

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 рыбоперерабатывающего завода

Обучающийся

Д.Г. Каменев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

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

Тольятти 2023

Аннотация

В результате проведенных исследований в работе, проведена разработка системы освещения рыбоперерабатывающего завода.

Для достижения указанной цели, в работе были решены следующие основные задачи:

- дана характеристика объекта проектирования;
- обоснован выбор электрической схемы системы освещения рыбоперерабатывающего завода;
- проведен расчет электрических нагрузок системы освещения рыбоперерабатывающего завода;
- рассчитаны токи короткого замыкания, на основании чего осуществлен выбор и проверка проводников и аппаратов защиты и коммутации системы освещения рыбоперерабатывающего завода;
- выбрана новая современная система контроля и управления электроэнергией рыбоперерабатывающего завода.

Данные результаты работы были проверены согласно нормативно-правовым документам отрасли.

В работе была успешно разработан проект системы освещения рыбоперерабатывающего завода, что позволит обеспечить бесперебойную и безопасную работу данного предприятия.

Работа представлена пояснительной запиской объемом 56 страниц и шестью чертежами формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Анализ исходных данных	7
1.1 Краткая характеристика рыбоперерабатывающего завода	7
1.2 Требования к системам и схемам освещения рыбоперерабатывающих предприятий.....	10
2 Выбор и обоснование технических решений по проектированию системы освещения рыбоперерабатывающего завода	15
2.1 Выбор и обоснование схемы освещения рыбоперерабатывающего завода	15
2.2 Расчет параметров искусственного освещения рыбоперерабатывающего завода	17
2.3 Расчет осветительных нагрузок рыбоперерабатывающего завода	21
2.4 Расчет параметров освещения безопасности рыбоперерабатывающего завода	29
2.5 Выбор сечения проводников щитов и распределительных пунктов в системе освещения рыбоперерабатывающего завода	32
2.6 Выбор защитных аппаратов в системе освещения рыбоперерабатывающего завода	40
3 Выбор системы управления освещением рыбоперерабатывающего завода	44
4 Расчёт контура заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода	49
Заключение	53
Список используемых источников.....	55

Введение

Рыбоперерабатывающая промышленность Российской Федерации имеет значительный потенциал для роста и развития.

Известно несколько ключевых факторов, которые могут способствовать этому процессу:

- увеличение добычи рыбы: Российская Федерация обладает огромными рыболовными ресурсами, которые могут быть использованы для увеличения добычи. Улучшение рыболовных практик и технологий может повысить объемы добычи и обеспечить стабильное снабжение сырьем для рыбоперерабатывающих предприятий;
- модернизация производства: внедрение современных технологий и оборудования позволит повысить эффективность производства, снизить издержки и улучшить качество продукции. Это также поможет увеличить долю глубокой переработки рыбы, что приведет к созданию более высокодоходных продуктов;
- развитие инфраструктуры: улучшение транспортной и логистической инфраструктуры обеспечит более быстрый и надежный доступ к рынкам, что увеличит конкурентоспособность российской рыбоперерабатывающей промышленности;
- расширение экспорта рыбоперерабатывающего завода: усиление маркетинговых усилий на международных рынках и заключение новых торговых соглашений может помочь расширить экспорт российской рыбной продукции. Это, в свою очередь, приведет к увеличению объемов производства и созданию новых рабочих мест;
- устойчивое развитие: важным аспектом развития рыбоперерабатывающей промышленности является соблюдение принципов устойчивого развития. Это включает в себя охрану водных

ресурсов, разумное использование рыболовных квот и снижение негативного воздействия на окружающую среду;

- поддержка государства: разработка и внедрение государственных программ и стимулов для поддержки рыбоперерабатывающей промышленности также будет способствовать росту отрасли.

В целом, рыбоперерабатывающая промышленность Российской Федерации имеет большой потенциал для роста и развития.

Учитывая эти факторы и осуществляя меры по их реализации, страна может значительно увеличить свою долю на мировом рынке рыбной продукции и сделать рыбоперерабатывающую промышленность одним из важнейших секторов экономики страны.

Целью работы является разработка проекта системы освещения нового рыбоперерабатывающего завода.

Данная тема актуальна, так как в результате внедрения мероприятий по проектированию и вводу в эксплуатацию нового рыбоперерабатывающего завода, предполагается увеличение прибыли за счёт увеличения производства и расширения ассортимента продукции. Поэтому повышение надёжности и безопасности системы освещения, которая непосредственно используется на заводе и играет значительную роль в производственном цикле предприятия, является актуальной задачей.

Объектом исследования в данной работе является новый рыбоперерабатывающий завод.

Предметом исследования выступает система электрического освещения рыбоперерабатывающего завода, включая схему нормальных электрических соединений системы освещения объекта, а также основное осветительное электрооборудование рыбоперерабатывающего завода.

Для достижения указанной цели, в работе были решены следующие основные задачи:

- дана характеристика ассортимента продукции, назначения, цели работы, оборудования и помещений рыбоперерабатывающего завода;

- обоснован выбор схемы электроснабжения рыбоперерабатывающего завода, с учётом необходимого внесения изменений;
- проведен расчет электрических нагрузок оборудования и сетей рыбоперерабатывающего завода;
- рассчитаны токи короткого замыкания, на основании чего осуществлен выбор и проверка проводников и аппаратов защиты и коммутации системы освещения рыбоперерабатывающего завода;
- выбрана новая современная система контроля и управления электроэнергией в системе освещения рыбоперерабатывающего завода.

Данные результаты работы были проверены согласно нормативно-правовым документам отрасли.

Решение данных вопросов осуществляется в работе далее, основываясь на нормативных положениях технических документов пищевой отрасли и электроэнергетики.

Таким образом, в работе необходимо разработать проект системы освещения нового рыбоперерабатывающего завода, что позволит обеспечить бесперебойную, надёжную, экономичную, экологичную и безопасную работу данного предприятия.

1 Анализ исходных данных

1.1 Краткая характеристика рыбоперерабатывающего завода

Рассматриваемый в работе рыбоперерабатывающий завод является новым технологическим решением в производственном комплексе переработки рыбы и морепродуктов.

Он вводится в эксплуатацию по новой, современной технологической схеме, которая включает минимум затрат энергоресурсов и применение безотходных технологий.

При этом всё производственное и вспомогательное оборудование рыбоперерабатывающего завода, планируется разместить в едином корпусе, что ускорит и оптимизирует технологический процесс производства продукции, а также позволит локализовать все производственные механизмы в едином строении с целью их быстрого и качественного монтажа и обслуживания.

На проектируемом рыбоперерабатывающем заводе, планируется применение систем интеллектуальной переработки рыбы, которая позволит значительно оптимизировать производственный процесс.

По производственным мощностям проектируемый рыбоперерабатывающий завод относится к предприятиям средней мощности и предполагает производство продукции до 50т/сутки.

Технологический процесс на рыбоперерабатывающем заводе предполагает несколько основных этапов, начиная с приемки сырья и заканчивая упаковкой и хранением готовой продукции.

Основные этапы процесса:

- приемка сырья: на этом этапе происходит приемка и проверка качества поступающей рыбы или другого морепродукта. Сырье должно соответствовать установленным стандартам и требованиям по качеству и свежести;

- разделка и обработка сырья: сырье разделяется на части, удаляются внутренности, голова, хвост, плавники и кожа. Этот процесс может быть автоматизирован или выполнен вручную, в зависимости от уровня технологий на предприятии;
- мойка и промывка: разделенное сырье моется и промывается для удаления остатков слизи, крови и других загрязнений. Это важно для обеспечения гигиеничности продукции и предотвращения развития патогенных микроорганизмов;
- обработка по видам продукции: на этом этапе сырье обрабатывается в соответствии с требованиями конечной продукции. Это может включать филеирование, нарезку, соление, маринование, копчение, консервирование, замораживание и другие способы обработки;
- упаковка: готовая продукция упаковывается в соответствующую упаковку для обеспечения сохранности, гигиеничности и удобства транспортировки. Упаковка также может содержать информацию о продукте, такую как состав, срок годности, условия хранения и маркировку;
- хранение и охлаждение: готовая продукция хранится в охлажденных или морозильных камерах на определенной температуре в зависимости от вида продукта и требований к хранению. Это обеспечивает долговременную сохранность готовой продукции.

Таким образом, данный технологический процесс, применяемый на проектируемом рыбоперерабатывающем заводе, может быть иллюстрирован в виде схемы (рисунок 1).

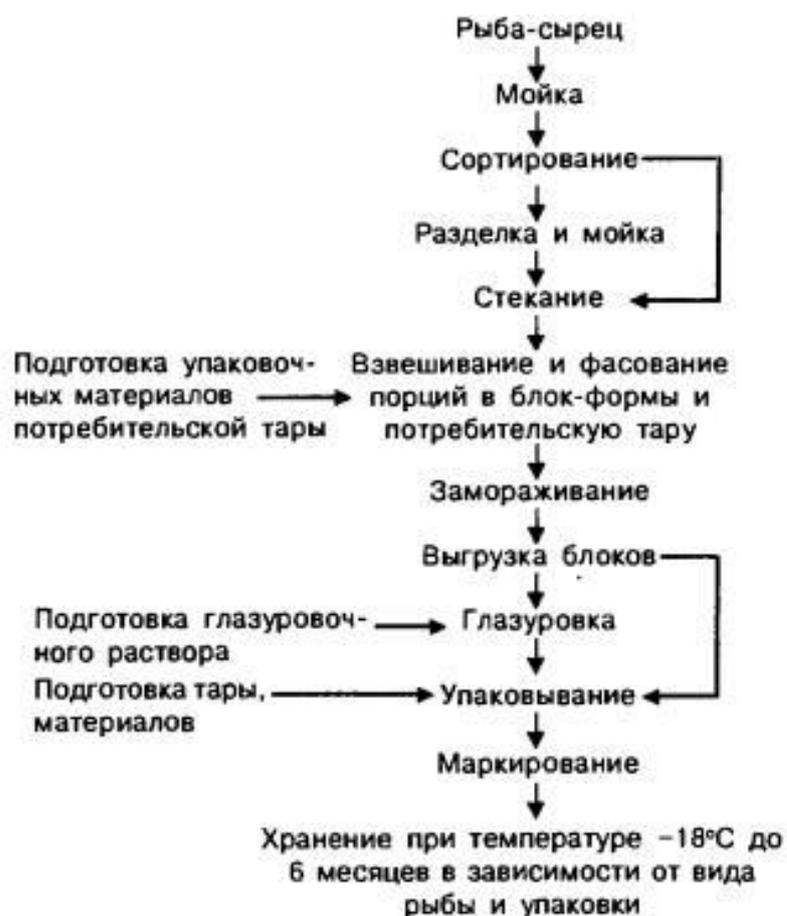


Рисунок 1 – Схема технологического процесса, применяемого на проектируемом рыбоперерабатывающем заводе

Исходя из технологического процесса, на рыбоперерабатывающем заводе есть следующие производственные помещения (таблица 1):

- производственные: участок термической обработки рыбы, участок приёмки рыбы, участок разделки рыбы, участок мойки рыбы, участок первичной обработки рыбы, участок вторичной обработки рыбы, участок чистовой обработки рыбы, участок филеирования рыбы, участок нарезки рыбы, участок консервирования рыбы, участок сухой заморозки рыбы, участок термической упаковки рыбы, участок контроля готовой продукции, морозильные камеры, лаборатория качества;
- вспомогательные: компрессорная, склад материалов, склад химикатов, ремонтные службы, бытовые помещения, заточной участок, аккумуляторная.

Таблица 1 – Характеристики помещений рыбоперерабатывающего завода

Название участков и помещений	Высота H , м	Характеристика помещений (окраска, материал)				Потолок
		Стены				
Участок термической обработки рыбы	6	бетон	бетон	бетон	бетон	бетон
Компрессорная	3,3	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич	бетон
Склад материалов	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Участок приёмки рыбы	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Склад химикатов	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Участок разделки рыбы	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Участок мойки рыбы	6	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Участок первичной обработки рыбы	6	сетка	сетка	сетка	сетка	бетон
Участок вторичной обработки рыбы	6	сетка	сетка	сетка	сетка	бетон
Участок чистовой обработки рыбы	6	светлая окраска	светлая окраска	светлая окраска	светлая окраска	бетон
Участок филеирования рыбы	6	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Участок нарезки рыбы	6	сетка	сетка	сетка	сетка	бетон
Участок консервирования рыбы	6	сетка	сетка	сетка	сетка	бетон
Ремонтные службы	6	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Бытовые помещения	3,3	беленые	беленые	беленые	беленые	бетон
Участок сухой заморозки рыбы	3,3	бетон	бетон	бетон	бетон	бетон
Участок термической упаковки рыбы	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Участок контроля готовой продукции	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Маркировочная	3,3	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич	бетон
Морозильные камеры	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Лаборатория качества	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон
Аккумуляторная	3,3	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	тёмная окраска	бетон

Из таблицы 1 можно взять необходимые для дальнейшего проведения светотехнического расчёта характеристики указанных помещений рыбоперерабатывающего завода.

1.2 Требования к системам и схемам освещения рыбоперерабатывающих предприятий

Далее в работе, для достижения поставленной цели, требуется привести основные требования к системам и схемам освещения рыбоперерабатывающих предприятий, к которым относится объект проектирования.

При проектировании освещения объектов различного назначения необходимо руководствоваться нормативными требованиями к освещению [13]. Светильники должны соответствовать требованиям норм пожарной безопасности [14].

Известно, что все осветительные сети в общем случае должны обеспечивать:

- надежность действия осветительных установок (в соответствии условиям среды, механическая прочность жил кабеля, защита от внешних механических воздействий);
- безопасность в отношении пожара, взрыва, поражения электрическим током;
- экономию материалов (меди, стальных труб);
- удобство в эксплуатации.

Системы освещения рыбоперерабатывающих предприятий должны соответствовать следующим требованиям:

- надежность: системы освещения должны быть надежными и защищенными от катастрофических сбоев, таких как короткие замыкания и перегрузки;
- эффективность: системы освещения должны быть достаточно эффективными, чтобы обеспечить необходимую мощность для оборудования и процессов;
- безопасность: системы освещения должны быть безопасными для окружающей среды и людей, работающих с ними;

- соответствие стандартам: системы освещения должны соответствовать местным и международным стандартам безопасности и эффективности.

В схемах освещения рыбоперерабатывающих предприятий также должны учитываться следующие факторы:

- высокий уровень защиты: схемы освещения должны обеспечивать высокий уровень защиты от воздействия внешних факторов, таких как влажность и коррозия;
- эффективная диспетчеризация: схемы освещения должны предусматривать эффективную диспетчеризацию электроэнергии между различными объектами и устройствами;
- гибкость: схемы освещения должны быть гибкими и простыми в использовании, чтобы можно было легко вносить изменения в случае изменения требований к процессу или оборудованию;
- экономия электроэнергии: схемы освещения должны предусматривать возможность экономии электроэнергии, например, с помощью энергоэффективных устройств и методов управления электроэнергией.
- удобство обслуживания: схемы освещения должны быть удобными для обслуживания и ремонта, чтобы можно было быстро и эффективно устранять неисправности.

В схемах освещении наиболее часто используются следующие щитки освещения:

- рабочего освещения (ЩРО);
- аварийного освещения (ЩАО);
- эвакуационного освещения (ЩЭО).

Согласно классификации [14], выделяют основные типы освещения промышленных объектов, которые представлены в работе в виде схемы на рисунке 2.

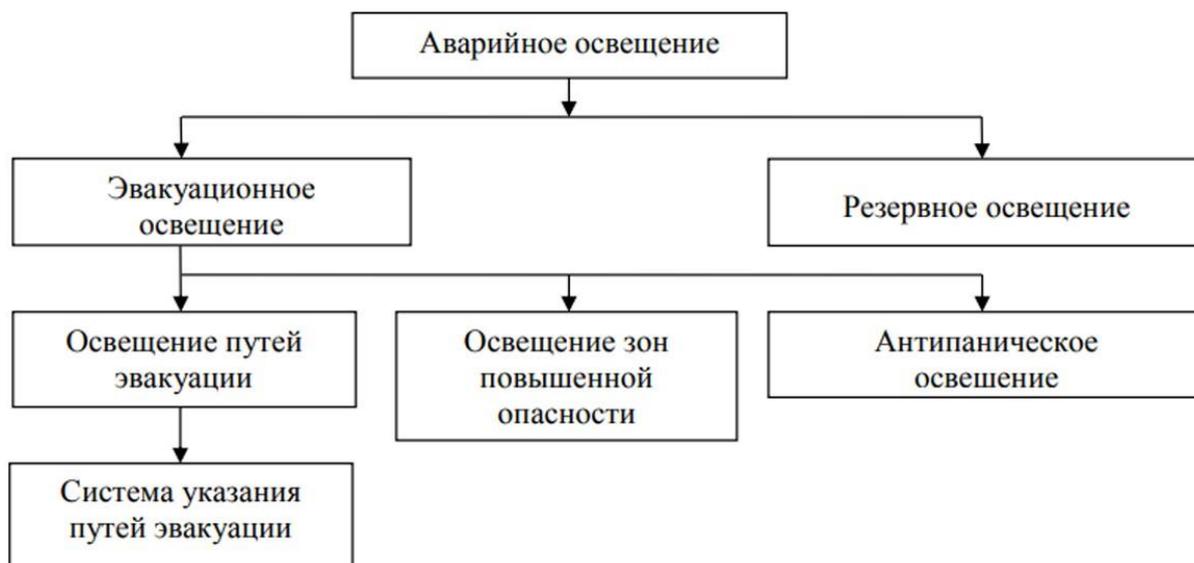


Рисунок 2 – Основные типы освещения промышленных объектов

В результате проведения анализа схем распределения электроэнергии в осветительных сетях установлено, что на большинстве промышленных предприятий применяются схемы освещения двух групп (рисунок 3):

- с резервированием при двух источниках питания;
- без резервирования от одного источника питания.

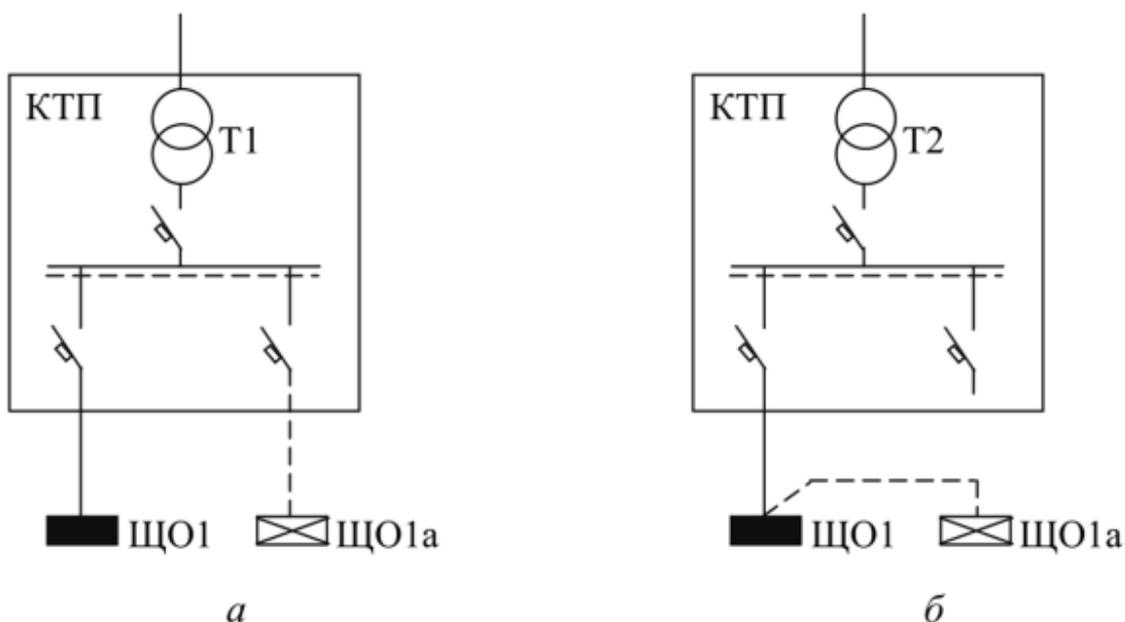


Рисунок 3 – Схемы распределения электроэнергии в осветительных сетях: а – с резервированием при двух источниках питания; б – без резервирования от одного источника питания

Выбор схемы питания освещения напрямую зависит от категории надёжности объекта.

Таким образом, установлено, что общие требования к системам и схемам освещения рыбоперерабатывающих предприятий должны обеспечивать безопасное, эффективное и экономически выгодное электрическое искусственное освещение для процессов и оборудования на предприятии.

Выводы по разделу.

Приведена исходная характеристика технологического процесса рыбоперерабатывающего завода, а также характеристика основных помещений объекта проектирования, необходимая для дальнейшего проведения светотехнического расчёта.

Приведены основные требования к системам и схемам освещения рыбоперерабатывающих предприятий, к которым относится объект проектирования.

Указано, что разработка качественного проекта системы освещения рыбоперерабатывающего завода является важной задачей, необходимой для ввода объекта в эксплуатацию.

На основании технических характеристик помещений рыбоперерабатывающего завода, с учётом требований нормативных документов, далее в работе решаются поставленные задачи.

2 Выбор и обоснование технических решений по проектированию системы освещения рыбоперерабатывающего завода

2.1 Выбор и обоснование схемы освещения рыбоперерабатывающего завода

Рассматриваемая в работе система электроснабжения рыбоперерабатывающего завода относится ко II категории надежности.

В такой системе электроснабжения на питающей подстанции должны быть установлены два силовые трансформатора [12].

В работе принято решение, с учётом резервирования в системе освещения объекта проектирования, что питание рабочего и аварийного освещения должно быть разделено [11].

При этом, в виду того, что на рыбоперерабатывающем заводе присутствует большое количество помещений, следует применять несколько распределительных щитков освещения питающей сети.

Таким образом, приняты следующие решения по выбору схемы освещения рыбоперерабатывающего завода:

- питание вводных и распределительных щитков рабочего освещения предусматривается от главного распределительно щита (ГРЩ) освещения, получающего питание от двух различных секций сборных шин 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ предприятия. Питание осветительного ГРЩ осуществляется по радиальной схеме с резервированием на шинах 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ. Предварительно предусматривается три вводных щитка рабочего освещения (ОЩВ1-ОЩВ3), питание которых предусмотрено от секции шин 0,4 кВ осветительного ГРЩ. От ОЩВ1-ОЩВ3 получают питание линии освещения (с помощью соответствующих распределительных щитков освещения). Таким образом, в схеме рабочего освещения рыбоперерабатывающего завода будет учтены и

реализованы условия надёжности и резервирования, необходимые для объектов II категории надёжности, к которым относится рассматриваемый объект исследования;

- питание вводных щитков аварийного освещения, предусматривается напрямую от секций сборных шин питающей ТП-10/0,4 кВ. При этом на каждой секции сборных шин ТП-10/0,4 кВ планируется по одному щитку аварийного освещения (ЩАО). Далее, от ЩАО, получают питание распределительные щитки аварийного освещения объектов. Оба щитка аварийного освещения взаимосвязаны и взаиморезервируемы. Таким образом, в схеме аварийного освещения рыбоперерабатывающего завода будут учтены и реализованы условия надёжности и резервирования, необходимые для объектов II категории надёжности, к которым относится рассматриваемый объект исследования.

Для защиты электрической осветительной сети рыбоперерабатывающего завода от ненормальных режимов, таких как токи КЗ и перегрузки, используются автоматические выключатели.

Они включают в себя автоматы ввода осветительного ГРЩ (трёхфазные), трёхфазные автоматы ввода распределительных щитов (ЩРО, ЩАО) и однофазные автоматы для защиты однофазных линий освещения распределительной сети объекта.

Все выключатели после выбора и проверки в работе далее, представлены на принципиальной схеме, которая содержит таблицу со марками и номинальными токами.

Чтобы защитить персонал от поражения электрическим током при повреждении изоляции оборудования, в осветительной сети используется защитное заземление в соответствии с требованиями [15], включая рекомендуемую систему заземления TN-C-S.

Контур заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода также рассчитан в работе далее.

2.2 Расчет параметров искусственного освещения рыбоперерабатывающего завода

Далее в работе проводится расчёт параметров искусственного освещения рыбоперерабатывающего завода, включая расчёт осветительной нагрузки и выбор источников света для помещений рыбоперерабатывающего завода.

С учётом того, что в работе в результате рыбоперерабатывающего завода вводятся в эксплуатацию новые помещения объекта, следовательно, для них нужно предусмотреть современное искусственное освещение. Для освещения новых помещений применяются современные светодиодные светильники и источники света.

Для расчёта освещения помещений рыбоперерабатывающего завода можно использовать различные методы, включая следующие:

- метод расчёта по нормам освещённости. Этот метод заключается в определении требуемой освещённости для каждого помещения рыбоперерабатывающего завода в соответствии с нормативными документами (например, [13] и [14]). Затем определяется количество светильников и их мощность, необходимых для достижения требуемой освещённости;
- метод расчёта по коэффициенту использования светового потока. Этот метод основывается на определении коэффициента использования светового потока помещения, который зависит от формы и размеров помещения, световых свойств его поверхностей и расположения источников света. Затем определяется необходимый световой поток, который должен быть получен от светильников, и выбираются светильники с соответствующей мощностью и световым потоком;
- метод расчёта по суммарной мощности светильников. Этот метод заключается в определении суммарной мощности светильников,

необходимых для обеспечения требуемой освещённости в помещении. Затем выбираются светильники с соответствующей мощностью.

При выборе метода расчёта необходимо учитывать особенности помещения, требования нормативных документов, а также предпочтения заказчика.

Светотехнический расчет осветительных установок выполняется методом коэффициента использования.

Порядок расчета приведен ниже.

По заданным строительным параметрам помещения: длине и ширине определяем стандартный строительный модуль (причем длина и ширина помещения должна быть кратна параметрам выбранного строительного модуля) и вычисляется площадь помещения.

Проводятся расчёты на примере одного объекта рыбоперерабатывающего завода: для участка термической обработки рыбы с лампами LED промышленного типа, так как высота помещения $h=6$ м.

По заданной высоте производственного помещения определяется расчетная высота подвеса светильников по формуле:

$$h_p = h - h_c - h_g, \text{ м}, \quad (1)$$

где h - высота помещения, м;

h_c - высота свеса светильника от потолка (для ламп LED

промышленного типа промышленного типа – $h_c=0,2-0,4$ м; для ЛЛ –

$h_c=0$ м.

По условию (1):

$$h_p = 6 - 0,4 - 0 = 5,6 \text{ м.}$$

На основе заданных и рассчитанных параметров помещения, для каждого из них рассчитывается индекс помещения:

$$i = \frac{S}{hp(A+B)}, \quad (2)$$

где S – площадь помещения, m^2 ;

A, B – длина и ширина помещения, м.

По условию (1):

$$i = \frac{360}{5,6 \cdot (30+12)} = 1,53.$$

При этом:

$$S = A \cdot B, m^2. \quad (3)$$

По условию (3) для объекта:

$$S = 30 \cdot 12 = 360 m^2.$$

Исходя из коэффициентов отражения, типа КСС светильников и индекса помещения по таблице 6.4 [5] определяется значение коэффициента использования помещения.

Рассчитывается коэффициент использования светового потока (коэффициент использования светильника) η_{II} :

$$\eta_{II} = \eta_{II} \cdot \eta_O, \quad (4)$$

где η_{II} - коэффициент использования помещения, определяется исходя

из заданных материалов стен и потолка коэффициенты отражения потолка, стен, рабочей поверхности приняты $\rho_{\text{п}}=50\%$, $\rho_{\text{с}}=50\%$, $\rho_{\text{рп}}=10\%$ соответственно и индекса помещения $i=1.53 - 0,66$;
 η_0 - КПД светильника в нижнюю полусферу, для светильника РСП05 – 65%.

По условию (4):

$$\eta_{\text{И}} = \eta_{\text{П}} \cdot \eta_0 = 0,66 \cdot 0,65 = 0,43.$$

Для каждого помещения определяется расчетный световой поток одной лампы для LED промышленного типа:

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_{\text{з}} \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta_{\text{И}}}, \text{ лм}, \quad (5)$$

где $E_{\text{н}}$ - нормируемая величина освещенности принята 200 лк;

$S = A \cdot B = 30 \cdot 12 = 360$ - площадь производственного помещения, м²;

$K_{\text{з}}=1,5$ - коэффициент запаса;

N - количество светильников, принято 12 шт;

z – поправочный коэффициент неравномерности, принимаемый равным: 1,1 для ЛЛ и ЛН; 1,15 для LED промышленного типа;

$\eta_{\text{И}}$ - коэффициент использования светового потока.

По условию (5):

$$\Phi_{\text{расч}} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 360 \cdot 1,15}{12 \cdot 0,43} = 24126 \text{ лм}.$$

Данное значение является расчётным, по которому выбирается стандартное решение.

Исходя из него, для ламп LED промышленного типа полученный поток проверяется по допустимым отклонениям от стандартных значений потока для ламп мощность 400 Вт принимается равным: $\Phi_{ст}=24000$ лм:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{ст} - \Phi_{расч}}{\Phi_{ст}} \cdot 100, \%. \quad (6)$$

По условию (6):

$$\Delta\Phi = \frac{24000 - 24126}{24000} \cdot 100\% = -0,5\%.$$

Полученное значение $\Delta\Phi$ должно входить в диапазон: $-10\div 20\%$. Для термического участка светильники и лампы LED промышленного типа выбраны правильно, применяется 12 светильников, по 1 лампе LED промышленного типа мощностью 400 Вт в каждом.

Для остальных помещений рыбоперерабатывающего завода расчёты проведены аналогично (таблица 2).

2.3 Расчет осветительных нагрузок рыбоперерабатывающего завода

Для каждого помещения необходимо рассчитать осветительные нагрузки.

Расчёт осветительной нагрузки проводится на примере участка термической обработки рыбы.

Суммарная номинальная активная мощность ламп участка термической обработки рыбы:

$$\Sigma P_n^{лампы} = P_n \cdot N_{лампы}, кВт, \quad (7)$$

где P_n – номинальная мощность ламп, Вт;

$N_{лампы}$ – количество ламп в помещении.

По условию (7):

$$\Sigma P_n^{лампы} = 400 \cdot 12 / 1000 = 4,8 \text{ кВт.}$$

Суммарная расчетная активная мощность ламп помещения:

$$P_p^{лампы} = \Sigma P_n^{лампы} \cdot K_c, \text{ кВт,} \quad (8)$$

где K_c - коэффициент спроса, для групповых сетей освещения принимается равным 1 [8].

По условию (8):

$$P_p^{лампы} = 4,8 \cdot 1 = 4,8 \text{ кВт.}$$

Потери в пускорегулирующих устройствах (ПРА):

$$\Delta ПРА = \frac{\Delta ПРА\%}{100} \cdot P_p^{лампы}, \text{ кВт,} \quad (9)$$

где $\Delta ПРА\%$ - соотношение потерь в ПРА и расчетной нагрузки ламп, %, принимается равным: 20 % для ламп ЛЛ (со стартером), 10 % для ламп LED промышленного типа.

По условию (9):

$$\Delta ПРА = \frac{10}{100} \cdot 4,8 = 0,5 \text{ кВт.}$$

Расчетная осветительная нагрузка помещения:

$$P_p^{осв} = P_n^{лампы} + \Delta ПРА, кВт, \quad (10)$$

$$QP_p^{осв} = P_p^{осв} \cdot tg\varphi, кВар. \quad (11)$$

где $tg\varphi$ – коэффициент мощности светильника, принимается: 1,6
($\cos\varphi=0,53$) для LED промышленного типа; 0,36 ($\cos\varphi=0,94$) для ЛЛ.

Согласно условию (10):

$$P_p^{осв} = 4,8 + 0,5 = 5,3 кВт,$$

Согласно условию (11):

$$QP_p^{осв} = 5,3 \cdot 1,16 = 8,4 кВар.$$

Расчеты для других помещений рыбоперерабатывающего завода аналогичны двум предыдущим.

Все полученные результаты расчётов осветительных нагрузок сводятся в таблицы 2-4.

Таблица 2 – Выбор расчётных коэффициентов сети освещения помещений рыбоперерабатывающего завода

Название участков и помещений	Строительные параметры помещения, м								Коэффициенты отражения		
	Хар-ка среды	длина, м	ширина, м	площадь, м ²	h от потолка, м	h от пола, м	h расч, м	индекс	потолка	стен	рабочей пов.
Участок термической обработки рыбы	жаркая	30	12	360	0,4	0,0	5,6	1,53	50%	50%	10%
Компрессорная	норм.	6	12	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Склад материалов	норм.	6	12	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Участок приёмки рыбы	норм.	6	12	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Склад химикатов	норм.	6	12	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Участок разделки рыбы	норм.	9	12	108	0	0,8	2,5	2,06	50%	10%	10%
Участок мойки рыбы	норм.	30	12	360	0,4	0,8	4,8	1,79	50%	10%	10%
Участок первичной обработки рыбы	норм.	30	9	270	0,4	0,8	4,8	1,44	50%	10%	10%
Участок вторичной обработки рыбы	норм.	30	15	450	0,4	0,8	4,8	2,08	50%	10%	10%
Участок чистовой обработки рыбы	норм.	30	12	360	0,4	0,0	5,6	1,53	50%	30%	10%
Участок филеирования рыбы	норм.	24	24	576	0,4	0,0	5,6	2,14	50%	10%	10%
Участок нарезки рыбы	норм.	21	12	252	0,4	0,0	5,6	1,36	50%	10%	10%
Участок консервирования рыбы	норм.	21	12	252	0,4	0,0	5,6	1,36	50%	10%	10%
Ремонтные службы	норм.	12	6	72	0,4	0,0	5,6	0,71	50%	10%	10%
Бытовые помещения	норм.	12	6	72	0	0,8	2,5	1,60	50%	50%	10%
Участок сухой заморозки рыбы	хим. акт.	12	6	72	0	0,8	2,5	1,60	50%	50%	10%
Участок термической упаковки рыбы	норм.	12	12	144	0	0,0	3,3	1,82	50%	10%	10%
Участок контроля готовой продукции	норм.	12	6	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Маркировочная	норм.	12	6	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Морозильные камеры	норм.	12	6	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%
Лаборатория качества	норм.	12	12	144	0	0,0	3,3	1,82	50%	10%	10%
Аккумуляторная	хим. акт.	12	6	72	0	0,0	3,3	1,21	50%	10%	10%

Таблица 3 – Выбор осветительных устройств помещений рыбоперерабатывающего завода

Название участков и помещений	Тип ИС	Степень защиты, IP	Тип светильника	Уровень высоты плоскости освещения	Коэффициент использования помещения	КСС	КПД в нижнюю полусферу	Расчетный коэффициент использования св.	Норм. освещ., Ен, лк
Участок термической обработки рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,0	0,66	Г 3	0,65	0,43	200
Компрессорная	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	150
Склад материалов	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	75
Участок приёмки рыбы	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	150
Склад химикатов	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	50
Участок разделки рыбы	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,8	0,72	Д 3	0,55	0,40	150
Участок мойки рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,8	0,71	Г 3	0,65	0,46	200
Участок первичной обработки рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,8	0,66	Г 3	0,65	0,43	300
Участок вторичной обработки рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,8	0,72	Г 3	0,65	0,47	200
Участок чистовой обработки рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,0	0,66	Г 3	0,65	0,43	300
Участок филеирования рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,0	0,72	Г 3	0,65	0,47	200
Участок нарезки рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,0	0,66	Г 3	0,65	0,43	200

Продолжение таблицы 3

Название участков и помещений	Тип ИС	Степень защиты, IP	Тип светильника	Уровень высоты плоскости освещения	Коэффициент использования помещения	КСС	КПД в нижнюю полусферу	Расчетный коэффициент использования св.	Норм. освещ., Ен, лк
Участок консервирования рыбы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,0	0,66	Г 3	0,65	0,43	200
Ремонтные службы	LED промышленного типа	IP20	РСП05	Г 0,0	0,53	Г 3	0,65	0,34	200
Бытовые помещения	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,8	0,7	Д 3	0,55	0,39	150
Участок сухой заморозки рыбы	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,8	0,7	Д 3	0,55	0,39	75
Участок термической упаковки рыбы	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,71	Д 3	0,55	0,39	150
Участок контроля готовой продукции	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	150
Маркировочная	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	150
Морозильные камеры	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	150
Лаборатория качества	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,71	Д 3	0,55	0,39	150
Аккумуляторная	ЛЛ	IP54	ЛСП02	Г 0,0	0,64	Д 3	0,55	0,35	75

Таблица 4 – Расчет осветительных нагрузок помещений рыбоперерабатывающего завода

Название участков и помещений	z	Фрасч, лм	Σламп, шт	Фст, лм	ΔФ%	Рн, Вт	cos φ	tg φ	Σ Рн ламп, кВт	Кс	Рр ламп, кВт	ΔПРА, кВт	Рр осв.н., кВт	Qр осв.н., квар
Участок термической обработки рыбы	1,15	24126	12	24000	-0,5%	400	0,53	1,60	4,8	1,0	4,8	0,5	5,3	8,4
Компрессорная	1,10	5063	10	5400	6,3%	80	0,94	0,36	0,8	1,0	0,8	0,2	1,0	0,3
Склад материалов	1,10	4219	6	4800	12,1%	65	0,94	0,36	0,4	1,0	0,4	0,1	0,5	0,2
Участок приёмки рыбы	1,10	5063	10	5400	6,3%	80	0,94	0,36	0,8	1,0	0,8	0,2	1,0	0,3
Склад химикатов	1,10	4219	4	4800	12,1%	65	0,94	0,36	0,3	1,0	0,3	0,1	0,3	0,1
Участок разделки рыбы	1,10	5625	12	5400	-4,2%	80	0,94	0,36	1,0	1,0	1,0	0,2	1,2	0,4
Участок мойки рыбы	1,15	22427	12	24000	6,6%	400	0,53	1,60	4,8	1,0	4,8	0,5	5,3	8,4
Участок первичной обработки рыбы	1,15	23264	14	24000	3,1%	400	0,53	1,60	5,6	1,0	5,6	0,6	6,2	9,9
Участок вторичной обработки рыбы	1,15	23695	14	24000	1,3%	400	0,53	1,60	5,6	1,0	5,6	0,6	6,2	9,9
Участок чистой обработки рыбы	1,15	24126	18	24000	-0,5%	400	0,53	1,60	7,2	1,0	7,2	0,7	7,9	12,7
Участок филеирования рыбы	1,15	23590	18	24000	1,7%	400	0,53	1,60	7,2	1,0	7,2	0,7	7,9	12,7
Участок нарезки рыбы	1,15	25332	8	24000	-5,6%	400	0,53	1,60	3,2	1,0	3,2	0,3	3,5	5,6
Участок консервирования рыбы	1,15	25332	8	24000	-5,6%	400	0,53	1,60	3,2	1,0	3,2	0,3	3,5	5,6
Ремонтные службы	1,15	24035	3	24000	-0,1%	400	0,53	1,60	1,2	1,0	1,2	0,1	1,3	2,1
Бытовые помещения	1,10	5786	8	5400	-7,1%	80	0,94	0,36	0,6	1,0	0,6	0,1	0,8	0,3
Участок сухой заморозки рыбы	1,10	5786	4	5400	-7,1%	80	0,94	0,36	0,3	1,0	0,3	0,1	0,4	0,1
Участок термической упаковки рыбы	1,10	5070	18	5400	6,1%	80	0,94	0,36	1,4	1,0	1,4	0,3	1,7	0,6
Участок контроля готовой продукции	1,10	5063	10	5400	6,3%	80	0,94	0,36	0,8	1,0	0,8	0,2	1,0	0,3

Продолжение таблицы 4

Название участков и помещений	z	Фрасч, лм	Σламп, шт	Фст, лм	ΔФ%	Рн, Вт	cos φ	tg φ	Σ Рн ламп, кВт	Кс	Рр ламп, кВт	ΔПРА, кВт	Рр осв.н., кВт	Qр осв.н., квар
Маркировочная	1,10	5063	10	5400	6,3%	80	0,94	0,36	0,8	1,0	0,8	0,2	1,0	0,3
Морозильные камеры	1,10	5063	10	5400	6,3%	80	0,94	0,36	0,8	1,0	0,8	0,2	1,0	0,3
Лаборатория качества	1,10	5704	16	5400	-5,6%	80	0,94	0,36	1,3	1,0	1,3	0,3	1,5	0,6
Аккумуляторная	1,10	4219	6	4800	12,1%	65	0,94	0,36	0,4	1,0	0,4	0,1	0,5	0,2

2.4 Расчет параметров освещения безопасности рыбоперерабатывающего завода

Далее проводится расчёт параметров освещения безопасности рыбоперерабатывающего завода.

Аварийное освещение делится на две категории:

- освещение безопасности;
- эвакуационное освещение.

Освещение безопасности рассчитывается для помещений, где постоянно находятся люди и есть громоздкое техническое оборудование.

Оно должно питаться от аварийного источника питания или от трансформатора соседнего завода.

В данной работе наиболее рационально с точки зрения энергосбережения применить светодиодные светильники Sveteco 12 мощностью 20 Вт с элементами LED промышленного типа.

Световой поток от светильника – 1656 лм.

Нормируемая освещенность берется 5% от общей, но не более 10 лк.

В качестве примера приводится расчет для участка термической обработки рыбы.

Норма освещенности безопасности:

$$E_n^{об} = 0,05 \cdot E_n, \text{ лк.} \quad (12)$$

По условию (12):

$$E_n^{об} = 0,05 \cdot 200 = 10 \text{ лк.}$$

где E_n – норма освещенности для основного освещения, лк.

Количество ламп:

$$N_{л}^{об} = \frac{E_{н}^{об} \cdot Kз \cdot S \cdot z}{\Phi_{об}}, \text{ шт.} \quad (13)$$

где $\Phi_{об}$ – световой поток светильника, 1656 лм;

$E_{н}^{об}$ – норма освещенности для аварийного освещения, 10 лк;

$Kз=1,5$ – коэффициент запаса.

Для светодиодных ламп принимается: $z = 1,15$.

По условию (13):

$$N_{л}^{об} = \frac{10 \cdot 1,5 \cdot 360 \cdot 1,15}{0,43 \cdot 1656} = 8,7 \text{ шт.}$$

Полученное значение округляется до целого: $N_{л}^{об} = 9$ шт.

Остальные расчеты аналогичны. Результаты сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Освещение безопасности

Название участков и помещений	Тип ИС	Тип ламп	Ен об	Фоб, лм	Мощность, Вт	Нсв
Участок термической обработки рыбы	Sveteco 12	LED промышленного типа	10	1656	20	9
Компрессорная	Sveteco 13	LED промышленного типа	8	1656	20	2
Склад материалов	Sveteco 14	LED промышленного типа	4	1656	20	1
Участок приёмки рыбы	Sveteco 15	LED промышленного типа	8	1656	20	2
Склад химикатов	Sveteco 16	LED промышленного типа	3	1656	20	1
Участок разделки рыбы	Sveteco 17	LED промышленного типа	8	1656	20	2
Участок мойки рыбы	Sveteco 18	LED промышленного типа	10	1656	20	8

Продолжение таблицы 5

Название участков и помещений	Тип ИС	Тип ламп	Ен об	Фоб, лм	Мощность, Вт	Нсв
Участок первичной обработки рыбы	Sveteco 19	LED промышленного типа	10	1656	20	7
Участок вторичной обработки рыбы	Sveteco 20	LED промышленного типа	10	1656	20	10
Участок чистовой обработки рыбы	Sveteco 21	LED промышленного типа	10	1656	20	9
Участок филеирования рыбы	Sveteco 22	LED промышленного типа	10	1656	20	13
Участок нарезки рыбы	Sveteco 23	LED промышленного типа	10	1656	20	6
Участок консервирования рыбы	Sveteco 24	LED промышленного типа	10	1656	20	6
Ремонтные службы	Sveteco 25	LED промышленного типа	10	1656	20	2
Бытовые помещения	Sveteco 26	LED промышленного типа	8	1656	20	1
Участок сухой заморозки рыбы	Sveteco 27	LED промышленного типа	4	1656	20	1
Участок термической упаковки рыбы	Sveteco 28	LED промышленного типа	8	1656	20	3
Участок контроля готовой продукции	Sveteco 29	LED промышленного типа	8	1656	20	2
Маркировочная	Sveteco 30	LED промышленного типа	8	1656	20	2
Морозильные камеры	Sveteco 31	LED промышленного типа	8	1656	20	2
Лаборатория качества	Sveteco 32	LED промышленного типа	8	1656	20	3
Аккумуляторная	Sveteco 33	LED промышленного типа	4	1656	20	1

По данным таблицы 5, определяется суммарное число светильников освещения безопасности рыбоперерабатывающего завода – 95 шт., таким образом полная нагрузка аварийного освещения составит:

$$P_p^{об} = P_{св}^{об} \cdot N_{св}^{об}, \text{ Вт.} \quad (14)$$

По условию (14):

$$P_p^{об} = 20 \cdot 95 = 1900 \text{ Вт.}$$

По нагрузке аварийного освещения выбирается резервный аварийный генератор Pramac P4500 с АВР выдаваемой мощностью 3,1 кВт, который будет подключён в систему, если исчезнет питание от двух источников основного электроснабжения от энергосистемы на питающей ТП-10/0,4 кВ.

2.5 Выбор сечения проводников щитов и распределительных пунктов в системе освещения рыбоперерабатывающего завода

В качестве главного распределительного щита (ГРЩ) освещения, устанавливаемого в помещении между складом химикатов и участком приёма рыбы, используется распределительный шкаф типа ПР41.

В качестве распределительных шкафов применяются щиты ОЩВ–12УХЛ с линейными однополюсными выключателями типа ВА–4729 на номинальный ток 16 А и ток расцепителя 16 А.

На ГРЩ освещения использованы линейные трехфазные выключатели типа А3710Б.

Питание щитов ОЩВ – радиальная схема, каждый ОЩВ подключен отдельным кабелем от ГРЩ освещения.

Далее необходимо определить количество, типы и расположение распределительных щитов, распределить осветительную нагрузку по щитам, выбрать кабели для всех участков сети.

Первоначально необходимо распределить осветительные нагрузки по фазам, так, чтобы несимметрия не превышала 5%, для этого по плану группируются светильники, которые будут питаться от одного выключателя на распределительном щите, полученные группы по возможности равномерно распределяются по фазам, расставляются щиты.

Сечение головного участка сети (от ТП до ГРЩ освещения) определяется по длительному допустимому току.

Максимальный расчетный длительный ток:

$$I_{max} = \frac{\Sigma P_{ДРЛ}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} + \frac{\Sigma P_{ЛЛ}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, A, \quad (15)$$

где $\Sigma P_{ДРЛ}$ - суммарная расчётная активная нагрузка ламп LED промышленного типа по таблице 4;
 $\Sigma P_{ЛЛ}$ - суммарная активная нагрузка ламп ЛЛ по таблице 4;
 U_n - номинальное линейное напряжение, В.

По условию (15):

$$I_{max} = \frac{42800}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,53} + \frac{9700}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,94} = 154 A.$$

Для головного участка сети, выбирается кабель марки ВВГнг–LS сечением $4 \times 70 \text{ мм}^2$, допустимая токовая нагрузка: $I_{доп.} = 165 A$.

Условие проверки кабеля по максимальному рабочему току осветительной сети:

$$I_{max} \leq I_{доп}, A. \quad (16)$$

По условию (16):

$$154 A \leq 165 A.$$

Условие выполняется.

По заданным параметрам силового трансформатора (из исходных технических и справочных данных) известна потеря напряжения до силового трансформатора – 5,25%.

По каталожным данным трансформатора для регулирования напряжения на трансформаторе, применяется устройство ПБВ с диапазона регулирования от -5% до +0% путём переключения анцапфы ПБВ.

Таким образом, устанавливая отпайку ПБВ на максимальное положение +5%, можно повысить напряжение на стороне НН трансформатора, итоговая величина падения напряжения со стороны питания до шин НН трансформатора составит:

$$\Delta U_{ТП} = \Delta U_{дон} + \Delta U_{мп}, \%. \quad (17)$$

По условию (17):

$$\Delta U_{ТП} = -5,25 + 5 = -0,25 \%.$$

С учётом данной потери напряжения на стороне НН ТП выбираются кабели питания осветительной сети.

Потеря напряжения на участке ТП – ГРЩ освещения:

$$\Delta U_{ГРЩ} = \frac{\Sigma P \cdot L \cdot 10^5}{F \cdot U_n^2 \cdot \gamma}, \%. \quad (18)$$

где ΣP - суммарная активная нагрузка головного участка по таблице

4, кВт;

L - длина головного участка по исходным данным, м;

γ - удельная проводимость материала, 53 м/Ом · мм² для меди;

U_n - номинальное линейное напряжение сети, В.

По условию (18):

$$\Delta U_{ГРЩ} = \frac{58700 \cdot 85 \cdot 10^5}{70 \cdot 380^2 \cdot 53} = 0,9\%.$$

Сечение участка сети от ОЩВ-1 до светильников выбирается аналогично по длительному допустимому току, но учитывается распределение однофазной нагрузки по фазам.

Дополнительно максимальный расчетный длительный ток по фазам не должен превышать 16 А.

Для примера выполняется расчёт для участка ОЩВ 1 – 1 (участок термической обработки рыбы) по фазе А:

$$I_{max} = \frac{\Sigma P_{ДРЛ}}{U_n \cdot \cos \varphi}, \text{ А.} \quad (19)$$

где $\Sigma P_{ДРЛ}$ - суммарная активная нагрузка ламп LED промышленного типа по таблице 4;

U_n - номинальное фазное напряжение, В.

По условию (19):

$$I_{max} = \frac{1600}{220 \cdot 0,53} = 14 \text{ А.}$$

Для участка сети ОЩВ 1 – 1 выбирается кабель марки ВВГнг–LS сечением 5×1,5 мм², допустимая токовая нагрузка: $I_{доп} = 16 \text{ А}$.

Проводится проверка кабеля по условию допустимого нагрева.

По условию (16):

$$14 A \leq 16 A.$$

Условие выполняется.

Потеря напряжения на участке ОЩВ 1 – 1 по фазе А:

$$I\Delta U_1 = \frac{\Sigma P \cdot L \cdot 10^5}{F \cdot U_n^2 \cdot \gamma} \leq 5, \%, \quad (20)$$

где ΣP - суммарная расчётная активная нагрузка фазы по таблице 4, кВт;

L - длина участка по исходным данным, м;

γ - удельная проводимость материала, для меди, м/Ом·мм²;

U_n - номинальное фазное напряжение сети, В.

По условию (20):

$$\Delta U_1 = \frac{1600 \cdot 60 \cdot 10^5}{1,5 \cdot 220^2 \cdot 53} = 2,5\% \leq 5\%.$$

Условие выполняется.

Таким образом, данный кабель проходит по допустимым условиям перегрева.

Для остальных участков сети освещения рыбоперерабатывающего завода сечения проводников выбираются аналогично, с учётом равномерного распределения нагрузки по фазам.

Результаты сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Выбор кабелей питания светильников сети освещения рыбоперерабатывающего завода

Номер отделения по плану	Нагрузка по фазам, Вт			Ток по фазам, А			Fкл, мм ²	I _{допКЛ} , А	L _{наиб} , м	ΔU, %
	А	В	С	А	В	С				
Участок ОЩВ 1										
1	1600	1600	1600	14	14	14	1,5	16	60	2,5
2,3	1060	-	-	5	-	-	1,5	16	54	1,5
4,5	-	1060	-	-	5	-	1,5	16	60	1,7
6	-	-	1090	-	-	5	1,5	16	66	1,9
11,14	800	800	800	7	7	7	1,5	16	42	0,9
12	800	800	800	7	7	7	1,5	16	48	1,0
Участок ОЩВ 2										
7	1600	1600	1600	14	14	14	1,5	16	60	2,5
8	1600	1600	1600	14	14	14	1,5	16	48	2,0
8,9	1600	1600	1600	14	14	14	1,5	16	48	2,0
9, 10	1600	1600	1600	14	14	14	1,5	16	36	1,5
Участок ОЩВ 3										
11	1600	1600	1600	14	14	14	1,5	16	78	3,2
10	1200	1200	1600	10	10	14	1,5	16	60	2,5
11,13,14	1600	1200	1200	14	10	10	1,5	16	60	1,9
20,21,22,23	-	2310	-	-	11	-	1,5	16	120	7,2
17,18,19,20	2080	-	-	10	-	-	1,5	16	108	5,8
17,18,19,21	-	-	2080	-	-	10	1,5	16	102	5,5

Сечение участка сети от ГРЩ до ОЩВ-1 определяется по длительному допустимому току.

Максимальный расчетный длительный ток фазы А:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (21)$$

где ΣP - суммарная расчётная активная нагрузка по фазам таблице 6;

U_n - номинальное фазное напряжение, В.

По условию (21):

$$I_{max} = \frac{4260}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,76} = 25,6 \text{ A.}$$

Для участка сети выбирается кабель марки ВВГнг–LS сечением $5 \times 4 \text{ мм}^2$, допустимая токовая нагрузка: $I_{доп.} = 27 \text{ A}$.

Проводится проверка кабеля по условию допустимого нагрева.

По условию (16):

$$25,6 \text{ A} \leq 27 \text{ A.}$$

Условие выполняется.

Потеря напряжения на участке от ГРЩ до ОЩВ-1:

$$\Delta U_{ОЩВ-1} = \frac{\Sigma P \cdot L \cdot 10^5}{F \cdot U_n^2 \cdot \gamma}, \quad (22)$$

где ΣP - суммарная активная расчётная нагрузка наиболее загруженной фазы по таблице 6, кВт;

L - длина головного участка по исходным данным, м;

γ - удельная проводимость материала, $53 \text{ м/Ом} \cdot \text{мм}^2$ для меди;

U_n - номинальное фазное напряжение сети, В.

Падение напряжения на любом участке сети освещения не должно превышать 5%.

По условию (22):

$$\Delta U_{ОЩВ-1} = \frac{4290 \cdot 30 \cdot 10^5}{4 \cdot 220^2 \cdot 53} = 0,4\%.$$

Неравномерность загрузки фаз на ОЩВ 1:

$$\Delta P_{ОЩВ-1} = \frac{P_{\text{макс}} - P_{\text{мин}}}{P_{\text{макс}}}, \%. \quad (23)$$

По условию (23):

$$\Delta P_{ОЩВ-1} = \frac{4290 - 4260}{4290} = 1\% \leq 5\%.$$

Максимальная потеря напряжения по всем участкам осветительной сети от шин ТП до наиболее удаленного светильника составляет:

$$\Delta U = \Delta U_{ТП} - \Delta U_{ГРЩ} - \Delta U_{ОЩВ-1} - \Delta U_1, \%, \quad (24)$$

где $\Delta U_{ТП}$ - потеря напряжения после регулирования на шинах ТП;

$\Delta U_{ГРЩ}$ - потеря напряжения до ГРЩ освещения;

$\Delta U_{ОЩВ-1}$ - потеря напряжения до ОЩВ-1;

ΔU_1 - максимальная потеря напряжения до светильников (таблица 6).

По условию (24):

$$\Delta U = -0,25 - 0,9 - 0,4 - 2,5 = -4,1\%.$$

По [3] допустимое медленное изменение напряжения от -10% до +10%, требования выполняются.

Таким образом, данный кабель проходит все требуемые проверки и может быть принят на объекте.

Для остальных участков питающей сети кабели выбираются аналогично, с учётом равномерного распределения нагрузки по фазам.

Результаты сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Выбор кабелей питания ОЩВ

Щит	Нагрузка по фазам, Вт				Ток по фазам, А			F _{кл} , мм ²	I _{допкл} , А	L _{наиб} , м	ΔU, %	ΔU _{макс} , %
	А	В	С	ΔP, %	А	В	С					
ОЩВ-1	4260	4260	4290	1%	25,6	25,6	25,7	4	27	30	0,4	-4,1
ОЩВ-2	6400	6400	6400	0%	54,9	54,9	54,9	16	62	36	0,2	-3,9
ОЩВ-3	6480	6310	6480	3%	31,3	30,5	31,3	6	34	54	0,7	-9,1

По результатам расчёта из таблицы 7 видно, наибольшая потеря напряжения соответствует допустимым нормам [9], при этом неравномерность загрузки фаз не более 5%.

Таким образом, все выбранные сечения кабелей удовлетворяют условиям и показаны в графической части работы.

2.6 Выбор защитных аппаратов в системе освещения рыбоперерабатывающего завода

Далее необходимо провести выбор и проверку аппаратов для защиты и коммутации питающей и распределительной сети системы освещения рыбоперерабатывающего завода.

В качестве защитной и коммутационной аппаратуры в системе освещения рыбоперерабатывающего завода используются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем современного типа.

Они – надёжны, долговечны и экономичны.

В работе для защиты и коммутации питающей и распределительной сети потребителей системы освещения рыбоперерабатывающего завода, рекомендуется принять выключатели отечественного производства марки ВА.

«Номинальные токи автомата и теплового расцепителя» [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (25)$$

$$I_{ном.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (26)$$

«Ток уставки электромагнитного расцепителя» [14]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p, \quad (27)$$

где « $K_{то}$ – кратность тока отсечки» [13].

«Проверка автомата на отключающую способность» [14]:

$$I_{откл.} \geq I_k. \quad (28)$$

На примере автомата ввода для установки на ГРЩ освещения проектируемого рыбоперерабатывающего завода:

$$I_{ном.а} = 160 A \geq I_p = 111,9 A.$$

$$I_{ном.т.р} = 160 A \geq 1,1 \cdot 111,9 = 123,09 A.$$

$$I_{ном.э.р} = 7 \cdot 160 = 1120 A \leq 1880 A.$$

$$I_{откл.} = 60 кА \geq 1,818 кА.$$

Окончательно выбирается для ГРЩ освещения проектируемого рыбоперерабатывающего завода марки ВА 52-37, с параметрами:

$$U_{ном.а} = 380 В;$$

$$I_{ном.а} = 160 А;$$

$$I_{ном.т.р} = 160 А;$$

$$I_{ном.э.р} = 1120 А;$$

$$K_{то} = 7.$$

Выбор всех линейных и вводных автоматов проведён в работе аналогично. Результаты выбора автоматов системы освещения рыбоперерабатывающего завода представлены в работе в форме таблицы 8.

Таблица 8 – Результаты выбора автоматов системы освещения рыбоперерабатывающего завода

Наименование объекта	I_p , А	Марка автомата	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р.}$, А	$I_{у.э.р.}$, А
ГРЩ	11,9	ВА52-37	160	160	1120
ОЩВ-1	25,7	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
ОЩВ-2	54,9	ВА47-29-2С6-УХЛ3	63	63	189
ОЩВ-3	31,3	ВА47-29-2С32-УХЛ3	32	32	96
Участок ОЩВ-1					
1	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
2,3	12	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
4,5	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
6	5	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
11,14	7	ВА47-29-2С10-УХЛ3	10	10	30
12	7	ВА47-29-2С10-УХЛ3	10	10	30
Участок ОЩВ-2					
7	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
8	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
8,9	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
9, 10	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
Участок ОЩВ-3					
11	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
10	14	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
11,13,14	10	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
20,21,22,23	11	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
17,18,19,20	10	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48
17,18,19,21	10	ВА47-29-2С16-УХЛ3	16	16	48

Все автоматы соответствуют условиям выбора и проверок.

Выводы по разделу.

В соответствии с поставленной целью, с учётом требуемой схемы электрических соединений осветительной сетей рыбоперерабатывающего завода, в работе решены такие основные задачи:

- разработана и проверена схема электроснабжения питающей и распределительной сети освещения рыбоперерабатывающего завода, с учётом нормативов, осветительных потребителей объекта, а также технических условий помещений завода;
- установлено, что для электроснабжения рыбоперерабатывающего

завода от энергосистемы необходимо применять два источника питания, так как объект проектирования относится ко II категории надёжности;

- проведён расчёт электрических нагрузок и параметров искусственного освещения осветительной сети системы освещения рыбоперерабатывающего завода;
- выполнен расчёт параметров освещения безопасности рыбоперерабатывающего завода;
- на основании суммарной электрической нагрузки системы освещения рыбоперерабатывающего завода, выбраны новые светильники и лампы для объектов и помещений рыбоперерабатывающего завода, вводимого в эксплуатацию;
- проведён выбор современных марок проводников (кабелей) для питания электрической сети всех уровней системы электроснабжения рыбоперерабатывающего завода;
- выбраны аппараты для защиты (автоматические выключатели) системы освещения рыбоперерабатывающего завода.

3 Выбор системы управления освещением рыбоперерабатывающего завода

Выбор системы управления освещением рыбоперерабатывающего завода зависит от нескольких факторов, таких как размер завода, тип освещения, наличие окон, требования безопасности и энергоэффективности.

В целом, для рыбоперерабатывающего завода рекомендуется использовать систему управления освещением, которая позволяет управлять освещением в каждой зоне независимо от других зон. Это может быть достигнуто с помощью установки датчиков движения и датчиков освещенности, которые регулируют яркость и включение/выключение освещения в зависимости от наличия людей в зоне и уровня естественного освещения.

Также для рыбоперерабатывающего завода важно выбирать осветительные приборы с высокой степенью защиты от влаги и пыли. Это обеспечивает безопасность работников и продукции.

Для повышения энергоэффективности рекомендуется использовать светодиодные лампы, которые потребляют меньше энергии и имеют более длительный срок службы, чем традиционные лампы накаливания. Также можно использовать систему автоматического выключения освещения в зонах, которые не используются, чтобы избежать необоснованных затрат на электроэнергию.

Важно также учитывать специфические требования безопасности для производственных объектов. В зависимости от конкретных требований и правил безопасности, необходимо выбрать соответствующие методы управления и освещения.

В общем, выбор системы управления освещением рыбоперерабатывающего завода зависит от многих факторов, и требует индивидуального подхода к каждому объекту.

«В качестве целевой серии для построения САУ системы освещения рыбоперерабатывающего завода выбирается устройства компании Siemens, а именно универсальные логические модули LOGO» [16].

«Для построения САУ рыбоперерабатывающего завода нужны модули» [13]:

- «блок питания LOGO! Power» [16];
- «программируемое реле Siemens LOGO! 24RC» [16];
- «модуль расширения LOGO! DM16 24R» [16];
- «модуль интерфейса связи LOGO! CM LON» [16];
- «преобразователь интерфейса LON / RS-232» [16];
- «прочая коммутационная и защитная электроаппаратура» [16].

«В системе необходимо визуально отображать текущую освещённость и выбранный режим работы (автоматический, ручной, полуавтоматический)» [16].

«Для этого используются семисегментные индикаторы» [18].

«Можно предположить, что возникнет такая ситуация, когда в помещении, где находится пульт оператора, будет отрицательная температура, поэтому для визуализации текущей температуры принимается трехразрядный семисегментный индикатор» [16].

«Основных рабочих режимов - пять, поэтому для отображения рабочего режима используется одnorазрядный семисегментный индикатор. Используются индикаторы BA56-12 фирмы KingBrighth [13] и LDD3051 фирмы LIGI» [13].

«Используя выбранные компоненты, разрабатывается принципиальная электрическая схема управления системы освещения рыбоперерабатывающего завода» [20].

«Для каждой их групп исполнительных элементов схемы (группы светильников общего освещения) предусмотрен отдельный защитный автоматический выключатель, индикатор работы на щите и отдельное

сильноточное реле (пускатель) с контактами, рассчитанными на коммутацию нагрузки, соответствующей подключаемому потребителю» [4].

«Управление обмотками реле групп исполнительных элементов схемы будет производиться программируемым реле Siemens LOGO! 24RC, но, так как данное устройство способно коммутировать только четыре канала (групп), дополнительно к нему используется модуль расширения LOGO! DM16 24R, позволяющий коммутировать дополнительно 16 групп» [14].

«Этот аспект крайне важен при возможном расширении заданной САУ и позволяет подключать дополнительные элементы, а также способствует резервированию и повышению надёжности элементов САУ» [6].

«Для обеспечения питанием программируемого реле и модулей используется блок питания LOGO! Power» [14].

«Для обеспечения связи с компьютером АРМ диспетчера используется модуль интерфейса связи LOGO! CM LON» [14].

«Для подключения к сети с интерфейсом LON персонального компьютера АРМ диспетчера используется преобразователь интерфейса LON/RS-232» [16].

«Сигналы управления от датчиков освещённости поступают на входы основного реле А1» [16].

«В соответствии с заданием, активируется программа включения/переключения исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) с помощью ключевых элементов – фотореле» [10].

«Питание схемы входных сигналов осуществляется от блока питания» [19].

«Подключение сигналов группового управления в разработанной САУ освещением рыбоперерабатывающего завода, показано в работе на рисунке 4» [16].

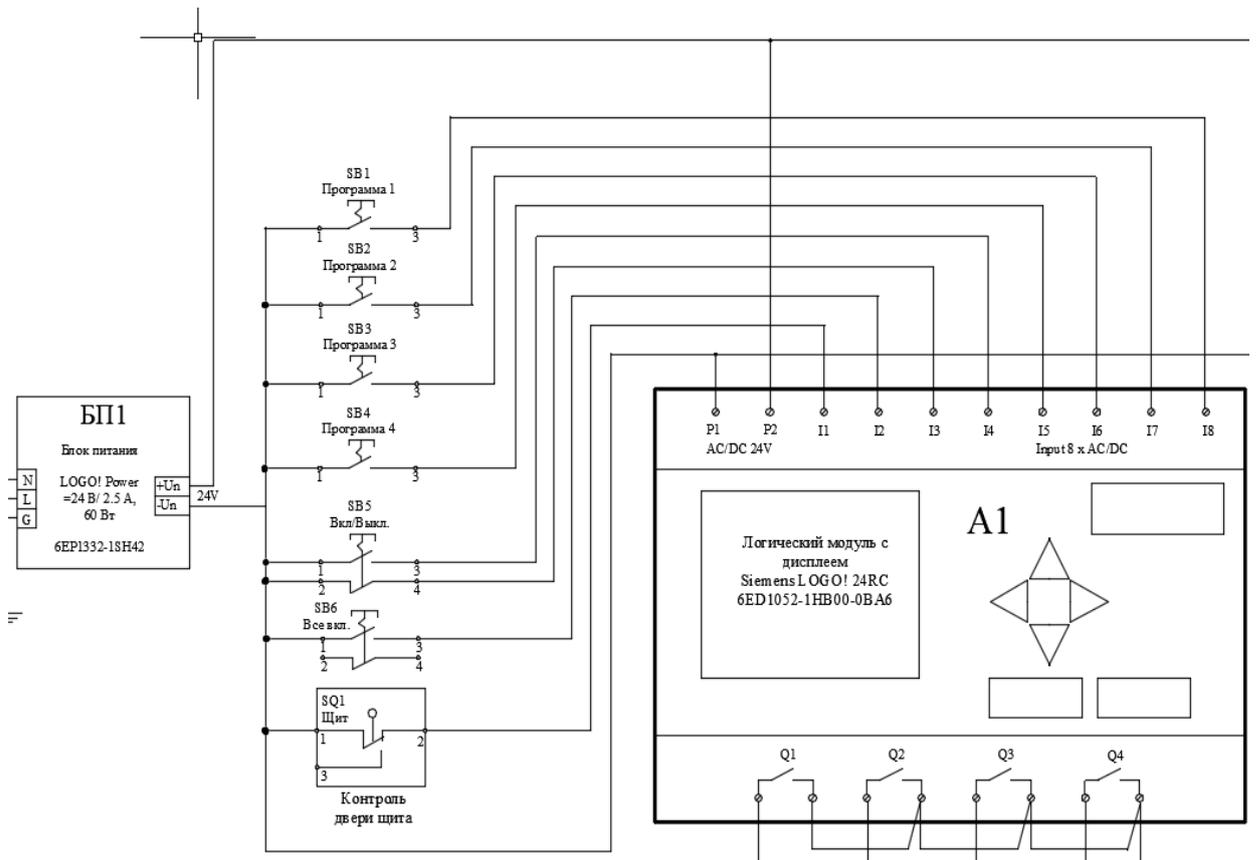


Рисунок 4 - «Подключение сигналов группового управления» [16]

«Подключение сигналов управления реле коммутации групп исполнительных элементов схемы показано на рисунке 5» [16].

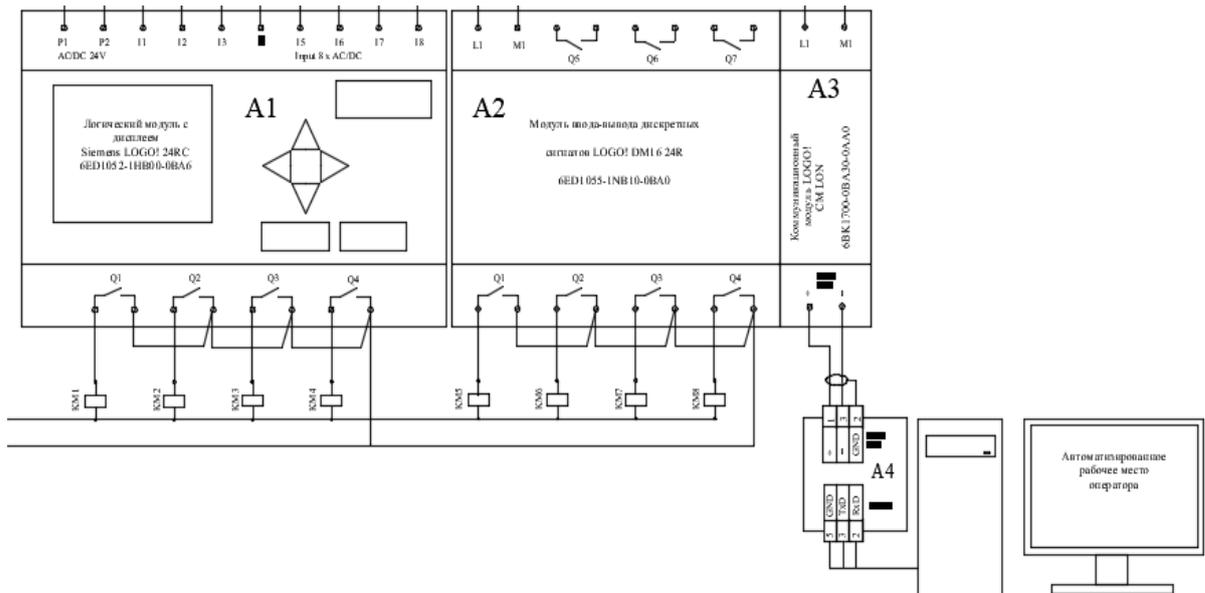


Рисунок 5 – «Подключение сигналов управления реле коммутации групп исполнительных элементов схемы» [16]

«Реагируя на сигналы от управления, равно как и на сигналы, поступающие по сети от АРМ диспетчера и реализуя соответствующие программы, хранящиеся в памяти, программируемое реле выдает управляющие воздействия для управления реле (пускателями) групп исполнительных элементов схемы (групп светильников) через соответствующие ключевые элементы – фотореле» [15].

«Через выходные клеммы «Qn» реле и модуля расширения осуществляется коммутация обмоток силовых реле (контакторов) КМ, которые, в свою очередь, управляют группами исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) через соответствующие фотореле» [16].

«Использование в качестве управляющего устройства программного реле позволяет реализовать коммутационные программы управления группами исполнительных элементов схемы (групп светильников общего освещения) через соответствующие фотореле практически любой сложности» [17].

«Для изменения программы управления достаточно внести изменения в программу управления (ручной режим), что значительно проще внесения изменений в электрическую схему системы управления (как требовалось в релейных системах)» [7].

Расширение САУ системы освещения рыбоперерабатывающего завода также реализуется подключением дополнительных групп на резервные выходы Q модуля расширения и внесением соответствующих изменений в программу реле» [16].

Выводы по разделу.

Разработана и выбрана система автоматического управления освещением рыбоперерабатывающего завода, которая обеспечит надёжное и качественное управление освещением объекта проектирования. Выбраны основные элементы САУ.

4 Расчёт контура заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода

Далее в работе проводится расчёт контура заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода.

Расчет контура заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода зависит от нескольких факторов, таких как размеры и характеристики здания, тип заземления, грунтовые условия, уровень электрической защиты и т.д.

Общий подход к расчету контура заземления можно представить в виде следующих шагов:

- определение класса защиты от поражения электрическим током для системы освещения. Например, для системы освещения рыбоперерабатывающего завода рекомендуется использовать класс защиты I или II в соответствии с нормами безопасности;
- определение необходимого значения сопротивления заземления. В соответствии с нормами, для системы освещения рекомендуется не более 4 Ом;
- расчет количества заземлительных электродов. Для рыбоперерабатывающего завода рекомендуется использовать не менее двух заземлительных электродов, каждый из которых имеет сопротивление не более 10 Ом;
- определение оптимальной глубины заложения заземлительных электродов. Глубина заложения заземлительных электродов зависит от грунтовых условий и типа электрода;
- установка заземлительных электродов в соответствии с определенными параметрами и проведение измерений сопротивления заземления;
- проверка корректности установки и соответствия параметров заземления нормам безопасности.

«Согласно» [2]:

$$R_3 \leq R = \frac{125}{I}, \quad (29)$$

где « I – значение расчетного тока замыкания на землю, А.

«Значение расчетного тока замыкания на землю» [1]:

$$I = 10 \cdot \left(\frac{l_B}{350} + \frac{l_K}{10} \right), \quad (30)$$

где « l_B, l_K , – длина соответственно воздушных линий и кабелей, электрически связанных между собой, км» [1].

«Значит» [1]:

$$I = 10 \cdot \frac{12,2}{10} = 12,2 \text{ А.}$$

$$R = \frac{125}{12,2} = 10,2 \text{ Ом.}$$

«Расчетное значение удельного сопротивления грунта» [1]:

$$\rho_p = K \cdot \rho, \quad (31)$$

где « K – коэффициент сезона» [1].

$$\rho_p = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

«Для горизонтальных стержней» [1]:

$$\rho_p = 2,11 \cdot 60 = 132 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

«Сопротивление одного стержня из угловой стали» [1]:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho_p}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{0,95 \cdot B} + 0,51 \lg \frac{4t + 3l}{4t + l} \right), \quad (32)$$

где « $l = l_B$ – длина стержня, м» [1];

« B – ширина полки уголка, м» [1].

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{90}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,95 \cdot 0,04} + 0,51 \lg \frac{4 \cdot 0,8 + 3 \cdot 3}{4 \cdot 0,8 + 3} \right) = 164,7 \text{ Ом}.$$

«Ориентировочное число вертикальных стержней без учёта их взаимного экранирования» [1]:

$$n = \frac{R_g}{R} = \frac{164,7}{10,2} = 16,1$$

«Принимается $n = 16$ шт.» [1].

«Результирующее сопротивление всех вертикальных стержней с учётом их взаимного экранирования» [1]:

$$R_{г.э.} = \frac{164,7}{16 \cdot 0,5} = 20,6 \text{ Ом}$$

«Сопротивление горизонтального заземлителя» [1]:

$$l_2 = n \cdot a, \text{ м}. \quad (33)$$

$$l_2 = 4 \cdot 3 = 12 \text{ м}.$$

$$R_r = 0,366 \frac{\rho_p}{l_2} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_2^2}{2d \cdot t}, \text{ Ом.} \quad (34)$$

$$R_r = 0,366 \cdot \frac{126,6}{12} \cdot \lg \frac{2 \cdot 12^2}{0,01 \cdot 0,8} = 16 \text{ Ом.}$$

«Результирующее сопротивление горизонтального замкнутого контура с учётом экранирования» [1]:

$$R_{з.э.} = \frac{16,0}{0,8} = 20 \text{ Ом}$$

«Результирующее сопротивление всего устройства заземления» [1]:

$$R_3 = \frac{20 \cdot 20,6}{20 + 20,6} = 10,1 \text{ Ом}$$

«Результат соответствует условию проверки» [1]:

$$R_3 = 10,1 \leq R = 10,2, \text{ Ом.}$$

«Принимается для контура заземления системы освещения 16 вертикальных стержней» [1].

Выводы по разделу.

В результате выполнения работы, проведён расчёт контура заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода. Установлено, что для качественной защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, рекомендуется принять шестнадцать вертикальных электродов в данном контуре заземления.

Заключение

В результате выполнения работы, проведена разработка проекта системы освещения рыбоперерабатывающего завода, обусловленная вводом в эксплуатацию объекта проектирования.

Приведена исходная характеристика технологического процесса рыбоперерабатывающего завода, а также характеристика основных помещений объекта проектирования, необходимая для дальнейшего проведения светотехнического расчёта.

Приведены основные требования к системам и схемам освещения рыбоперерабатывающих предприятий, к которым относится объект проектирования.

Указано, что разработка качественного проекта системы освещения рыбоперерабатывающего завода является важной задачей, необходимой для ввода объекта в эксплуатацию.

На основании технических характеристик помещений рыбоперерабатывающего завода, с учётом требований нормативных документов, далее в работе решены поставленные задачи.

В соответствии с поставленной целью, с учётом требуемой схемы электрических соединений осветительной сети рыбоперерабатывающего завода, в работе решены такие основные задачи:

- разработана и проверена схема электроснабжения питающей и распределительной сети освещения рыбоперерабатывающего завода, с учётом нормативов, осветительных потребителей объекта, а также технических условий помещений завода;
- установлено, что для электроснабжения рыбоперерабатывающего завода от энергосистемы необходимо применять два источника питания, так как объект проектирования относится ко II категории надёжности;
- проведён расчёт электрических нагрузок и параметров

искусственного освещения осветительной сети системы освещения рыбоперерабатывающего завода;

- выполнен расчет параметров освещения безопасности рыбоперерабатывающего завода;
- на основании суммарной электрической нагрузки системы освещения рыбоперерабатывающего завода, выбраны новые светильники и лампы для объектов и помещений рыбоперерабатывающего завода, вводимого в эксплуатацию;
- проведён выбор современных марок проводников (кабелей) для питания электрической сети всех уровней системы электроснабжения рыбоперерабатывающего завода;
- выбраны аппараты для защиты (автоматические выключатели) системы освещения рыбоперерабатывающего завода.

Разработана и выбрана система автоматического управления освещением рыбоперерабатывающего завода, которая обеспечит надёжное и качественное управление освещением объекта проектирования. Выбраны основные элементы САУ.

Проведён расчёт контура заземления системы освещения рыбоперерабатывающего завода. Установлено, что для качественной защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, рекомендуется принять шестнадцать вертикальных электродов в данном контуре заземления.

Таким образом, в работе приняты технические решения, позволяющие повысить параметры и показатели надёжности, экономичности, электробезопасности и бесперебойности электроснабжения, для системы освещения рыбоперерабатывающего завода.

Список используемых источников

1. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
2. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия, 2020. 1072 с.
3. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2020. 320 с.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2018. 608 с.
6. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2019. 174 с.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2019. 324 с.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис, 2018. 632 с.
10. Проекты и оборудование рыбоперерабатывающих заводов [Электронный ресурс]: URL: <https://forfish.eu/ru/> (дата обращения: 04.04.2023).
11. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2018. 448 с.
12. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. М.: Техноперспектива, 2018. 436 с.

13. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр) [Электронный ресурс]: URL:

https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf

(дата обращения: 04.04.2023).

14. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL:

<http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 04.04.2023).

15. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2018. 312 с.

16. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL:

<https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 04.04.2023).

17. Тульчин И.К. Электрические сети жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 2020. 304 с., ил.

18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 04.04.2023).

19. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

20. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий: 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк. 2018. 319 с.: ил.