную для выполнения какой-либо функции. Например, повышают уровень напряжения, чтобы избежать высоких потерь для передачи электроэнергии на расстояние. Или, наоборот, понижают до уровня 0,4 кВ, который мы привыкли использовать в быту.

Надежность в эксплуатации электрооборудования систем электроснабжения является одним из важнейших факторов, оказывающих существенное влияние на экономические показатели энергокомплексов страны. Надежность закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении и расходуется при эксплуатации.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы надежного электроснабжения цеха по ремонту сельскохозяйственной техники.

1 Анализ предприятия

1.1 Краткие сведения о цехе по ремонту сельскохозяйственной техники

Цех предназначен для стоянки в ночное и зимнее время, ремонта и технического обслуживания автомобильного парка на пятнадцать машин.

Здание цеха прямоугольное размерами 28,8 x 42 метра. Высота внутри помещения у наружных стен от пола до низа выступающих конструкций перекрытия четыре с половиной метра.

Отопление цеха проводится за счёт котельной находящейся непосредственно в здании ремонтного цеха. Проект разработан для районов с расчётной температурой наружного воздуха в холодный период года $t_n = -35^{\circ}\text{C}$, в тёплый период года $t_n = +25^{\circ}\text{C}$. Отопление цеха - в холодный период года рассчитано на температуру внутреннего воздуха равной $t = +16^{\circ}\text{C}$.

Система отопления принята двухтрубная с верхней разводкой. Основные производственные процессы устанавливаются соответственно схеме технологических процессов в цехе для стоянки и ремонта автомобильной техники, разборка машины на узлы и детали, мойка деталей, дефектация и замена изношенных новыми или восстановленными, сборка и испытание машин (двигателей), обкатка и окраска.

По каждому ремонтному участку обосновывают метод и средства автоматизации отдельных процессов и устанавливают связь в системах машин каждого ремонтного участка между ними. При этом общей и единой энергетической основой должна быть электротехнологическая база, то есть использование электроэнергии во всех ее возможных преобразованиях.

Исходя из технологических условий, устанавливают наладочные, рабочие и центральные пульта управления. На наладочных размещают только кнопки управления данным узлами и агрегатом. Рабочие пульта располагают перед агрегатами (станками). На центральном пульте ставят

аппараты управления всей системой машин в каждой поточной линии и координации действия между линиями. Кроме того, здесь же останавливают сигнальные лампы в определенной пневматической схеме, в том числе и лампы, сигнализирующие о выходе из строя инструментов.

В управлении поточной линией и ее отдельными станками, и агрегатами автоматизируют в основном поступательное или вращательное движение. Поэтому основной формой является управление в функции пути.

К вспомогательным формам относится управление в функции времени, нагрузки, скорости, температуры, уровня, давления и др.

Исходя из этого, в проект электрооборудования цеха включают технические условия на проектирование, принципиальной электрической схемы, спецификацию оборудования участков, схему размещения оборудования и монтажа.

Все линии присоединяют к главному шкафу по радиальной схеме.

Провода прокладывают в специальных каналах, траншеях пола, трубах, в железных коробах и шинопроводах, расположенных над агрегатами линии.

Проектирование снабжения энергией электроинструментов в цехах следует вести либо от распределительной сети общего назначения, либо от сети, специально предназначенной для их питания. Здание ремонтного цеха – одноэтажное, бесчердачное. Площади, высота помещений, объем помещений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика помещений

Наименование участка	Кол-во	Площадь, м ²	Высота, м	Объем, м ³
Разборки, мойки, очистки	1	60,0	5,0	300
ТО и ремонта	1	245	5,0	1225
Проверки и дефектации	1	40,0	2,8	112
Ремонта топливной аппаратуры	1	38,0	2,8	106,4
Электротехнический	1	28,5	2,8	79,8

Продолжение таблицы 1

Наименование участка	Кол-во	Площадь, м ²	Высота, м	Объем, м ³
Испытательный двигательный	1	55,4	2,8	155,12
Обкатки агрегатов	1	130,0	2,8	364
Кузнечный	1	39,5	2,8	110,6
Сварочный	1	35,5	2,8	99,4
Мехобработки	1	58,8	2,8	164,64
Жестяночный	1	19,5	2,8	54,6
Регулировочный	1	150	5,0	750
Шиномонтажный	1	30,0	2,8	84
Складское помещение	1	40,0	2,8	112
Хранения инструмента	1	16,0	2,8	44,8
Хранения машин под навесом	1	298,5	2,8	835,8
Котельная	1	9,5	2,8	26,6
Электрощитовая	1	9,0	2,8	25,2
Бытовое помещение	1	36,0	2,8	100,8
Итого	19	1339,2	2,8/5,0	4750,76

1.2 Характеристика проектируемого цеха и расположенных в нем потребителей электроэнергии

Участок ТО и ремонта сельскохозяйственной техники.

Основная работа по текущему, капитальному ремонту и техническому обслуживанию автомобильной техники проводится на данном участке. Здесь проводится замена неисправных агрегатов, узлов и деталей, требующих ремонта, а также выполнение регулировочных работ непосредственно на автомобилях, разборка машины на узлы и детали, мойка деталей, дефектация и замена изношенных новыми или восстановленными, сборка и испытание машин (двигателей), диагностика, обкатка, а также мелкий ремонт.

Сведения об электрических приемниках участка ТО и ремонта сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Сведения об электроприемниках участка ТО и ремонта

Наименование оборудования	Номинальная мощность, кВт	Количество	Суммарная мощность, кВт
Стенд для обкатки ДВС модели КРОН-КС-276-03	30	2	60
Токарно винторезный станок модели 16ВТ20П-21	11	2	22
Вертикально-сверлильный станок модели 2Т-150	4,18	2	8,36
Сварочный стол со сварочным аппаратом FUBAG IRMIG 180 SYN	7	2	14
Компрессор HYUNDAI HYS 3050S	2	1	2
Станок шиномонтажный модели ТМ7	0,75	1	0,75
Станок балансировочный модели NORDBERG 4523C	0,2	1	0,2
Стенд испытания топливной аппаратуры модели ТНВД 12PSB	15	1	15
Тельфер тип CD1, г/п 10 т	13	1	13
Канавный электромеханический подъемник П-263	3	1	3
Итого	86,13	14	138,31

Сварочный участок.

Сварочный участок предназначен для сварки мелких деталей и агрегатов а, так же для ремонта металлоконструкций в сельскохозяйственной технике, то есть для сварки кузовов, рам и др.

Электротехнический участок.

На электротехническом участке проводится ремонт и обслуживание, регулировка и испытание приборов электрооборудования. Приборы очищаются от пыли и грязи, осматриваются и испытываются на специальных стендах. Ремонт приборов электрооборудования производится путём замены негодных деталей на новые. Для контроля за техническим состоянием и испытание изоляции при ремонте якорей генераторов, стартеров и электродвигателей используется прибор РАСО, модель Э-236, для проверки генераторов, реле регуляторов стартеров, прерывателей-распределителей и катушек зажигания используется прибор РАСО, модель Э-214 (см. таблица 3)

Таблица 3 – Стенды электротехнического участка

Наименование оборудования	Номинальная мощность, кВт	Количество	Суммарная мощность, кВт
Стенд модели Э-236	0,2	1	0,2
Стенд модели Э-242	2	1	2
Итого	2,2	2	2,2

Котельная.

Здесь расположен комбинированный котел, работающий на отработанном масле. Масло, применяемое для работы оборудования, может быть любым, включая подсолнечное масло. В качестве топлива может идти синтетическое, минеральное, трансмиссионное масло либо их смесь.

Обкаточный участок.

Представляет собой подготовку машин к нормальной эксплуатации путем постепенной приработки составляющих их сопрягаемых деталей на различных, рекомендованных заводами-изготовителями, временных и нагрузочных режимах. Продолжительность и режимы обкатки должны соответствовать рекомендациям заводов-изготовителей. Чем тщательней будет произведена обкатка, тем дольше и надежней будет работать машина без ремонта. После обкатки составляют акт о передаче машины в

нормальную эксплуатацию, в котором указывают время работы на каждом нагрузочном режиме, расход топлива за период обкатки и выполненную работу, если обкатка производилась с полезной нагрузкой.

Вывод.

Наиболее энергоемкие электроприемники располагаются на участке обкатки и ремонта сельскохозяйственной техники. Самым мощным электропотребителем является стенд для обкатки ДВС модели КРОН-КС-276-03. Часть оборудования является источником реактивной мощности. Обработывающие станки и испытательные стенды работают в режиме переменной нагрузки. Цех относится к III категории электроснабжения, но для снижения времени простоя ремонтного оборудования я предлагаю заложить в проект оборудование, поддерживающее 2 категорию, что позволит при необходимости быстро реализовать данную схему электроснабжения.

2 Расчет внутрицеховой электрической сети

2.1 Определение электрических нагрузок

Так как количество электроприемников ремонтно-механического цеха известно, то для расчета нагрузок предпочтительно использовать метод расчетного коэффициента. Исходными данными являются:

- номинальная мощность P_n , кВт,
- $\cos\varphi$,
- коэффициент использования $K_{и}$,
- количество электроприемников n , шт.

Определяемые параметры:

- $\operatorname{tg}\varphi$ (1),
- установленная мощность P_y , кВт (2),
- средняя активная мощность P_{cp} , кВт (3),
- средняя реактивная мощность Q_{cp} , квар (4),
- полная мощность S_{cp} , кВА (5),
- расчетный ток I_p , А (6).

$$\varphi = \arccos\varphi, \operatorname{tg}\varphi, \quad (1)$$

$$P_y = P_n \cdot n, \quad (2)$$

$$P_{cp} = P_y \cdot K_{и}, \quad (3)$$

$$Q_{cp} = P_{cp} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (4)$$

$$S_p = \sqrt{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2}, \quad (5)$$

$$I_p = \frac{S_p}{U_n}. \quad (6)$$

Результаты расчета сведены в таблицу 4.

Средний коэффициент использования для всего цеха $K_{и,ср}$

$$K_{и.ср.} = \frac{\sum P_{ср}}{\sum P_y}, \quad (7)$$

где $\sum P_{ср}$ - суммарная средняя мощность электроприемников цеха, кВт;
 $\sum P_y$ - суммарная установленная мощность электроприемников, кВт.

Таблица 4 – Расчет силовых нагрузок

Наименование	P_n , кВт	n , шт	P_y , кВт	$K_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{ср}$, кВт	$Q_{ср}$, кВАр	$S_{ср}$, кВт	I_p , А
Стенд для обкатки ДВС модели КРОН-КС-276-03	30	2	60	0,8	0,8	0,75	48	36	60	150
Токарно винторезный станок модели 16ВТ20П-21	11	2	22	0,8	0,8	0,75	17,6	13,2	22	55
Вертикально-сверлильный станок модели 2Т-150	4,18	2	8,36	0,8	0,8	0,75	6,7	5,1	8,4	20,9
Сварочный стол со сварочным аппаратом FUBAG IRMIG 180 SYN	7	2	14	0,7	0,85	0,62	9,8	7,4	12,2	30,6
Компрессор HYUNDAI HYS 3050S	2	1	2	0,65	0,8	0,75	1,3	0,9	1,6	4
Станок шиномонтажный модели ТМ7	0,75	1	0,75	0,7	0,85	0,62	0,5	0,3	0,6	1,5
Станок балансировочный модели NORDBERG 4523С	0,2	1	0,2	0,7	0,85	0,62	0,1	0,08	0,13	0,3

Продолжение таблица 4

Наименование	P_n , кВт	n, шт	P_y , кВт	K_n	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_{cp} , кВт	Q_{cp} , кВАр	S_{cp} , кВт	I_p , А
Стенд испытания топливной аппаратуры модели ТНВД 12PSB	15	1	15	0,8	0,8	0,75	12	9	15	37,5
Тельфер тип CD1, г/п 10 т	13	1	13	0,5	0,7	1,02	6,5	6,6	9,3	23,2
Канавный электро-механический подъемник П-263	3	1	3	0,2	0,7	1,02	0,6	0,61	0,85	2,1
Стенд модели Э-236	0,2	1	0,2	0,5	0,9	0,48	0,1	0,05	0,18	0,5
Стенд модели Э-242	2	1	2	0,5	0,85	0,62	1	0,29	1,04	2,6
Итого	88,33	16	140,51				104,2	79,53	131,3	328,2

Число эффективных электроприемников, $n_{эф}$.

$$n_{эф} = \frac{2 \sum P_y}{P_n \max}, \quad (8)$$

где $P_{н.маx}$ - номинальная мощность наибольшего электроприемника.

$$n_{эф.} = \frac{2 \cdot 140,51}{30} = 9,4.$$

По графику [с.39, 4] для ранее определенных K_n и $n_{эф}$ принимаем величину коэффициента $K_p=0,88$. С учетом данного коэффициента корректируем суммарную активную мощность цеха

$$P_p = \sum P_{cp} \cdot K_p, \quad (9)$$

$$P_p = 0,88 \cdot 104,2 = 91,69 \text{ кВт.}$$

Так как $n_{\text{эф}} < 10$ то расчетная реактивная мощность больше суммарной реактивной мощности из таблицы 3 на 10% $Q_p = 87,48$ квар.

Полная расчетная мощность цеха S_p , кВА

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (10)$$

$$S_p = S_p = \sqrt{91,69^2 + 87,48^2} = 126,73 \text{ кВА}$$

2.2 Расчет внутрицеховой распределительной электрической сети

Составляем однолинейную схему распределительной сети (чертеж 21.13.03.02.21/12.022.0004 графической части проекта).

Распределяем электроэнергию по группам:

- электророзетки: 6 групп,
- электрическая часть системы отопления: 1 группа,
- приточно-вытяжная вентиляция: 1 группа,
- дежурное освещение: 2 группы,
- аварийное освещение: 1 группа,
- управление освещением: 1 группа,
- освещение: 5 групп.

Расчетный ток групп определяется:

$$I_{\text{расч}} = P / (U_n \cdot \cos\varphi), \quad (11)$$

где P – мощность группы, Вт;

U_n – номинальное напряжение сети, В;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности. Для светодиодного освещения принимаем $\cos\varphi=0,9$ [2]

Результаты расчета оформим в виде таблицы 5

Таблица 5 - Результаты расчета цеховой распределительной сети

Назначение группы электро-приемников	Номер группы электро-приемников	Принятая или номинальная мощность электроприемников	cosφ/ tgφ	Расчетная мощность, Вт	Расчетный ток, А
Дежурное электроосвещение	9	188	0,9/0,48	169	0,8
Электроосвещение	10	380	0,9/0,48	342	1,63
Электроосвещение	11	493	0,9/0,48	444	2,1
Электроосвещение	12	671	0,9/0,48	604	2,9
Электроосвещение	13	1228	0,9/0,48	1105	5,3
Электроосвещение	14	311	0,9/0,48	280	1,3
Блок управления освещением	15	36	0,98/0,2	35	0,16
Аварийное освещение	16	367	0,9/0,48	330	0,18
Электророзетки 220В	1	5647	0,85/0,62	4800	21,8
Электророзетки 220В	2	4941	0,85/0,62	4200	19,09
Электророзетки 220В	3	2823	0,85/0,62	2400	10,9
Электророзетки 220В	4	5647	0,85/0,62	4800	21,8
Электророзетки 220В	5	3529	0,85/0,62	3000	13,6
Электророзетки 220В	6	3529	0,85/0,62	3000	13,6

Продолжение таблицы 5

Назначение группы электро-приемников	Номер группы электро-приемников	Принятая или номинальная мощность электроприемников	cosφ/ tgφ	Расчетная мощность, Вт	Расчетный ток, А
Блок управления котлом отопления АМК150 и сетевым насосом управления	7	558	0,95/0,33	530	2,41
Щит управления приточно-вытяжной вентиляцией	8	4125	0,8/0,75	3300	5,83
Итого	-	34473	-	29339	123,4

2.3 Выбор цеховых трансформаторов и компенсирующих устройств

Проектируемый цех относится к III категории электроснабжения, поэтому для его электроснабжения используется один источник питания [13].

Минимальное число трансформаторов подстанции одинаковой мощности рассчитывается по формуле:

$$N_{Tmin} = \frac{P_{PH}}{\beta_T \cdot S_T}, \quad (12)$$

где P_{PH} – суммарная расчетная активная мощность, кВт (13);

β_T – коэффициент загрузки;

S_T – принятая номинальная полная мощность одного трансформатора, кВ·А.

Суммарная расчетная активная мощность

$$P_{PH} = P_c + P_p, \quad (13)$$

$$P_{PH} = 91,69 + 29,34 = 121,03 \text{ кВт},$$

где P_c – активная мощность силовой сети;

P_p – активная мощность распределительной сети.

Максимальное значение реактивной мощности:

$$Q_T = \sqrt{(1.05 \cdot S_T \cdot \beta_T \cdot N_{Tmin})^2 - P_{PH}^2}, \quad (14)$$

$$N_{Tmin} = \frac{121,03}{0.8 \cdot 160} = 0,94 \approx 1 \text{ шт.}$$

$$Q_T = \sqrt{(1.1 \cdot 160 \cdot 0.8 \cdot 1)^2 - 121,03^2} = 71,9 \text{ квар.}$$

Принимаем трансформатор ТМГ-160/10/0,4 [19] (см. таблица 6) и компенсирующее устройство АУКРМ-70-0,4 [26].

Таблица 6 - Каталожные данные цехового трансформатора

Наименование цеха	ТП	Количество трансформаторов в цехе	Тип трансформатора	Номинальная единичная мощность, кВА	Потери, кВт		Напряжение КЗ, %	Ток холостого хода, %
					холодного хода	короткого замыкания		
Цех ремонта сельскохозяйственной техники	ТП1	1	ТМГ	160	0,41	2,7	4,5	1,5

Далее вычисляем уточненное значение полной расчетной мощности по формуле:

$$S'_P = \sqrt{P_{\text{Робщ}}^2 + (Q_{\text{Робщ}} - Q_{\text{НКФ1}})^2}, \quad (15)$$

$$S'_P = \sqrt{121,03^2 + (79,53 - 70)^2} = 121,4 \text{ кВА.}$$

Уточненное значение коэффициента загрузки вычисляем по формуле:

$$\beta'_T = \frac{S'_P}{N_T \cdot S_{HT}}, \quad (16)$$

$$\beta'_T = \frac{212,4}{1 \cdot 160} = 0,75.$$

Определим потери в трансформаторе:

$$\Delta P_T = \Delta P_{\text{xx}} \cdot N_T + \frac{1}{N_T} \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S'_P}{S_{HT}} \right)^2, \quad (17)$$

$$\Delta P_T = 0,41 \cdot 1 + \frac{1}{1} \cdot 2,7 \cdot \left(\frac{121,4}{160} \right)^2 = 1,93 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = N_T \frac{I_X}{100} \cdot S_H + \frac{U_K}{N_T \cdot 100} \cdot \frac{S^2}{S_H}, \quad (18)$$

$$\Delta Q_T = 1 \cdot \frac{1,5}{100} \cdot 160 + \frac{4,5}{1 \cdot 100} \cdot \frac{121,4^2}{160} = 6,55 \text{ квар.}$$

2.4 Выбор и обоснование электрооборудования

2.4.1 Выбор сечения кабелей и проверка их на нагрев

Расчет и выбор сечения проводов осветительной сети обеспечивает:

– отклонение напряжения у источников света в допустимых пределах;

– нагрев проводов не выше допустимой температуры.

Поэтому сечение проводов обычно рассчитывают по допустимой потере напряжения, а затем проверяют по нагреву и механической прочности [3].

При этом индуктивное сопротивление проводов внутренних осветительных сетей можно не учитывать. Индуктивное сопротивление осветительной нагрузки не учитывают, так как коэффициент мощности не ниже 0,9.

Площадь сечения проводов:

$$S = \frac{\sum M}{c \cdot \Delta U \%}, \quad (19)$$

где $\sum M$ – сумма электрических моментов нагрузки, кВт·м;

c – коэффициент сети, зависящий от ее напряжения, материала проводов и единиц измерения величин [6];

$\Delta U\%$ – расчетная допустимая потеря напряжения, %. Принимаем 2,5 % [14].

Моменты нагрузок определяют от самой удаленной от распределительного щита точки с наибольшей мощностью. Нагрузки потребителей ответвлений прикладывают к точке ответвлений [1].

Суммарный момент вычисляется по упрощенной формуле:

$$\sum M = P_1 \cdot L_1 + P_2 \cdot L_2 + P_3 \cdot L_3 + \dots + P_n \cdot L_n, \quad (20)$$

где $\sum M$ – сумма электрических моментов нагрузки, кВт·м;

P – мощность n -го потребителя, Вт;

n – количество потребителей;

L_1 – расстояние от щитка освещения до первой лампы, м;

$L_{2,3,n}$ – расстояние от предыдущего токоприемника до текущего, м.

Обычно рекомендуют из приведенных значений допустимой потери напряжения оставлять 0,2...0,3 % на потери ввода в помещение [5]:

$$\Delta U\% = \Sigma M / (C \cdot S). \quad (21)$$

Рассчитаем суммарный момент для первой групповой линии розеток:

$$\Sigma M = 0,6 \cdot 6 \cdot 25 = 88 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$S = 90 / (12 \cdot 2,5) = 3 \text{ мм}^2;$$

$$\Delta U\% = 90 / (12 \cdot 4) = 1,8\%.$$

Принимаем кабель ВВГ сечением 4 мм². Для остальных групп расчет аналогичен (см. таблицу 7).

Таблица 7 – Выбор кабелей

Номер группы электро-приемников	I _p , А	S _{сеч} , мм ²	I _{доп} , А	ΣM, кВт·м	ΔU, %	Кабель
1	19,7	4	40	88	1,8	ВВГ 3х4
2	18,11	2,5	26	79	1,9	ВВГ 3х2,5
3	11,2	2,5	26	30,1	1,0	ВВГ 3х2,5
4	19,9	2,5	26	35	1,1	ВВГ 3х2,5
5	14,5	2,5	26	30	1,0	ВВГ 3х2,5
6	14,5	2,5	26	7	0,3	ВВГ 3х2,5
7	3,07	2,5	26	59	0,2	ВВГ 3х2,5
8	6,08	1,5	14	11,1	0,19	ВВГ 3х1,5
9	1,1	1,5	20	9,0	0,3	ВВГ 3х1,5
10	1,77	1,5	20	5,5	0,15	ВВГ 3х1,5

Продолжение таблицы 7

Номер группы электро-приемников	I_p , А	$S_{сеч}$, мм ²	$I_{доп}$, А	ΣM , кВт·м	ΔU , %	Кабель
11	1,99	1,5	20	9,11	0,35	ВВГ 3x1,5
12	3,0	1,5	20	1,12	0,06	ВВГ 3x1,5
13	4,9	1,5	20	7,08	0,28	ВВГ 3x1,5
14	0,98	1,5	20	0,5	0,03	ВВГ 3x1,5
15	0,22	1,5	20	0,31	0,03	ВВГ 3x1,5
16	0,22	1,5	20	0,03	0,06	ВВГ 3x1,5

Выбранные кабели подходят по потерям напряжения, так как максимальные потери для сети не превышают 2,5 %.

Выбор вводного кабеля.

Расчетный ток вводного кабеля:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (22)$$

$$I_p = \frac{29339}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 49,5 \text{ А},$$

где P – активная мощность нагрузки, Вт;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;

U_n – линейное напряжение сети, В.

Выбираем вводной кабель ВВГ 5x10 мм² [8], способ прокладки в стальной трубе.

На ввод устанавливаем дифференциальный автоматический выключатель с характеристикой С АД12S4P 50А 100мА [25].

Результат выбора кабелей для подключения промышленного оборудования сведен в таблицу 8.

Таблица 8 – Выбор кабелей подключения промышленного оборудования

Наименование оборудования	I_p , А	$S_{сеч}$, мм ²	$I_{доп}$, А	L, м	ΣM , кВт·м	ΔU , %	Кабель
Стенд для обкатки ДВС модели КРОН-КС-276-03	75	16	80	30	900	2,6	АНРГ-4х16
Токарно винторезный станок модели 16ВТ20П-21	27	6	34	36	396	2,0	АНРГ-4х6
Вертикально-сверлильный станок модели 2Т-150	10,5	2,5	26	32	133	1,0	АНРГ-4х2,5
Сварочный стол со сварочным аппаратом FUBAG IRMIG 180 SYN	15,3	4	27	48	336	1,6	АНРГ-4х4
Компрессор HYUNDAI HYS 3050S	4,0	2,5	26	8	16	0,9	АНРГ-4х2,5
Станок шиномонтажный модели ТМ7	1,5	2,5	26	10	7,5	0,7	АНРГ-4х2,5
Станок балансировочный модели NORDBERG 4523С	0,3	2,5	26	10	2,0	0,04	АНРГ-4х2,5

Продолжение таблицы 8

Наименование оборудования	I_p , А	$S_{сеч}$, мм ²	$I_{доп}$, А	L, м	ΣM , кВт·м	ΔU , %	Кабель
Стенд испытания топливной аппаратуры модели ТНВД 12PSB	37,5	16	80	24	360	1,9	АНРГ-4х16
Тельфер тип CD1, г/п 10 т	23,2	6	34	22	286	1,8	АНРГ-4х6
Канавный электро-механический подъемник П-263	2,1	2,5	26	18	54	1,1	АНРГ-4х2,5
Стенд модели Э-236	0,2	2,5	26	16	16	0,2	АНРГ-4х2,5
Стенд модели Э-242	2,6	2,5	26	18	180	0,3	АНРГ-4х2,5

2.4.2 Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям.

Первое условие [9]: при защите нескольких электроприемников расчетный ток I_{HV} , равен сумме токов, одновременно включенных электроприемников:

$$I_{TP} \geq K_{HT} \cdot I_{P,max}, \quad (23)$$

где I_{TP} – номинальный ток теплового расцепителя автомата, А;

K_{HT} – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, принимается в пределах 1,1...1,3 [11];

I_{Pmax} – максимальный рабочий ток, А.

Второе условие:

$$I_{ЭМР} \geq K_{НЭ} \cdot I_{K.max}, \quad (24)$$

где $I_{ЭМР}$ – ток отсечки электромагнитного расцепителя, А;

$K_{НЭ}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя (для автоматов $K_{НЭ}=1,2$) [32];

$I_{K.max}$ – кратковременный максимальный ток, А.

Проверяем по условию срабатывания теплового расцепителя [12]. Для первой группы розеток:

$$I_{ЭМР} \geq 21,8 \cdot 1,2 = 27,2 \text{ А}$$

Для защиты людей от поражения электрическим током для розеточных групп выбираем дифференциальный автоматический выключатель АД12S2P с характеристикой В $I=20\text{А}$ и $I_d=30\text{мА}$ [31]. Для остальных групп проверка подобная. Результаты сводим в таблицу 9.

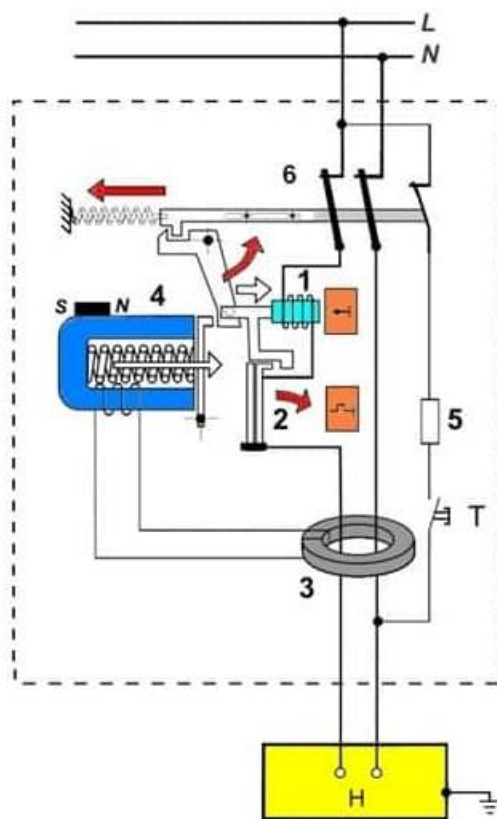
Таблица 9 – Автоматические выключатели

Номер группы электроприемников	$I_p \cdot K_{HT}$	Модель аппарата	I_{HA} , А
1	27,2	АД12S2P	32
2	23,14	АД12S2P	25
3	12,97	АД12S2P	16
4	27,14	АД12S2P	32
5	17,44	АД12S2P	20
6	17,44	АД12S2P	20
7	3,11	ВА 47-29	3
8	7,22	ВА 47-29	8
9	1,08	ВА 47-29	1
10	2,07	ВА 47-29	3
11	1,72	ВА 47-29	2
12	3,55	ВА 47-29	4
13	6,54	ВА 47-29	8
14	1,68	ВА 47-29	2
15	0,22	ВА 47-29	1
16	0,19	ВА 47-29	1

Устройство дифференциального автомата АД12S2P показано на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Вид на внутреннее устройство дифференциального автомата



1- катушка токовой отсечки; 2- биметаллическая пластина; 3- дифференциальный трансформатор тока; 4- магнитоэлектрическое реле; 5- тестовый резистор; 6- силовые контакты; Н- нагрузка; Т- кнопка «Тест»

Рисунок 2 – Функциональная схема дифференциального автомата

Данный вид защитной аппаратуры решает следующие задачи:

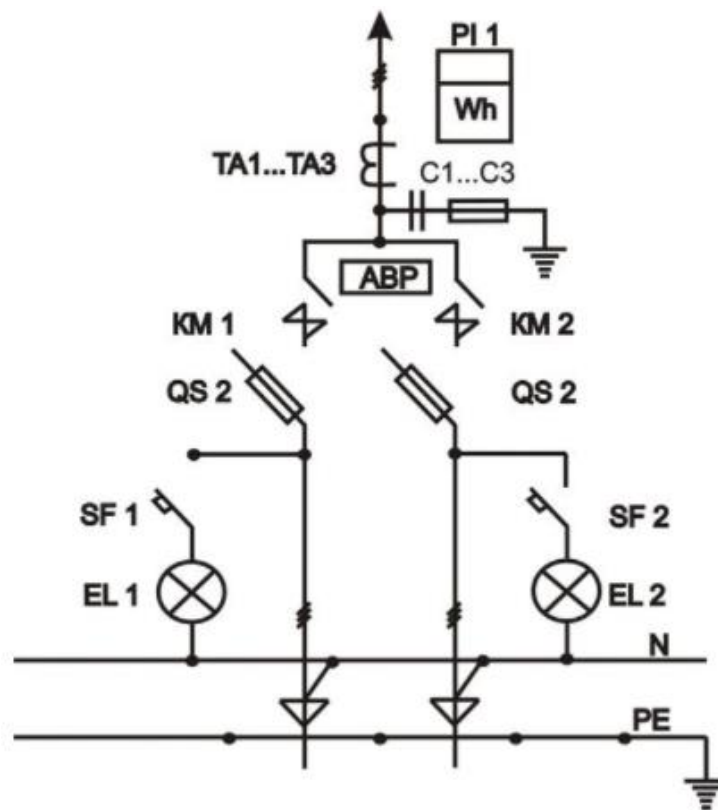
- защита человека, случайно коснувшегося оголенного провода или других токоведущих элементов различных электрических приборов;
- защита электрооборудования и бытовых приборов от перегрузок и сверхтоков, возникающих при КЗ;
- защита электрической проводки, оказавшейся под перенапряжениями в локальных электрических сетях.

2.4.3 Выбор ВРУ, РП, ШМ

В качестве вводного распределительного устройства выбрали щит ВРУ 1-18-80 500А с модулем АВР производства ООО «Э-Щит» (см. рисунок 3 и 4).



Рисунок 3 – Щит ВРУ 1-18-80 500А с модулем АВР производства ООО «Э-Щит»



PI1- счетчик электроэнергии; TA1...TA3- трансформаторы тока 500/5; QS- рубильники, 500А; SF- автоматические выключатели; EL- патроны электроламп; KM- контакторы, 500А.

Рисунок 4 – Схема щита ВРУ 1-18-80 500А с модулем АВР производства ООО «Э-Щит»

Щит напольной установки, размером 1800x800x450 мм. Степень защиты IP31 [15]. Состав ВРУ: корпус, вводный рубильник, защитные предохранители (по заказу) и выключатели, блок АВР (при необходимости), трансформаторы тока, место под установку электросчетчиков, ошиновка щита, шины N и PE.

Для силовых распределительных пунктов РП-1 и РП-2 выбираем щит с монтажной панелью навесной ЩМП 06-2 У2 IP54 500x400x220 производства ООО «Электротехник» (см. рисунок 5) [27].

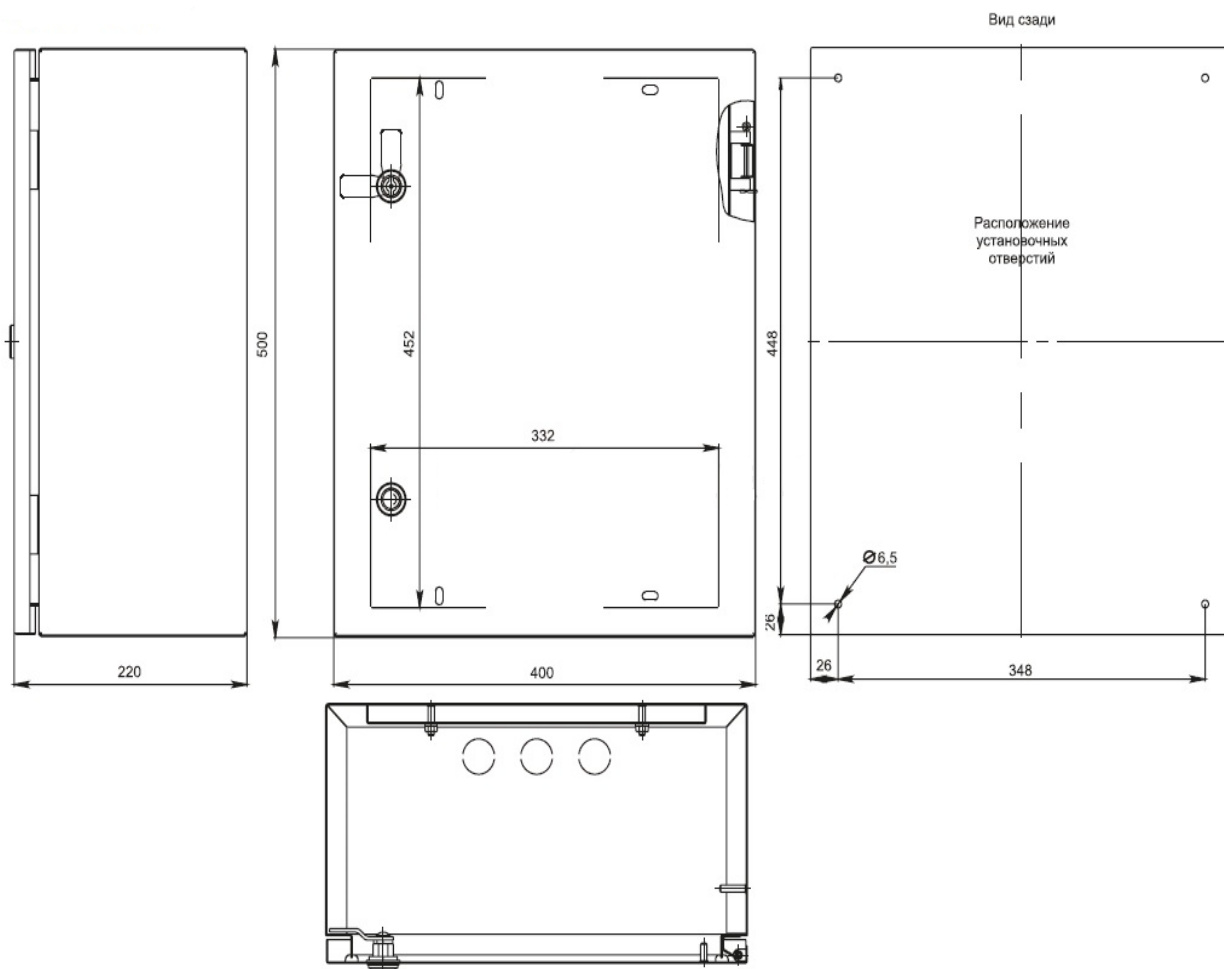


Рисунок 5 – Щит с монтажной панелью навесной ЩМП 06-2 У2
IP54 500x400x220

В качестве шкафа распределительного (низковольтного комплектного устройства) выбрал распределительный пункт серии ПР-24-7141, укомплектованный вводными автоматическими выключателями серии ВА57-35 с токами расцепителей от 63 до 630А, с электромагнитными и тепловыми расцепителями без каких-либо дополнительных сборочных единиц (см. рисунок 6 и 7) [16].



Рисунок 6 – Распределительный пункт серии ПР-24-7141

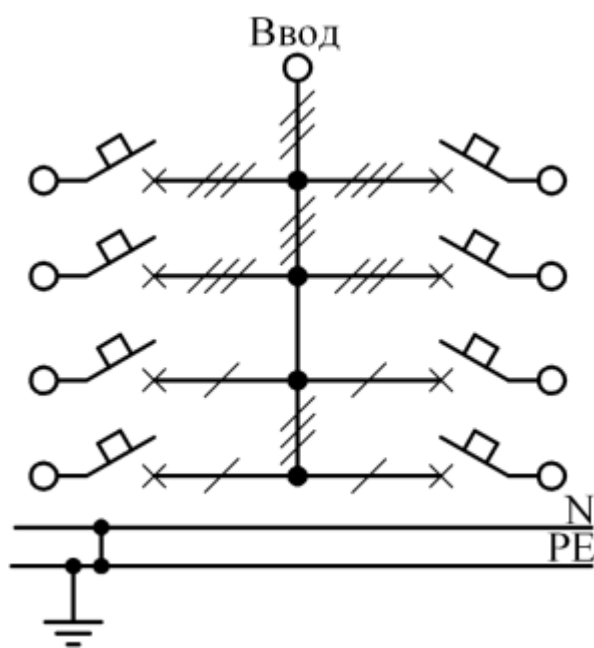


Рисунок 7 – Схема соединений распределительного пункта серии ПР-24-7141

Щит освещения и розеточной группы собран на базе навесного распределительного щита ЩРН-48з IP-31 с замком (mb21-48) [30],

производства ЕКР, размером 620x310x120 с защитными автоматами ВА 47-29 и дифференциальными защитными аппаратами АД12S (см. рисунок 8).



Рисунок 8 – Распределительный щит ЩРн-48з IP-31

2.5 Расчет повторного заземления

Для защиты оборудования в проектируемом цехе, проектируемой трансформаторной подстанции и заземления нейтрали трансформаторов следует установить контур заземления [29].

Внутренний контур заземления присоединяется к наружному контуру заземления. Для этого в траншеях вместе кабелями прокладывается соединительная полоса 40x4 мм [17].

Удельное сопротивление грунта, измеренное при нормальной влажности $\rho_{\text{изм}} = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Заземляющий контур в виде прямоугольного четырёхугольника выполняем путем заложения в грунт вертикальных стержней длиной 3,1 м и диаметром 8 мм, соединенных между собой стальной полосой 40x 4 мм. Глубина заложения стержней 0,8 м, полосы – 0,9 м [28].

Определим расчетное сопротивление грунта для стержневых заземлителей:

$$r_{расч} = K_C \cdot K_i \cdot r_{изм} , \quad (25)$$

$$r_{расч} = 1,15 \cdot 1 \cdot 200 = 230 \text{ Ом} \cdot \text{м} ,$$

где K_C – коэффициент сезонности [18];

K_i – коэффициент значения удельного сопротивления земли, учитывающий её состояние во время измерения [18].

Сопротивление вертикального заземления из круглой стали рассчитывается по формуле:

$$R_B = 0,366 \cdot r_{расч} (\lg(2 \cdot L/d) + 0,5 \cdot \lg((4h_{CP} + L)/(4h_{CP} - L))) / L, \quad (26)$$

$$R_B = 0,366 \cdot 230 (\lg(2 \cdot 3,1/0,008) + 0,5 \cdot \lg((4 \cdot 2,3 + 3,1)/(4 \cdot 2,3 - 3,1))) / 3,1 = 78,43 \text{ Ом}$$

где L – длина электрода, м;

d – внешний диаметр трубы, или диаметр стержня, м;

h_{CP} – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины стержня, м [20].

Принимаем допустимое сопротивление контура заземления $r_{иск} = 25 \text{ Ом}$ [18]. Тогда теоретическое число стержней

$$N_T = R_B / r_{иск}, \quad (27)$$

$$N_T = 78,43 / 25 = 3,06$$

Принимаем 3 стержня и располагаем их в грунте на расстоянии 1,4 метра друг от друга. Длина полосы связи будет равна:

$$L_\Gamma = a \cdot n , \quad (28)$$

$$L_\Gamma = 1,4 \cdot 3 = 4,2 \text{ м},$$

где a – расстояние между стержнями, м;

n – количество стержней, шт.

Определяем сопротивление полосы связи

$$R_{\Gamma} = 0,366 \cdot r_{расч} \cdot \lg(2 \cdot L^2 / d \cdot h) / L_{\Gamma}, \quad (29)$$

$$r_{расч} = 1,35 \cdot 1 \cdot 200 = 270 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$R_{\Gamma} = 0,366 \cdot 270 \cdot \lg(2 \cdot 4,22 / 0,08 \cdot 0,82) / 4,2 = 25,19 \text{ Ом}.$$

Действительное число стержней:

$$N_{\text{д}} = R_{\text{в}} \cdot h_{\Gamma} (1/h_{\Gamma} \cdot r_{\text{иск}} - 1/R_{\text{в}}) / h_{\text{в}}, \quad (30)$$

$$N_{\text{д}} = 78,43 \cdot 0,45 (1/25 \cdot 0,45 - 1/78,43) / 0,69 = 2,05$$

где h_{Γ} , $h_{\text{в}}$ – коэффициенты экранирования горизонтальных и вертикальных заземлителей [21].

Принимаем к монтажу 2 стержня и проводим проверочный расчет:

$$r_{\text{иск}} = R_{\text{в}} \cdot R_{\Gamma} / (R_{\Gamma} \cdot N_{\text{д}} \cdot h_{\text{в}} + R_{\text{в}} \cdot h_{\Gamma}), \quad (31)$$

$$r_{\text{иск}} = 78,43 \cdot 25,19 / (25,19 \cdot 2 \cdot 0,69 + 78,43 \cdot 0,45) = 25 \text{ Ом}.$$

Выводы.

Выбранное электрооборудование для применения в цехе ремонта сельскохозяйственной техники отвечает всем современным техническим требованиям, было проверено по критериям устойчивости. Применение дополнительного контура заземления проектируемой трансформаторной подстанции и заземления нейтрали трансформаторов повышает безопасность эксплуатации объекта проектирования.

3 Расчет электрической сети освещения

С внедрением новых энергосберегающих технологий и требований экологического контроля появилась потребность к замене на более современные, экологические и экономически выгодные источники освещения, например – светодиодные лампы и светильники. Также светодиодные лампы – светильники в большей степени имеют гарантии от завода изготовителя от 12 месяцев до трех лет в зависимости от модели светильника [22]. Светодиодные светильники потребляют в 10 раз меньше, чем лампы накаливания и в 4 раза, чем люминесцентные лампы, имея при этом тот же самый световой поток. Светодиодные светильники являются при желании также ремонтно-пригодными [23].

На данном объекте были произведены замеры освещения в общих зонах и на рабочих местах в соответствии с требованиями нормы освещенности и стандартов СП 52.13330.2011, СНиП 23-05-95, замеры проводились прибором ТКА Люксметр. По данным замеров выяснилось, что не на всех рабочих местах освещение соответствует стандартам, поэтому принято решения реконструкции цехового освещения.

3.1 Выбор светильников, места установки и способа их крепления

В наше время стало дешевле и экономически целесообразнее применять для общего освещения светодиодные светильники.

Изделия, оснащенные светодиодом, имеют разную форму и размер, их мощность и напряжение варьируется в разных диапазонах. Чтобы правильно спроектировать освещение в помещении, проектировщику нужно грамотно и ответственно подойти к выбору источника света. Для этого нужно рассмотреть условия освещаемого объекта и проанализировать источники света, которые удовлетворят технические характеристики.

Чтобы разобраться какой тип лампы лучше можно сравнить их характеристики по сроку службы, световой эффективности, виброустойчивости, пульсации, КПД светильника, требуется ли специальная утилизация и т.д. [24]. Если сравнивать между собой два последних поколения промышленных систем освещения – люминесцентное и светодиодное, то будущее конечно принадлежит светодиодному освещению, потому что:

- световая эффективность выше на 50...100% и уже достигает 160 Лм/Вт;
- срок службы выше в 4 раза;
- пульсации светового потока менее 1%;
- электрическое потребление меньше на 30-50%.

Для проектируемых помещений цеха ремонта сельскохозяйственной техники были выбраны следующие типы светодиодных светильников:

1. Светильник светодиодный герметичный ССП-155-PRO 18ВТ 230В 6500К 1500ЛМ 600ММ IP65 LLT– хорошо зарекомендовал себя в бытовых, а также промышленных помещениях. Отличаются компактными размерами и современным дизайном, что позволяет использовать его практически в любых помещениях. Цельный неразборный корпус, изготовленный из прочного поликарбоната методом экструзии, обеспечивает высокую степень защиты IP65, их можно устанавливать, как внутри сооружений, так и на открытых пространствах, приборы защищены от попадания внутрь пыли и влаги;

2. Модульный светильник "BM" NEWLED.BM.32.120.5K.IP67.C – в помещениях цехов с высокими потолками и стенами с высоким поглощением света принято решения использовать светильники уличного типа. Данный светодиодный светильник имеет прочный алюминиевый корпус, защищенный анодированным покрытием. Рассеиватель осветительного прибора выполнен из ударопрочного оптического

поликарбоната. В качестве источника света используются светодиоды фирмы Samsung мощностью 32Вт;

3. Светильник светодиодный герметичный ССП-157 14Вт 230В 6500К 1000Лм 570мм LLT– светильник настенно – потолочный для общего освещения промышленных помещений с повышенным содержанием пыли и влаги с одной люминесцентной лампой мощностью 14 Вт, степень защиты. IP65;

4. Светодиодный LED светильник Navigator ДСП-40вт 4000К 5000Лм IP65 (поликарбонат)– светильник потолочный для общего освещения пыльных и влажных, в том числе, пожароопасных зон помещений;

5. Универсальный светодиодный светильник Армстронг, размер 600х600 (595х595) 5000К 40Вт призма IP40 – встроенный в подвесной потолок светильник для общего освещения.

3.2 Расчет количества светильников для обеспечения нормируемой освещенности помещения

Чтобы правильно выполнить задачу по определению числа и мощности источников света, а также фактической освещенности проектных светильников, обеспечивающих нормированную (с учетом коэффициента запаса) освещенность, необходимо прибегнуть к одному из предложенных методов:

– метод коэффициента использования. Под коэффициентом использования светового потока (или осветительной установки) принято понимать отношение светового потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света;

– метод удельной мощности.

Ниже выполнен расчет освещения методом коэффициента использования светового потока.

Световой поток определяется по формуле:

$$\Phi_n = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} \quad (32)$$

где E_{min} – минимальная нормированная освещенность, Лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

N – число светильников;

n – число ламп в светильнике;

η – коэффициента использования светового потока источника света.

Количество светильников

$$N = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_n \cdot n \cdot \eta} \quad (33)$$

Высота расположения светильника над освещаемой поверхностью

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (34)$$

где H – общая высота помещения, м;

h_c – высота от потолка до нижней части светильника, м;

h_p – высота от пола до освещаемой поверхности, м.

Коэффициент корреляции высоты подвеса:

$$\lambda = \frac{L}{H_p}, \quad (35)$$

где L – расстояние между соседними светильниками.

Количество светильников в ряду:

$$N_a = \frac{a}{L}, \quad (36)$$

где a – длина помещения.

Количество рядов светильников:

$$N_b = \frac{b}{L}, \quad (37)$$

где b – ширина помещения.

Суммарное количество светильников:

$$N = N_a \cdot N_b, \quad (38)$$

Индекс помещения:

$$i_{\text{п}} = \frac{A \cdot B}{h_p(A+B)}, \quad (39)$$

где A и B – габаритные размеры помещения.

Расчет выполним в табличном виде (см. таблицу 10).

Таблица 10 – Результаты расчета системы освещения

Участок	Норма освещенности, лк	H _p , м	L, м	N _a	N _b	N	S	i _п	η	Фп, Лм
Разборки, мойки, очистки	150	5,0	2,5	1,9	2,1	3	60,0	1,4	0,5	5471
ТО и ремонта	150	5,0	2,5	4,99	4,21	18	245	0,8	0,3	8288
Проверки и дефектации	200	2,8	2,5	1,97	1,71	3	40,0	0,9	0,4	3515
Ремонта топливной аппаратуры	200	2,8	2,5	1,97	1,71	4	38,0	0,8	0,44	3216
Электротехнический	300	2,8	2,5	1,34	1,97	2	28,5	0,9	0,38	3910
Испытательный двигательный	300	2,8	2,5	2,64	2,55	7	55,4	1,1	0,35	3515
Обкатки агрегатов	150	2,8	2,5	2,64	2,55	6	130	0,7	0,38	3610
Кузнечный	150	2,8	2,5	1,97	2,44	3	39,5	0,6	0,41	4411
Сварочный	150	2,8	2,5	1,97	1,99	2	35,5	1,4	0,37	5510
Мехобработки	150	2,8	2,5	3,11	2,44	5	58,8	1,6	0,58	2517
Жестяночный	150	2,8	2,5	1,98	1,97	3	19,5	1,4	0,6	3511
Регулировочный	150	5,0	2,5	2,09	2,01	4	150	1,3	0,55	7816
Шиномонтажный	150	2,8	2,5	1,11	2,17	3	30,0	0,7	0,54	3540
Складское помещение	150	2,8	2,5	1,97	2,33	2	40,0	0,6	0,4	2814

Продолжение таблицы 10

Участок	Норма освещенности, лк	Нр, м	L, м	N_a	N_b	N	S	i_p	η	Φ_n , Лм
Хранения машин под навесом	50	2,8	2,5	5,17	2	6	298,5	0,41	0,38	5710
Котельная	100	2,8	2,5	1,33	1,33	2	9,5	0,72	0,49	2197
Электрощитовая	100	2,8	2,5	0,97	1,45	2	9,0	0,44	0,49	2219
Бытовое помещение	150	2,8	3,6	1,98	1,97	5	36,0	0,31	0,7	2644
Итого	-	-	-	-	-	-	1339	-	-	75422

По данным таблицы 10 разработали схему осветительной сети (чертеж 21.13.03.02.21/12.022.0006 графической части проекта). Выбрал светодиодные светильники торговой марки Faros серии FG:

- Faros FG 10W 1000Лм;
- Faros FG 20W 2100Лм;
- Faros FG 30W 3800Лм;
- Faros FG 40W 5200Лм;
- Faros FG 55W 6800Лм;
- Faros FG 70W 8600Лм.

Выводы.

Выполненные замеры освещенности различных участков цеха по ремонту сельскохозяйственной техники показали необходимость реконструкции системы освещения.

С помощью сравнительного анализа, был определен тип осветительной установки.

Произведен анализ целесообразности использования светодиодных светильников вместо люминесцентных светильников.

Определен метод расчета по замене люминесцентных ламп на светодиодные светильники.

Выполнен расчет по определению необходимого количества светильников на основе нормированных норм освещенности рабочих зон.

4 Техничко-экономические показатели проекта

В таблицу 11 сведем стоимость приобретаемого электротехнического оборудования (по ценам компании ЭТМ, etm.ru).

Таблица 11 – Стоимость электротехнического оборудования для системы электроснабжения цеха ремонта сельскохозяйственной техники

Наименование	Ед. изм.	Кол.	Цена, руб	Стоимость, руб
Трансформатор ТМГ-160/10/0,4	шт	1	180000	180000
Компенсирующее устройство АУКРМ-70-0,4	шт	1	38000	38000
Щит ВРУ 1-18-80 500А с модулем АВР производства ООО «Э-Щит»	шт	1	68000	68000
Щит навесной ЩМП 06-2 У2 IP54 500х400х220 производства ООО «Электротехник»	шт	2	4000	8000
Распределительный пункт серии ПР-24-7141	шт	1	96000	96000
Щит освещения и розеточной группы ЩРН-48з IP-31	шт	1	3800	3800
Кабель ВВГ 3х4	м	40	186,5	7460
Кабель ВВГ 3х2,5	м	62	84,1	5214,2
Кабель ВВГ 3х1,5	м	144	53,8	7747,2
Кабель ВВГ 5х10	м	15	483	7245
Кабель АНРГ-4х2,5	м	112	23,7	2654,4
Кабель АНРГ-4х4	м	48	42,8	2054,4
Кабель АНРГ-4х6	м	58	53,7	3114,6
Кабель АНРГ-4х16	м	24	137,7	3304,8
Автомат АД12S4P, 50А	шт	1	1049	1049
Автомат АД12S4P, 32А	шт	1	965	965
Автомат АД12S4P, 25А	шт	1	752	752
Автомат АД12S4P, 20А	шт	2	740	1480
Автомат АД12S4P, 16А	шт	1	700	700

Продолжение таблицы 11

Наименование	Ед. изм.	Кол.	Цена, т.руб	Стоимость, т.руб
Автомат АЗ746Б, 630А	шт	1	8795	8795
Автомат АЗ746Б, 400А	шт	1	7840	7840
Автомат ВА-51, 6,3А	шт	1	1963	1963
Автомат ВА-51, 25А	шт	3	2340	7020
Автомат ВА-51, 40А	шт	1	3500	3500
Автомат ВА-51, 63А	шт	6	4050	24300
Автомат ВА-51, 100А	шт	2	4170	8340
Автомат ВА-51, 125А	шт	4	4434	17736
Автомат ВА-51, 150А	шт	2	4450	8900
Автомат ВА-16, 10А	шт	3	1895	5685
Автомат ВА-16, 32А	шт	1	2680	2680
Автомат ВА-16, 63А	шт	1	3896	3896
Автомат ВА-16, 100А	шт	2	4122	8244
DIN-рейка	м	3	958	2874
Колодка «РЕ»	шт	2	634	1268
Колодка «0»	шт	2	589	1178
Светильник светодиодный Faros FG 10W 1000Лм	шт	8	850	6800
Светильник светодиодный Faros FG 20W 2100Лм	шт	12	960	11520
Светильник светодиодный Faros FG 30W 3800Лм	шт	20	1100	22000
Светильник светодиодный Faros FG 40W 5200Лм	шт	6	1200	7200
Светильник светодиодный Faros FG 55W 6800Лм	шт	8	1450	11600
Светильник светодиодный Faros FG 70W 8600Лм	шт	6	2100	12600
Светильник светодиодный герметичный ССП-155-PRO 18BT 230В	шт	10	870	8700

Продолжение таблицы 11

Наименование	Ед. изм.	Кол.	Цена, т.руб	Стоимость, т.руб
Модульный светильник "ВМ" NEWLED.ВМ.32.120	шт	12	960	11520
Светильник светодиодный герметичный ССП-157 14Вт 230В	шт	5	1630	8150
Светодиодный LED светильник Navigator ДСП-40вт	шт	2	550	1100
Итого				652949,6

Смета на приобретение оборудования:

$$K_э = C_э + C_м + C_{тр}, \quad (40)$$

где $C_э$ - стоимость электротехнического оборудования, руб.

(таблица 11);

$C_м$ - стоимость монтажа, руб. Принимаем 20% от стоимости оборудования;

$C_{тр}$ - стоимость транспортировки, руб. Принимаем 10% от стоимости оборудования;

$$K_э = 652949,6 + 652949,6 \cdot 0,2 + 652949,6 \cdot 0,1 = 848834,48 \text{ руб}$$

Определяем эксплуатационные расходы

$$P_э = P_{ам} + P_{тр} + P_{эн} + P_{пр} + P_{зп}, \quad (41)$$

$$\begin{aligned} P_э &= 106104,31 + 67906,75 + 364734 + 53874,51 + 459909 \\ &= 1052528,57 \text{ руб} \end{aligned}$$

где $P_{ам}$ - амортизация оборудования;

$P_{тр}$ - затраты на текущий ремонт и обслуживание;

$P_{эн}$ - стоимость потребленной электроэнергии;

$P_{\text{пр}}$ - прочие расходы;

$P_{\text{зп}}$ - заработная плата обслуживающего персонала.

Принимаем норму амортизационных отчислений $a_{\text{ам}} = 12,5\%$. Тогда

$$P_{\text{ам}} = \frac{K_{\text{э}} \cdot a_{\text{ам}}}{100}, \quad (42)$$
$$P_{\text{ам}} = \frac{848834,48 \cdot 12,5}{100} = 106104,31 \text{ руб}$$

Принимаем норму отчислений на текущий ремонт и обслуживание $a_{\text{тр}} = 8\%$. Тогда

$$P_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{э}} \cdot a_{\text{тр}}}{100}, \quad (43)$$
$$P_{\text{тр}} = \frac{848834,48 \cdot 8}{100} = 67906,75 \text{ руб}$$

Принимаем коэффициент одновременной работы всех электроприемников $K_{\text{оп}} = 20\%$, годовое время работы электроприемников $T_{\text{г}} = 1762$ ч, цена одного киловатта электроэнергии $\text{Ц}_{\text{э}} = 7,5$ руб, потребляемая мощность электроприемников $P_{\text{э}} = 138$ кВт·ч. Тогда

$$P_{\text{эм}} = K_{\text{оп}} \cdot T_{\text{г}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} \cdot P_{\text{э}}, \quad (44)$$
$$P_{\text{эм}} = 0,2 \cdot 1762 \cdot 7,5 \cdot 138 = 364734 \text{ руб.}$$

Принимаем норму отчислений на прочие расходы $a_{\text{пр}} = 10\%$. Тогда

$$P_{\text{пр}} = a_{\text{пр}} \cdot (P_{\text{эм}} + P_{\text{ам}} + P_{\text{тр}}), \quad (45)$$
$$P_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (364734 + 106104,31 + 67906,75) = 53874,51 \text{ руб}$$

Заработная плата обслуживающего персонала.

ТО и ремонт системы электроснабжения осуществляется электромонтером 4 разряда с часовой тарифной ставкой $T_{\text{ч}}=115$ руб/час. Годовой фонд времени работы электромонтера на 2021 год $T=1972$ ч. Процент дополнительной заработной платы $K_{\text{доп}}=20\%$. Процент премии $K_{\text{пр}}=30\%$. Отчисления на социальное страхование $K_{\text{соц}}=30\%$.

$$P_{\text{зп}} = T_{\text{ч}} \cdot T \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{соц}}, \quad (46)$$
$$P_{\text{зп}} = 115 \cdot 1972 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 459909 \text{ руб.}$$

Выводы.

Таким образом стоимость проектируемой системы электроснабжения цеха ремонта сельскохозяйственной техники составляет 1901363,05 руб, в том числе:

- 1) смета на приобретение оборудования 848834,48 руб;
- 2) годовые эксплуатационные расходы 1052528,57 руб, в том числе:
 - амортизация оборудования 106104,31 руб;
 - затраты на текущий ремонт и обслуживание 67906,75 руб;
 - стоимость потребленной электроэнергии 364734 руб;
 - прочие расходы 53874,51 руб;
 - заработная плата обслуживающего персонала 459909 руб.

Заключение

Цех, для которого создан проект системы электроснабжения, предназначен для ремонта и стоянки сельскохозяйственной техники. Научно-технический прогресс вызвал жизненно новые области и виды применения электроэнергии в сельском хозяйстве.

Основные производственные процессы в цехе определяются последовательностью технологических линий: мойка, разборка машин, замена изношенных деталей новыми, сборка, испытание, чистка и окраска.

Суммарная нагрузка по цеху составила $P_p=217,61$ кВт при $I_p=486,4$ А. Схема электроснабжения построена по радиальной схеме. Было рассчитано и выбрано следующее основное оборудование: трансформатор ТМГ-160/10/0,4, компенсирующее устройство АУКРМ-70-0,4, щит ВРУ 1-18-80 500А с модулем АВР производства ООО «Э-Щит», щит навесной ЩМП 06-2 У2 IP54 500x400x220 производства ООО «Электротехник», распределительный пункт серии ПР-24-7141, щит освещения и розеточной группы ЩРН-48з IP-31, кабели и защитные автоматы.

В цехе четырнадцать групповых линий для каждой рассчитан момент нагрузок, расчетный ток и выбраны кабели с сечением соответствующим расчетам.

Освещение цеха выполнено светодиодными светильниками типа Faros FG предназначенных для внутреннего освещения производственных цехов, складских площадей, подсобных помещений и т.п. Данный светильник обладает повышенной светоотдачей и энергоэффективностью.

Стоимость проектируемой системы электроснабжения цеха ремонта сельскохозяйственной техники составляет 1901363,05 руб, в том числе: смета на приобретение оборудования 848834,48 руб; годовые эксплуатационные расходы 1052528,57 руб.

Список используемых источников

1. Бовтрикова Е. В. Электроснабжение потребителей: учебно-методическое пособие /Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162127> (дата обращения: 18.04.2021)- 133-157с.
2. Выбор освещенности и коэффициента запаса [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Studbooks.net» URL: https://studbooks.net/2058111/matematika_himiya_fizika/vybor_osveschennosti_koeffitsienta_zapasa/ (дата обращения 05.08.2021).
3. Выбор системы освещения [Электронный ресурс] / URL: <https://helpiks.org/6-16254.html> (дата обращения 12.04.2021).
4. Гордеев, А. С. Энергетический менеджмент в сельском хозяйстве: учебное пособие: изд. Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/169123> (дата обращения: 15.04.2021).
5. ГОСТ 14254-2015 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)». Дата введения 1 марта 2017 г. / URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136066> (дата обращения 24.07.2021).
6. Иванов С.Н., Логинов Е.Л., Михайлов С.А. Энергосбережение: проблемы достижения энергоэффективности. Монография. – М.: НИЭБ, 2019.
7. Каталог электротехнической продукции - светильники светодиодные (LED) [Электронный ресурс] / URL: https://www.etm.ru/catalog/3012_svetilniki_svetodiodnye_led/ (дата обращения 18.07.2021).
8. Клочкова Н.Н., Обухова А.В., Проценко А.Н. Электроснабжение цеха: уч. - методическое пособие: Лань, 2018 г.– 144 с.
9. Методы расчета искусственного освещения [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Electric». URL: <https://www.elec.ru/articles/metody-rascheta-iskusstvennogo-osveschenija/> (дата обращения 06.08.2021).

10. Мешков В.В. Осветительные установки [Электронный ресурс] URL: <https://www.ngpedia.ru/pg4001273aLs0FwP0026426176/> (дата обращения 03.08.2021).

11. Митрофанов С. В. Правила устройства электроустановок и техника безопасности: учебное пособие // Лань: электронно-библиотечная система. / URL: <https://e.lanbook.com/book/159733> (дата обращения 25.07.2021).

12. Орлов П.С. Инженерно-технические мероприятия по повышению надежности электроснабжения объектов строительства - Лань: электронно-библиотечная система. / URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/308392/> (дата обращения 24.07.2021).

13. Официальный сайт предприятия МУП «ШТЭС» [Электронный ресурс] / URL: <http://shtes.ru/about/> (дата обращения 01.08.2021).

14. Постановление Правительства РФ от 10.11.2017 N 1356 "Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения" / URL: <https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-10.11.2017-N-1356/> (дата обращения 12.04.2021).

15. Пилипенко Н.В. Энергетическое обследование зданий и сооружений. Энергоаудит: Учебное пособие [Электронный ресурс] / URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2050.pdf/> (дата обращения 02.08.2021). Распределительные устройства и трансформаторные подстанции [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Конструкция современного электротехнического оборудования» URL: <http://www.nasosinfo.ru/node/631> (Дата обращения 13.08.2021)

16. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7. [Электронный ресурс] / URL: <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html> (дата обращения 19.07.2021).

17. Расчет освещения по методу удельной мощности. [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Электрик в доме». URL:

<https://subscribe.ru/group/elektrika-v-vashem-dome/2906796//> (дата обращения 05.08.2021).

18. Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока [Электронный ресурс] / URL: <https://olymp.in/news/raschet-osveshheniya-po-metodu-koefficienta-ispolzovaniya-svetovogo-potoka/426/> (дата обращения 18.04.2021).

19. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение», дата введения 01.01.1996 г. [Электронный ресурс] / URL: <https://ugraces.ru/wp-content/uploads/2017/06/%D0%A1%D0%9F-53.13.330.2016.pdf> (дата обращения 28.07.2021).

20. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». Дата введения 2011-05-20. / URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084092/> (дата обращения 10.07.2021).

21. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий». Дата введения 26.10.2003 г. / URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294815/4294815197.pdf> (дата обращения 22.07.2021).

22. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов: Лань, 2016 г. – 415 с.

23. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ / URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 11.07.2021).

24. Характеристики ламп и осветительных приборов. Какие лампы сейчас используются в уличном освещении, [Электронный ресурс] / URL: <https://mirtortov.ru/harakteristiki-lamp-i-osvetitelnyh-priborov-kakie-lampy-seichas-ispolzuyutsya.html> (дата обращения 02.08.2021).

25. Что такое коэффициент использования светового потока и как его рассчитать [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «ProLampy.ru». URL: <https://pro-lampy.ru/raznoe/raschet-osvescheniya-metody-i-posledovatel-nost.html> (дата обращения 10.08.2021).

26. Щербаков Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве: учебное пособие для СПО: изд. Лань: электронно-библиотечная система. / URL: <https://e.lanbook.com/book/151698> (дата обращения: 18.04.2021).

27. Электроснабжение объектов. Ч.1. Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования: учебное пособие/А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 185с.

28. Dugan R.C., McGranaghan M.F., Beaty H.W. Electrical Power Systems Quality. McGraw-Hill, 2016. - 265 стр.

29. Kawano F., Baber G. P., Beaumont P. G., Fakushima K., Miyoshi T., Shono T., Ookubo M., Tanaka T., Abe K., Umeda S. Intelligent protection relay system for smart grid. — Developments in Power System Protection, the 10th IET International Conference (DPSP 2010), 29 March — 1 April 2016, Manchester, UK.

30. IEA Electricity Information 2015 [Electronic resource] : URL: <https://www.iea.org/Textbase/nptoc/elec2013toc.pdf> (дата обращения 15.03.2021).

31. Osbert J. C. High Rupturing Capacity (HRC) Fuses [Electronic resource] : URL: <https://owlcation.com/stem/High-Rupturing-Capacity-HRC-Fuses> (дата обращения 20.03.2021).

32. Electric Power Substations Engineering (Electric Engineering Handbook). Third Edition. Edited by John D. McDonald. CRC Press, May 16, 2016. 536 pages