

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Реконструкция системы освещения машзала Жигулевской ГЭС

Студент	<u>В.Д. Старостин</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>О.В. Самолина</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультанты	<u>А.В. Кириллова</u> (И.О. Фамилия)	_____

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В.Вахнина
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Темой нижеизложенной выпускной квалификационной работы является реконструкция системы освещения машинного зала Жигулевской ГЭС.

В ходе ознакомления с существующей системой освещения машинного зала Жигулевской ГЭС, был составлен список основных задач:

- заменить данные источники света на новые (Разработать способы повышения энергоэффективности источников света);
- разработать систему управления освещением;
- выбрать кабельную продукцию для системы питания.

Для решения поставленных задач, в дипломной работе произведен выбор новых источников света рабочего освещения машинного зала Жигулевской ГЭС, составлен светотехнический проект в программе «DIALux». Выбрана оптимальная система освещения и выбран кабель для питания системы освещения.

Пояснительная записка состоит из четырёх разделов, введения, заключения и списка используемых источников. Материал данной работы представлен на 57 страницах, включая 31 рисунок и 3 таблицы, а так же графическую часть, представленную на 6 листах формата А1.

ABSTRACT

The title of the graduation work is The reconstruction of the lighting system of the main generator hall at the Zhiguli hydroelectric power station.

Information obtained as a result of pre-thesis practice is the initial data for the reconstruction of the lighting system.

The subject of the senior paper is the main generator hall of the Zhiguli hydroelectric power station. The theoretical basis of this graduation work are the legislative acts of the Russian Federation. First we will start with the compilation of tasks, and then proceed to their solution.

First of all, we analyze the existing lighting system and pay attention to the main disadvantages. Then it is necessary to propose ways to eliminate these shortcomings. In this work the main task is to replace the old light sources with new ones.

Then a control system was selected and a new power cable was proposed that complied with all electrical installation rules and standards.

In conclusion, we would like to emphasize that this graduation work is designed to improve the energy efficiency of the main generator hall lighting system at the Zhiguli hydroelectric power station.

The graduation work consists of an introduction, explanatory note on 57 pages, including 31 figures, 3 tables, the list of references and the graphic part on 6 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Краткая характеристика объекта проектирования	7
1.1 Конструктивные элементы	8
1.2 Машинный зал	11
1.3 Система освещения машинного зала	12
1.4 Анализ проблем существующей системы	19
2 Выбор энергоэффективных источников света	21
2.1 Выбор производителя	21
2.2 Выбор типа и марок светильников	25
2.3 Светотехнический проект	30
3 Система управления	37
3.1 Система управления группами светильников	37
3.2 Диммирование источников света	40
3.3 Разновидности систем Диммирования	41
3.4 Расчет мощности и потребляемой энергии системы освещения	47
4 Выбор кабельной продукции системы питания	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

ВВЕДЕНИЕ

Современную жизнь невозможно представить без электричества, этот тип энергии используется человечеством наиболее полно. Электричество в наше время – это основа комфортной жизни, поэтому человечество нуждается в его постоянной выработке. Электрическая энергия – это способность электромагнитного поля совершать работу под действием приложенного напряжения в технологическом процессе её производства, передачи, распределения и потребления [3].

Для этих целей возводятся различного рода электростанции, способные с помощью генераторов вырабатывать мегаватты электричества. В основе этого процесса лежит преобразование механической (энергия падающей воды на ГЭС), тепловой (сжигание углеродного топлива – каменного и бурого угля, торфа на ТЭЦ) или межатомной энергии (атомного распада радиоактивных урана и плутония на АЭС) в электрическую. Любой технологический процесс получения электрической энергии подразумевает однократное или многократное преобразование различных видов энергии [6]. При этом энергия, непосредственно извлекаемая в природе (энергия топлива, воды, ветра, и т. д.), называется первичной. Энергия, получаемая человеком после преобразования первичной энергии на электростанциях, называется вторичной (электрическая энергия, энергия пара, горячей воды и т. д.).

В данной бакалаврской работе речь пойдет о Жигулевской гидроэлектростанции, которая в свою очередь преобразует энергию движения воды в электроэнергию. Возведение плотины на Волге в районе Жигулей самарские инженеры добивались еще перед первой мировой войной, в 1910 году. Правда, тогда попытки использовать на благо людей волжскую энергию не нашли поддержки у правителей Самары. Первый единый государственный перспективный план развития народного хозяйства страны на основе электрификации был разработан Государственной комиссией по электрификации России (ГОЭРЛО) в 1920 году. В начале

тридцатых группой авторов предложена схема реконструкции Волги с целью использования ее энергетических ресурсов, решения транспортных и ирригационных проблем. В 1937-38 годах, после решения правительства о строительстве Куйбышевского гидроузла, был подготовлен проект гидроэлектростанции на Самарской Луке. Первый агрегат введен в эксплуатацию 29 декабря 1955 года. Этот день считается днем рождения Жигулевской гидроэлектростанции. В ту пору она носила имя Куйбышевской ГЭС. Последний, 20-й, гидроагрегат введен в строй в октябре 1957 года [9].

Значение Жигулевской ГЭС огромно, это дешевая, чистая, электроэнергия. Вода является возобновляемым источником, поэтому работе гидроэлектростанции не грозит нехватка ресурсов. Жигулевская ГЭС широко влияет на развитие страны и регионов, в частности, на Самарскую область, гидроэлектростанция – это производственное предприятие, оно создает много рабочих мест, куда люди могут пойти работать, после получения должного образования.

В настоящее время в России особое внимание уделяется проблеме энергосбережения. В частности, в ноябре 2009 г. был принят Федеральный закон № 261 – ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности" [30].

Актуальность бакалаврской работы заключается в повышении энергетической эффективности системы освещения машинного зала Жигулёвской ГЭС. Цель данной работы заключается в более рациональном и экономичном потреблении электроэнергии гидроэлектростанцией на собственные нужды. Также реконструкция системы освещения машинного зала позволит создать более комфортные условия для эксплуатационного персонала гидроэлектростанции.

1 Краткая характеристика объекта проектирования

Жигулёвская ГЭС находится в г. Жигулёвске, который расположен на территории Самарской области. Отличительной особенностью Жигулёвской ГЭС является то, что она занимает второе место по мощности Волжско-Камского каскада. Одной из основных задач гидроэлектростанции является быстрый отклик на неравномерность графика нагрузки в Единой энергетической системе России. Местоположение представлено на рисунке 1.1

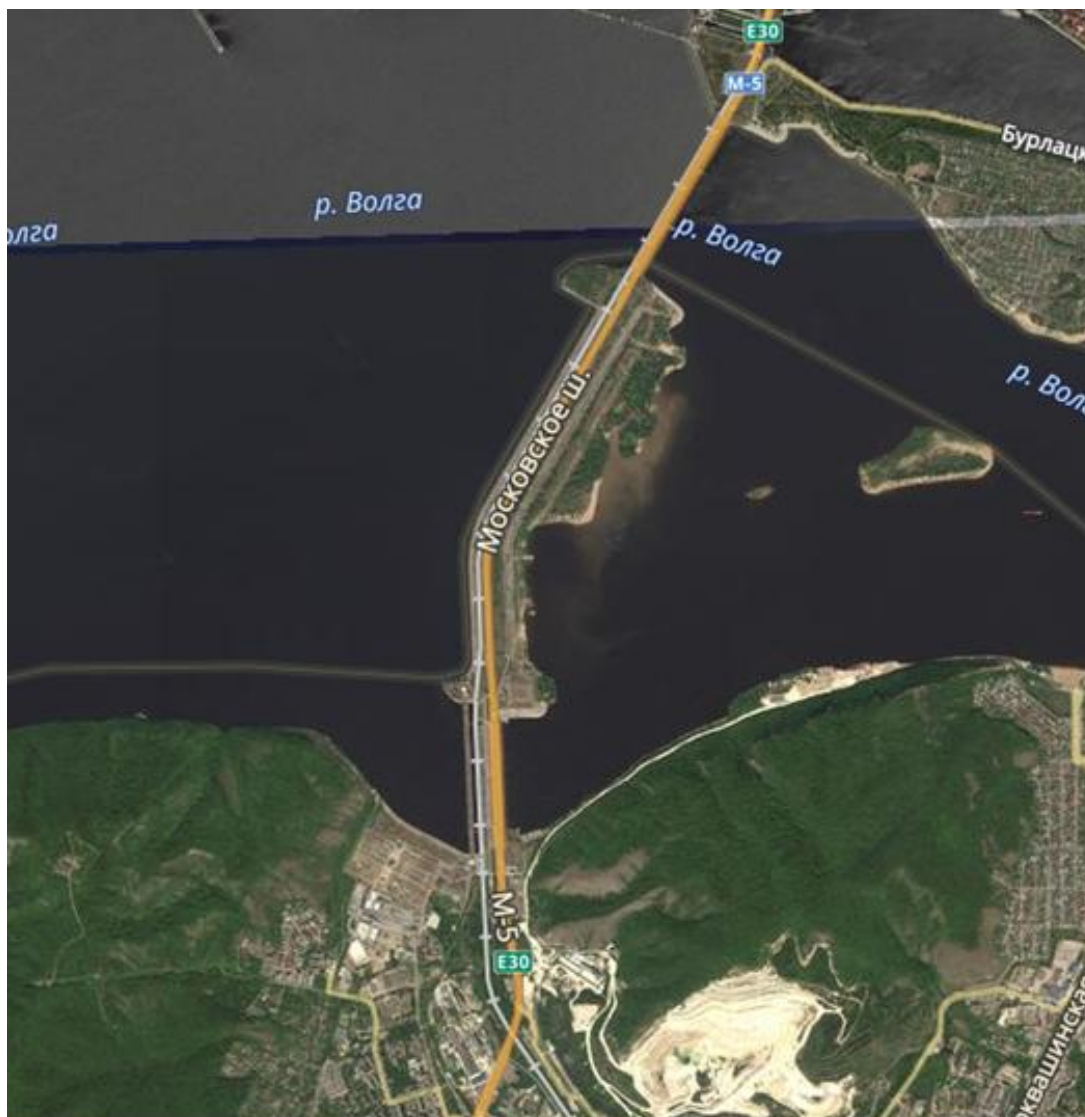


Рисунок 1.1 – Местоположение Жигулевской ГЭС на карте

В состав основных сооружений гидроузла входят: здание гидроэлектростанции, водосливная плотина, земляная плотина, судоходные сооружения, открытые распределительные устройства напряжением 500, 220 и 110 кВ. Через сооружения гидроузла проходят двухпутная железнодорожная магистраль и автомобильная дорога.

Собственником Жигулёвской ГЭС является ПАО «РусГидро», одной из подрядных организаций является АО «Гидроремонт-ВКК», которая в городе Жигулевске выполняет работы по ремонту, техническому обслуживанию и реконструкции основного и вспомогательного энергетического оборудования, а также сооружений, зданий и помещений.

Со времен ввода гидрогенераторы Жигулевской ГЭС совершенствуются - была произведена реконструкция турбинного оборудования, подпятника, статора, что позволяло улучшать характеристики гидроагрегата, а последняя реконструкция всего оборудования станции ведет к повышению ее суммарной мощности, безаварийной работы станции, и облегчает эксплуатацию оборудования. На данный момент мощность Жигулевской ГЭС составляет 2488 МВт.

1.1 Основные конструктивные элементы объекта

Здание гидроэлектростанции совмещенного типа расположено на правом берегу реки. Оно состоит из десяти двухагрегатных секций с донными водосбросами над отсасывающими трубами. Наличие таких водосбросных устройств позволило на одну треть уменьшить длину водосливной плотины. В машинном зале установлены 20 гидроагрегатов мощностью 125,5 и 120 МВт с поворотно-лопастными турбинами (диаметр рабочего колеса 9,3 м) и генераторами зонтичного типа (диаметр ротора 14,3 м, статора 17,1 м) [11].

Общая длина здания ГЭС с монтажной площадкой 730 м, ширина 100 м, высота от подошвы до кровли 80 м. Строительный объем здания ГЭС 4500

тыс. м3. Специальная пристройка к зданию ГЭС со стороны нижнего бьефа осуществлена для выравнивания перепада напряжений под зданием ГЭС и водобоем и предупреждения пластического выпора грунта из-под подошвы сооружения. Здание Жигулевской ГЭС представлено на рисунке 1.2



Рисунок 1.2 – Здание Жигулевской ГЭС

Основная задача водохранилища – обеспечение регулирования расходов воды на Волге, глубоководное судоходства, орошение заволжских городов и предприятий [25]. Протяженность водохранилища 580 километров, ширина у ГЭС около 6 км, наибольшая – 38 км в устье реки Кама. Площадь водохранилища 6450 км², объём – 58 км³ Средняя глубина по водохранилищу около 9 метров.

Водосливная плотина предназначена для пропуска воды в период весеннего половодья. Основание бетонной водосливной плотины сложено мощными отложениями аллювиальных песков с мелкими линзами гравия и

супеси. Длина ее равна 1 километру, ширина фундаментной плиты 53 м., высота от основания до верха 40 метров. Плотина состоит из 38 водосливов, через которые весной проходит вода во время паводка. В остальное время года водосливы закрыты затворами (стальными щитами – 17- тонн каждый). Во время паводка через плотину вода проходит со скоростью примерно 12 000-16 000 кубометров в секунду. Жигулевская ГЭС способна пропустить 70 600 кубометров воды в секунду, предельная отметка уровня воды в верхнем бьефе Куйбышевского водохранилища – 53,3 м, в нижнем – 34,5 м.

Земляная плотина расположена между зданием ГЭС и водосливной плотиной и намыта из местных мелкозернистых песков. Длина плотины 2800 м, ширина по основанию около 600 м, наибольшая высота в русловой части 50 м. Верховой откос в пределах колебаний горизонтов воды укреплен железобетонными плитами. Низовой откос плотины в наводной части закреплен щебнем. Ширина плотины по верху 85 метров, по основанию (дну реки) до 500 метров. Высота ее в русле реки 45-50 метров, над Телячьим островом около 28 метров.

Судоходные сооружения находятся на левобережной пойме. Общая протяженность судоходной трассы составляет 13,5 м. В составе судоходных сооружений имеются два двухниточных одноступенчатых большекамерных шлюза с подходными каналами, разделенных промежуточной акваторией.

Верхние шлюзы входят в напорный фронт гидроузла. Промежуточный бьеф шлюзов представляет акваторию длиной 3800 м и шириной до 600 м. На северном берегу промежуточного бьефа располагается судоремонтный завод. В верхнем бьефе гидроузла находится крупный механизированный порт. Акватория порта ограждена земляными дамбами [23].

В результате сооружения Жигулевской гидроэлектростанции решены крупные народнохозяйственные задачи:

- дешевая электроэнергия, вырабатываемая ГЭС, позволила развивать промышленность в близлежащих районах;

- улучшение электроснабжения многих центральных районов страны и Уральского промышленного района;

- энергия гидроэлектростанции, которая вырабатывается каждый год, позволяет экономить более 3 миллионов тонн топлива.

Отметим основные моменты, которые были решены после постройки водохранилища:

- заметные улучшения в судоходстве в среднем течении Волги;
- орошение тысячи гектаров засушливых земель;
- улучшение снабжения водой городов и населенных пунктов прилегающих районов;
- удалось снять угрозу наводнений.

1.2 Машинный зал Жигулевской ГЭС

Машинный зал Жигулёвской ГЭС имеет длину 600 метров, ширину 23,5 м., высоту от пола до крыши 35 метров. За стенами машинного зала расположены: со стороны водохранилища – щитовое отделение верхнего бьефа; со стороны нижнего бьефа – помещение распределительных устройств, над которыми находится площадка с силовыми повышающими трансформаторами.

В здании гидростанции установлено 20 гидроагрегатов: 16 гидроагрегатов мощностью 125,5 МВт и 4 гидроагрегата мощностью 120 МВт, вырабатывающие электроэнергию, используя перепад воды гидроузла.

Все гидроагрегаты имеют быстродействующую тиристорную систему возбуждения главного и вспомогательного генератора с воздушным охлаждением тиристоров главного генератора [17].

Принцип работы гидроагрегата жигулевской ГЭС: вода водохранилища по двум водоводам общим сечением 200 квадратных метров поступает в спиральную камеру, охватывающую круговой опорный конус и направляющий аппарат турбины, затем между его лопатками направляется на

рабочее колесо турбины, давит на лопасти и вращает агрегат со скоростью 68,2 оборота в минуту. На общем валу с турбиной находится ротор генератора, при вращении которого в генераторе создается электродвижущая сила. Со статора снимается ток до 5350 ампер с напряжением 13,8 киловольт.

На рисунке 1.3 изображен машинный зал Жигулевской ГЭС.

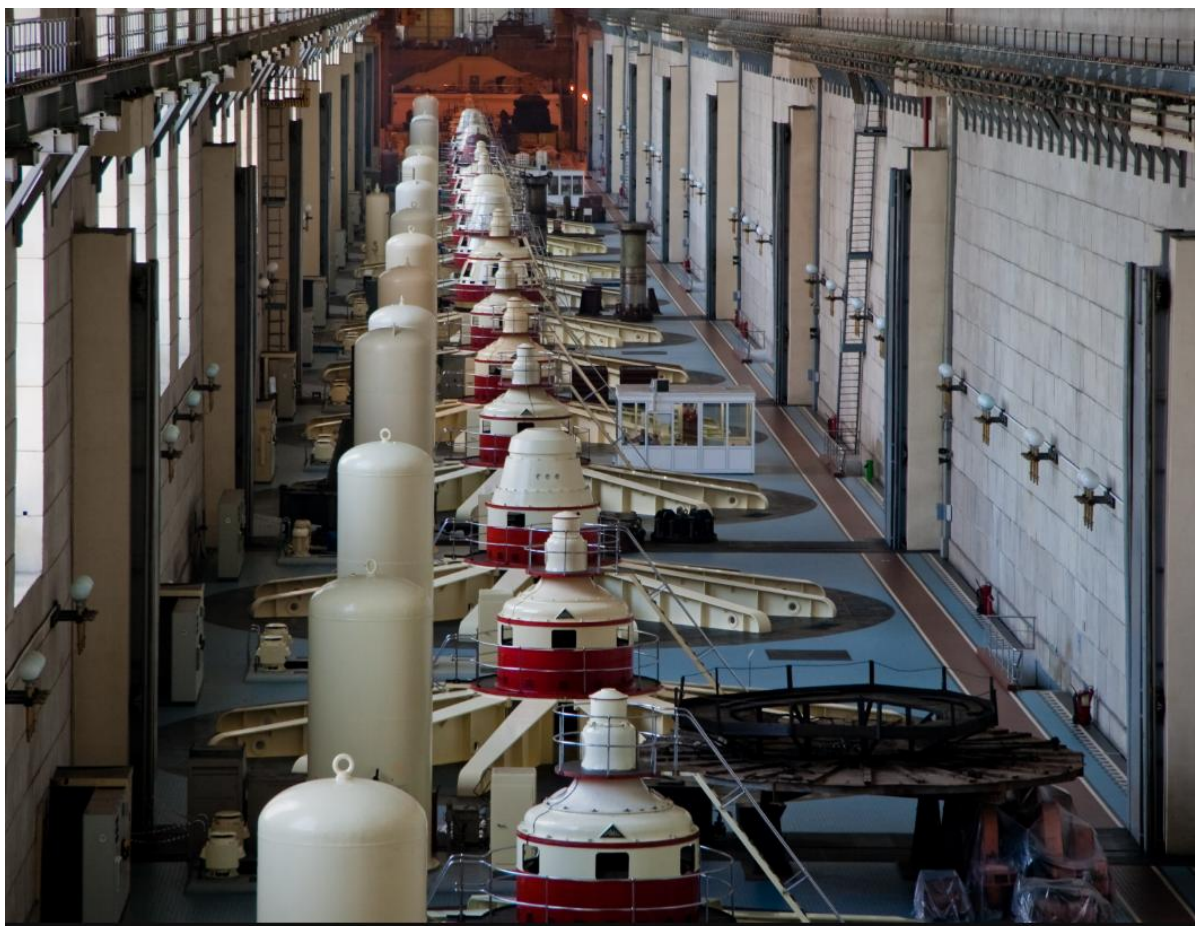


Рисунок 1.3 – Машинный зал Жигулевской ГЭС

1.3 Система освещения машинного зала

В настоящее время в машинном зале система освещения состоит из 520 источников света – это светильники, которые испускают жёлтый свет, которые работают круглый день в период малой солнечной активности, при достаточной естественной освещенности светильники отключаются днем, кроме потолочного освещения, которое находится в работе постоянно.

Включение осуществляется вручную, эксплуатационным персоналом гидроэлектростанции, аварийное освещение находится в работе постоянно.

Система освещения разделана на два вида:

- боковое освещение (настенное);
- потолочное освещение.

Начнем с бокового освещения машинного зала. В качестве настенного освещения используются светильники ЖТУ с лампами ДНаТ мощностью 100 Вт, данные светильники питаются от номинального напряжения сети 220В. Количество светильников в одной секции – 30 шт. Полностью настенное освещение состоит из 300 светильников. Светильники, расположенные на стене, устанавливаются на кронштейны на высоте 3-5м, в вертикальном положении, шаг между кронштейнами составляет 25-30 см. Все группы светильников подключаются к щитам освещения.

На рисунке 1.4 представлены светильники ЖТУ с лампами ДНаТ, которые установлены на стенах в качестве источников света в машинном зале Жигулевской ГЭС.



Рисунок 1.4 – Светильники ЖТУ с лампами ДНАТ

Лампы ДНаТ – это натриевые лампы в виде трубок, внутри которых находится газовый разряд. Источником света в газоразрядных лампах является испарение натрия. Эти лампы излучают яркий оранжевый цвет, что расценивается как минус, потому что качество цветопередачи неприемлемое. Их изготовление сопряжено с некоторыми сложностями, так как из-за химической активности натриевых паров приходится делать двойную колбу, причем внутренняя изготавливается из керамики на алюминиевой основе. Изучив лампы данного типа, можно вынести основные достоинства этих ламп:

- лампы данного типа являются энергоэффективными, но не достаточно, если сравнивать со светодиодными аналогами;
- из-за того, что в колбе не содержатся пары ртути, то натриевые лампы являются экологически безопасными;

Основные недостатки этих ламп:

- качество цветопередачи находится на низком уровне;
- натриевые лампы довольно чувствительны к перепадам напряжения и для того чтобы прослужили действительно долго, необходимо обеспечить подачу электричества к ним с колебаниями напряжения не более 5-10%;
- необходимость в дополнительном оборудовании. Схема их подключения в обязательном порядке предусматривает ПРА - пускорегулирующую аппаратуру;

Настенное освещение машинного зала представлено на рисунке 1.5

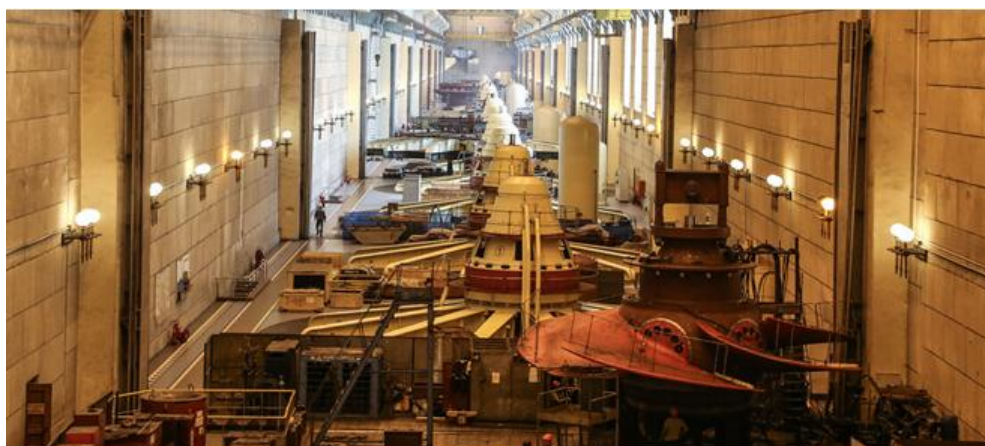


Рисунок 1.5 – Настенное освещение машинного зала

Потолочное освещение машинного зала состоит из светильников ДНаТ-400. Количество светильников – 22шт на одну секцию.

Всего светильников установленных на потолке 220шт. Светильники установлены в два ряда, расстояние между каждым светильников составляет 6 м. Потолочное освещение машинного зала изображено на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Потолочное освещение машинного зала

Натриевые лампы ДНаТ 400 подключаются специальным образом: в первую очередь, для этого необходимы специальный пускорегулирующий аппарат (или иначе — электромагнитный/электронный балласт) и импульсно-зажигающее устройство (ИЗУ) [10]. На каждую секцию предусмотрено 22 шт. импульсно-зажигающих устройств.

Схема подключения ламп через ИЗУ представлено на рисунке 1.7

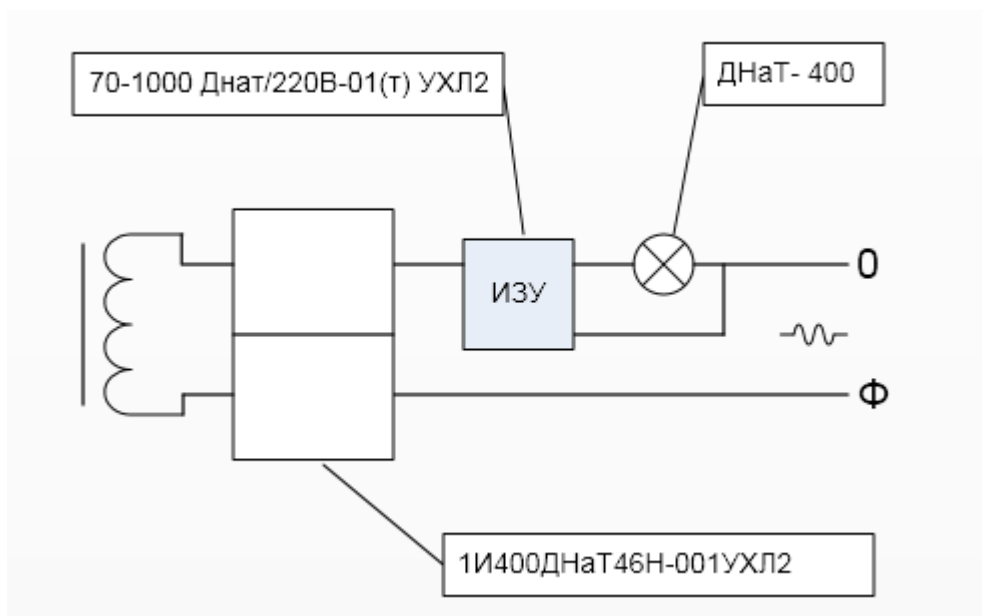


Рисунок 1.7 – Схема подключения потолочного освещения

Эффективность натриевых ламп прямо зависит от температуры окружающей среды, что также ограничивает их применение - в холодную погоду они светят хуже.

Стоит отметить, что при изменении питающего напряжения у ламп ДНаТ 400 значительно меняется не только напряжение работы лампы, но и другие ее параметры.

Также нельзя забывать про естественное освещение. В машинном зале установлены огромные окна, в два яруса, днем, когда светит солнца, естественного освещения более чем достаточно, чтобы осветить весь машинный зал и обеспечить нормальные условия для работы эксплуатационного персонала.

На рисунке 1.8 изображены окна естественного освещения машинного зала. На данном изображении видно, что на 1 секцию приходится 4 окна нижнего яруса со стороны нижнего бьефа и по 4 окна второго яруса со стороны верхнего и нижнего бьефа гидроэлектростанции.

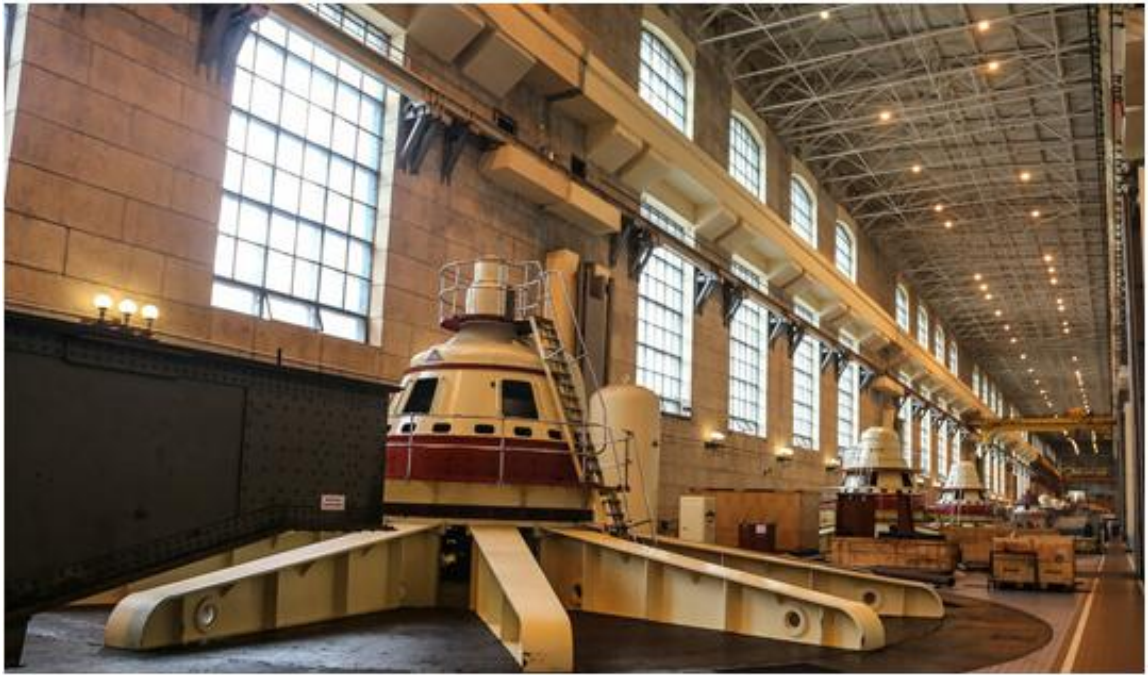


Рисунок 1.8 – естественное освещение машинного зала

Основное питание рабочего освещения осуществляется с щита освещения каждого энергоблока, щиты освещения получают питание с ячейки КРУ-10кВ-I(II) секции. Через понижающий трансформатор на шину приходит напряжение 0,4 кВ. Схема питания рабочего освещения изображена на рисунках 1.9-1.10. На рисунке 1.10 подписаны электрические аппараты, которые установлены в силовом щите.

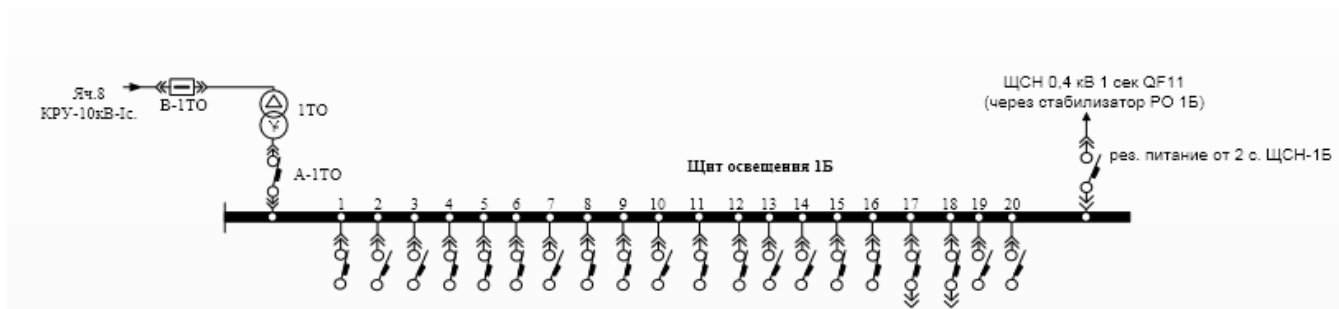


Рисунок 1.9 – Схема питания рабочего освещения

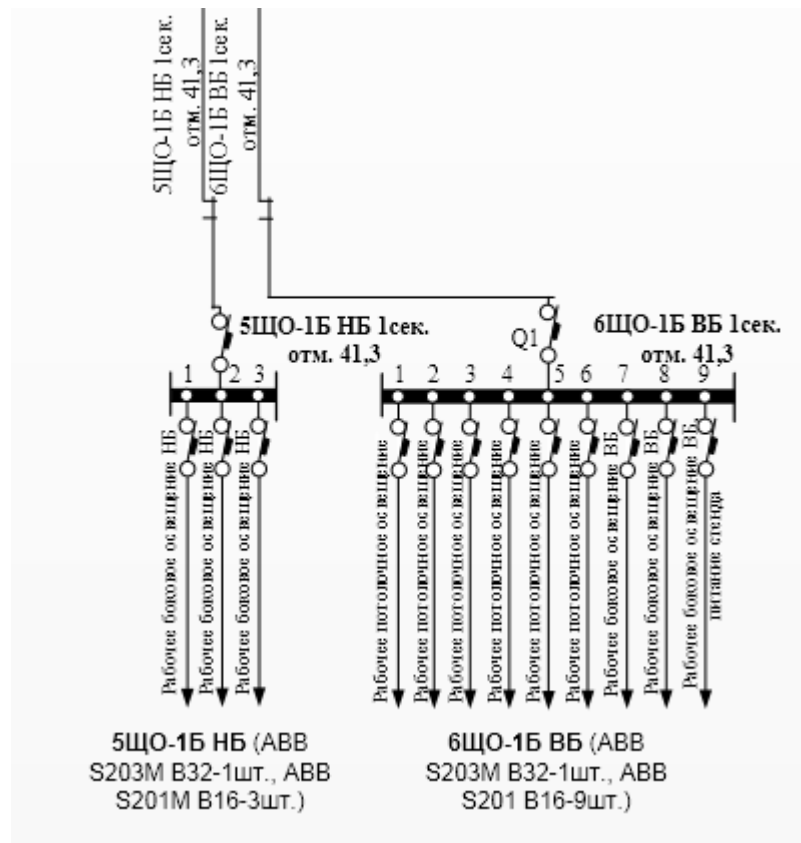


Рисунок 1.10 – Схема щитов освещения рабочего освещения машинного зала

Рассмотрим схему питания аварийного освещения. Станция аварийного освещения (САО) предназначена для обеспечения бесперебойного питания сети аварийного освещения по 1-й категории надежности. Устройство и принцип работы САО. Станция аварийного освещения представляет собой металлический шкаф с собранной внутри схемой автоматического ввода резерва от трех независимых источников питания, первые два ввода осуществляют питание от сети переменного напряжения, третий ввод – от сети постоянного напряжения через инвертор [18].

Питание САО электроблоков 1-8 Б здания ГЭС осуществляется от:

- ввод №1 – от 1 секции ЩСН – 0,4кВ соответствующего электроблока;
- ввод № 2 – от ЩО соответствующего электроблока;
- ввод № 3 – от 1 секции ЩПТ соответствующего электроблока.

На рисунке 1.11 представлена схема аварийного освещения машинного зала.

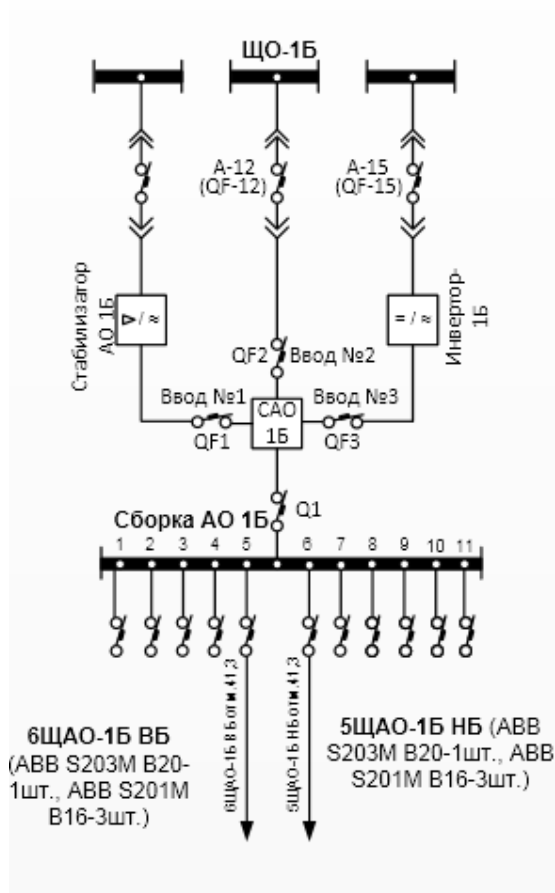


Рисунок - 1.11 Схема аварийного освещения машинного зала

1.4 Анализ проблем существующей системы

Основываясь на вышеперечисленном материале можно сделать вывод о том, что применение данного источника света является не энергоэффективным, так как существуют более энергоэффективные светильники светодиодного освещения, которые в свою очередь потребляют меньше электроэнергии и дают больший световой поток, нежели чем лампы ДНаТ.

Цвет света который испускают данные источники света не является лучшим решением для осуществления технологического процесса. Желтый свет утомляет человека, из-за того, что имеет искажение, также он издает

блики, которые существенно влияют на рабочую деятельность эксплуатационного персонала и на эмоциональное состояние.

Также стоит отметить такой момент, что источников света 520 шт. Из-за такого количества светильников идет большой расход электроэнергии на собственные нужды электростанции [5].

Основываясь на вышеперечисленном анализе проблем, был составлен список задач, которые нужно решить в данной дипломной работе:

- заменить данные источники света на новые (Разработать способы повышения энергоэффективности источников света);
- разработать систему управления освещением;
- выбрать кабельную продукцию системы питания.

2 Выбор энергоэффективных источников света

Первым целесообразным решением будет смена источников света, которые испускают желтый свет на источники света, которые испускают холодный белый из-за того, что белый свет практически не искажается и имеет приятный цветовой спектр. Также свет холодного цветового спектра создает рабочее настроение и приятное эмоциональное состояние. В машинном зале, имеется наличие естественного освещения, которое поступает через двухуровневые окна, в момент когда это происходит, не обязательно использовать все светильники искусственного освещения, чтобы просто так не тратить электроэнергию, именно для этой экономии в дальнейшем разработаем систему управления. Данное мероприятие позволит повысить энергоэффективность использования светильников и снизить затраты электроэнергии на освещение. В настоящий момент самыми энергоэффективными являются светодиодные лампы, которые дают освещение, максимально приближенное к естественному белому свету, у ламп данного типа отсутствует коэффициент пульсации и испускаемый свет не искажается, поэтому целесообразно устанавливать их [19]. Начнем с выбора производителя светодиодных ламп для освещения машинного зала.

2.1 Выбор производителя

Изучив рынок светотехнического производства, был собран список наиболее распространённых и надежных производителей светодиодных светильников:

- Светодиодные светильники ALB;
- Светодиодные светильники Diodex;
- Светодиодные светильники LuxON;
- Светодиодные светильники TechnoLux;
- Светодиодные светильники Световые Технологии;

- Светодиодные светильники LEDeffect.

Раскроем достоинства и недостатки каждой компании, начнем с ALB:

Данное оборудование обладает отличными световыми показателями, простотой в обслуживании, экономичностью, надежностью. С целью повышения надежности, улучшения световых показателей используются светодиоды Seoul Semiconductor (Ю.Корея), Osram (Германия), а также инновационные драйверы защиты от высоковольтных бросков.

Основные разновидности световой продукции:

- уличные светодиодные прожекторы;
- осветительная техника для автодорог;
- линейные Led-светильники;
- светодиодные лампы;
- приборы для подсветки архитектурных элементов.

Следующая компания Diodes:

Компания DIODEX основана в 2007 года и в настоящее время имеет репутацию надежного производителя и поставщика светодиодной техники. Осветительное оборудование этой марки выпускается на основе diodes инновационных решений с применением комплектующих от ведущих компаний. Каждая модель проходит весь цикл испытания, начиная от фотометрических замеров и, заканчивая сертификацией в соответствии с законодательством России.

Основные векторы развития светодиодных светильников DIODEX

- разработка, производство уличных светодиодных светильников;
- изготовление осветительной техники для ЖКХ;
- готовые решения для промышленных объектов;
- медицинские, офисные, торговые светильники.

Затем отметим достоинства компании «Светодиодные светильники LuxON», которая по праву занимают достойное место на российском рынке

LED техники. Приоритетными целями компании являются разработка и производство энергоэффективных световых решений высокого качества по демократичным ценам. Выпускаемые предприятием офисные, промышленные, уличные и ВЮ светильники обладают высокой светоотдачей при малой энергоемкости, долговечностью и надежностью.

Основные преимущества светодиодных светильников LuxON

- теплопроводные корпуса;
- ударопрочные светорассеиватели;
- защита от импульсов напряжения, короткого замыкания;
- минимальная пульсация светопотока (не более 1%);
- оптимальное соотношение потребляемой энергии к мощности потока света.

Светодиодные светильники TechnoLux:

С момента основания предприятием было выпущено более 15-ти technolyuks миллионов приборов различных модификаций. Использование инновационных Led-технологий, комплектующих, качественных материалов позволили компании наладить полный цикл изготовления светильников, которые отличаются высокой светоотдачей при малой энергоемкости.

Основной модельный ряд светодиодных светильников TechnoLux

- производственные приборы с различными рефлекторами;
- накладные, встраиваемые модели под лампу T8;
- эвакуационные указатели;
- пыле - влагозащищённые модели для промышленных объектов, площадей ЖКХ.

Светодиодные светильники Световые Технологии:

Группа компаний «Световые технологии» - современный производитель энергоэффективных световых решений на пространствах России и СНГ. В настоящее время линейка продукции включает в себя более

3000 модификаций светодиодных светильников для подсветки спортивных, административных, торговых сооружений, автодорог, офисных пространств, производственных объектов. Весь ассортимент отличается от аналогов превосходным качеством, надежностью, экономичностью.

Уникальные особенности светильников Световые технологии

- мгновенное включение;
- продуманная конструкция;
- эффективный теплоотвод;
- широкий диапазон температур;
- устойчивость к колебаниям напряжения;
- долговечность.

Вся продукция компании соответствует стандартам, обладает необходимыми сертификатами качества.

Светодиодные светильники LEDeffect:

Успешно продвигаясь с 2010 года в области производства светодиодных светильников, компания LEDeffect сегодня считается одним из лидеров отрасли. Светодиодные светильники LEDeffect представлены широкой линейкой различных модификаций, позволяющих организовывать экономичное эффективное освещение на промышленных, коммерческих и муниципальных объектах.

Световые приборы LED этого бренда активно применяется для монтажа систем освещения на следующих объектах:

- улицы, стоянки и магистрали;
- промышленные цеха и строительные площадки;
- общественные и торговые здания;
- дома и придомовые территории

Производственные процессы этой компании сертифицированы в рамках международного стандарта ISO:9001. Изготавливаемое осветительное

оборудование комплектуется японскими светодиодами «NICHIA», которые считаются лучшими изделиями в своём классе.

В результате сравнения производителей, выбор был сделан в пользу компании «Световые технологии», так как есть огромный выбор светильников для производственных объектов, в свою очередь, весь ассортимент компании обладает высоким качеством производства, надёжностью и экономичностью, по сравнению с другими компаниями. Также компания уже много лет занимает лидирующие позиции на отечественном рынке. Светильники данной компании отличаются высокими техническими параметрами, а самое главное, что их можно программировать с помощью драйвером и контроллеров, чтобы в дальнейшем подобрать систему управления [27].

2.2 Выбор типа и марок светильника

Основным документом для правильного выбора светильников является СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [2]. После изучения данного документа были сформулированы основные критерии для выбора светильников, которыми являются:

- создание нормированной освещённости помещения;
- качество освещение, которое включает в себя: равномерность освещения, направление света, ограничение пульсаций освещение и ограничение прямой и отраженной блескости;
- удобство монтажа групповой сети;
- безопасность и удобный доступ к светильникам для обслуживания.

Светодиодное освещение - одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источника света [4].

В качестве потолочного освещения был выбран светильник HB LED LOGISTIC 225 5000K компании «Световые технологии». Светильник представлен на рисунке 2.1



Рисунок 2.1 – Светильник HB LED LOGISTIC 225 5000K

Данные светильники предназначены для эксплуатации в промышленном производстве. Они обеспечивают равномерную засветку рабочей поверхности и вертикальных поверхностей.

Крепление на поверхность потолка осуществляется с помощью лиры. HB LED 225 - светильник состоит из трех светодиодных модулей, соединяющихся кронштейном и элементом подвеса (лиры). Линзы из поликарбоната.

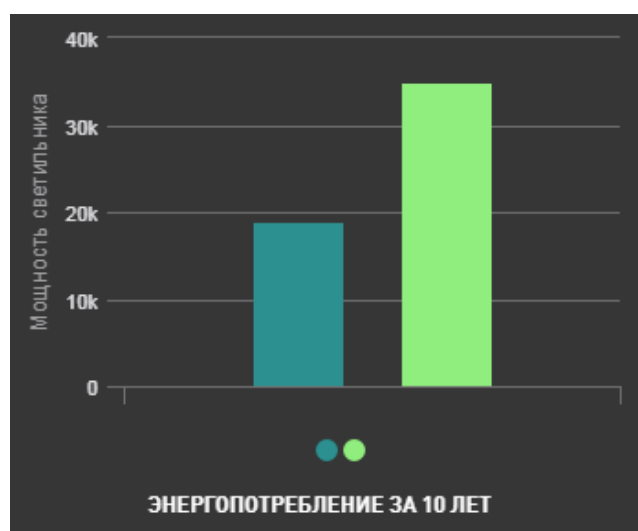


Рисунок 2.2 - Сравнение данного светильника с нынешним

На рисунке 2.2 видно, что энергопотребление за 10 лет у светильника HB LED LOGISTIC 225 5000K, при условии работы 24 часа в день составляет 19009 кВт, а у нынешнего светильника ДНаТ 400 – 35040 кВт. Экономия за 10 лет составляет 46%.

Технические характеристики данного светильника приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Технические характеристики светильника HB LED LOGISTIC 225 5000K

Световой поток	25000 лм
Мощность светильника	217 Вт
Энергоэффективность	115 лм/Вт
Индекс цветопередачи (CRI)	>70
Цветовая температура	5000 К
Коэффициент мощности (cos φ)	> 0,96
Напряжение	230 В
Класс защиты от поражения током	II
Температурный режим	от -50 до +55 С
Класс пожароопасности	II-II
Коэффициент пульсации	<1%
Степень защиты (IP)	IP66
Ударопрочность	IK10/20 Дж
Класс энергоэффективности	A+

В качестве настенного освещения был выбран светильник INOX LED 80 (GL/SS) 5000K компании «Световые технологии». Светильник представлен на рисунке 2.3



Рисунок 2.3 – Светильник INOX LED 80 (GL/SS) 5000K

Данные светильники предназначены для тяжелых условий эксплуатации. Фиксация на опорную поверхность - стену производится с помощью скобы. Корпус светильника - штампованный из листовой нержавеющей стали толщиной 0,8 мм. Оптическая часть - защитное прозрачное терпированное силикатное стекло толщиной 5 мм.

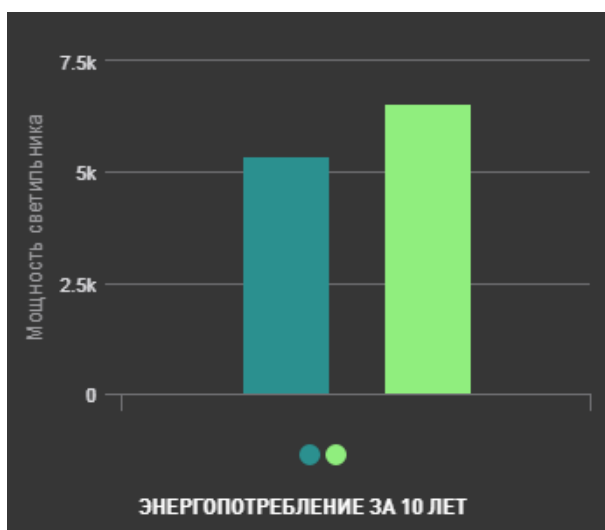


Рисунок 2.4 – Сравнение данного светильника с нынешним

На рисунке 2.4 видно, что энергопотребление за 10 лет у светильника INOX LED 80 (GL/SS) 5000K, при условии работы 18 часов в день составляет 5387 кВт, а у нынешнего светильника ДNaТ 100 – 6570 кВт. Экономия за 10 лет составляет 18%. В таблице 2.2 представлены технические характеристики данного светильника.

Таблица 2.2 – Технические характеристики светильник INOX LED 80 (GL/SS) 5000K

Световой поток	10000 лм
Мощность светильника	82 Вт
Энергоэффективность	122 лм/Вт
Индекс цветопередачи (CRI)	>80
Цветовая температура	5000 К
Коэффициент мощности (cos φ)	> 0,97
Напряжение	230 В
Класс защиты от поражения током	I
Температурный режим	от -60 до +40 С
Класс пожароопасности	II-I,II,IIa
Коэффициент пульсации	<1%
Степень защиты (IP)	IP65
Ударопрочность	IK08/6,5 Дж
Класс энергоэффективности	A+

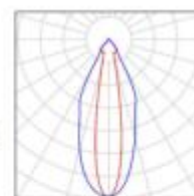
2.3 Светотехнический проект

Для бокового освещения машинного зала выбраны настенные светодиодные светильники «INOX LED 80 (GL/SS) 5000K». Для потолочного освещения выбраны светодиодные светильники «HB LED LOGISTIC 225 5000K».

Светотехнический расчёт производится в программе DIALux [28]. В качестве потолочного освещения принятые светильники располагаются в 2 ряда по 6 светильников, настенные светильники располагаются в 1 ряд в количестве 15 шт. Также программой был произведен расчет освещенности, который представлен на рисунке 2.8, на рисунках 2.5 – 2.12 изображен полный перечень документов, который включает:

- ведомость светильников;
- резюме помещения;
- план расположения светильников;
- список координат светильников;
- 3D – визуализацию помещения;
- фиктивные цвета помещения.

12 шт. Lighting Technologies HB LED 225 D50x20 5000K
№ изделия:
Световой поток (Светильник): 25000 lm
Световой поток (Лампы): 25000 lm
Мощность светильников: 217.0 W
Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 93 100 100 100 100
Комплектация: 1 x 25000 lm, 217 W
(Поправочный коэффициент 1.000).



30 шт. Lighting Technologies INOX LED 80 (GL/SS) 5000K
№ изделия:
Световой поток (Светильник): 10100 lm
Световой поток (Лампы): 10100 lm
Мощность светильников: 82.0 W
Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 52 86 99 100 100
Комплектация: 1 x 10100 lm, 82 W
(Поправочный коэффициент 1.000).

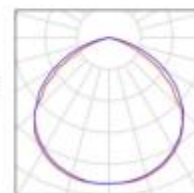
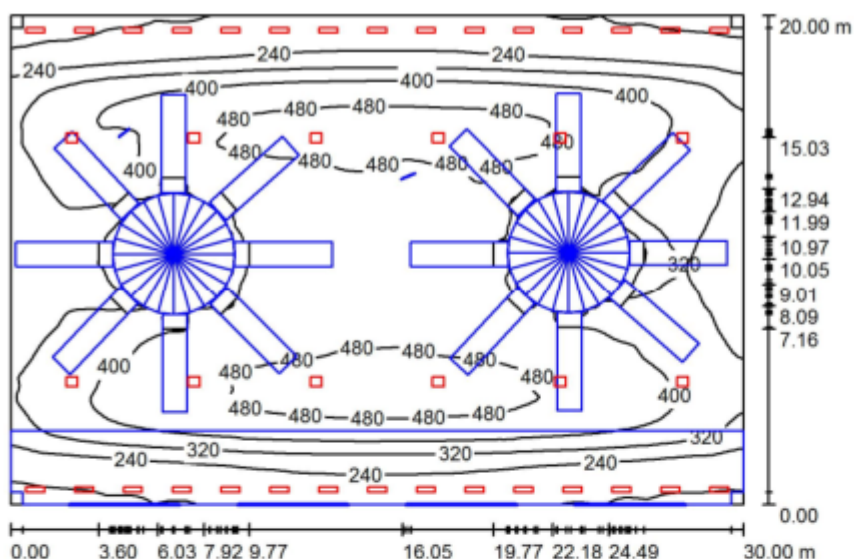


Рисунок 2.5 - Ведомость светильников



Высота помещения: 35.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80 Значения в Lux, Масштаб 1:257

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	362	119	511	0.329
Полы	27	272	12	476	0.043
Потолок	80	42	38	50	0.892
Стенки (4)	27	116	9.28	1063	/

Рабочая плоскость:

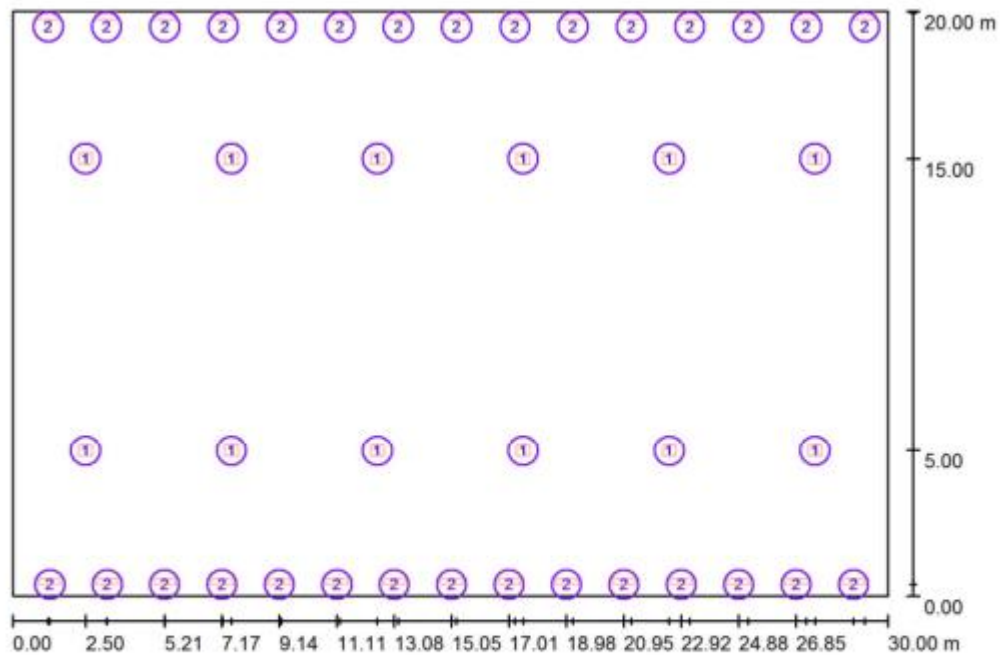
Высота: 0.850 m
 Растр: 128 x 128 Точки
 Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	12	Lighting Technologies HB LED 225 D50x20 5000K (1.000)	25000	25000	217.0
2	30	Lighting Technologies INOX LED 80 (GL/SS) 5000K (1.000)	10100	10100	82.0
Всего:			603000	603000	5064.0

Удельная подсоединенная мощность: 8.44 W/m² = 2.33 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 600.00 m²)

Рисунок 2.6 - Резюме



Ведомость светильников

Масштаб 1 : 215

№	Шт.	Обозначение
1	12	Lighting Technologies HB LED 225 D50x20 5000K
2	30	Lighting Technologies INOX LED 80 (GL/SS) 5000K

Рисунок 2.7 - План расположения светильников потолочного и бокового освещения

Общий световой поток: 603000 lm
 Общая мощность: 5064.0 W
 Коэффициент эксплуатации: 0.80
 Краевая зона: 0.000 m

Поверхность	Средние освещенности [lx]			Коэффициент отражения [%]	Средние Яркость [cd/m ²]
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	312	50	362	/	/
Полы	228	44	272	27	23
Потолок	6.45	36	42	80	11
Стенка 1	39	42	81	27	6.96
Стенка 2	101	45	146	27	13
Стенка 3	65	49	114	27	9.77
Стенка 4	94	47	141	27	12

Равномерность на рабочей плоскости
 E_{\min} / E_{cp} : 0.329 (1:3)
 E_{\min} / E_{\max} : 0.233 (1:4)

Удельная подсоединенная мощность: $8.44 \text{ W/m}^2 = 2.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 600.00 м²)

E_{cp} [lx]	E_{\min} [lx]	E_{\max} [lx]	E_{\min} / E_{cp}	E_{\min} / E_{\max}
362	119	511	0.329	0.233

Рисунок 2.8 - Светотехнический расчет

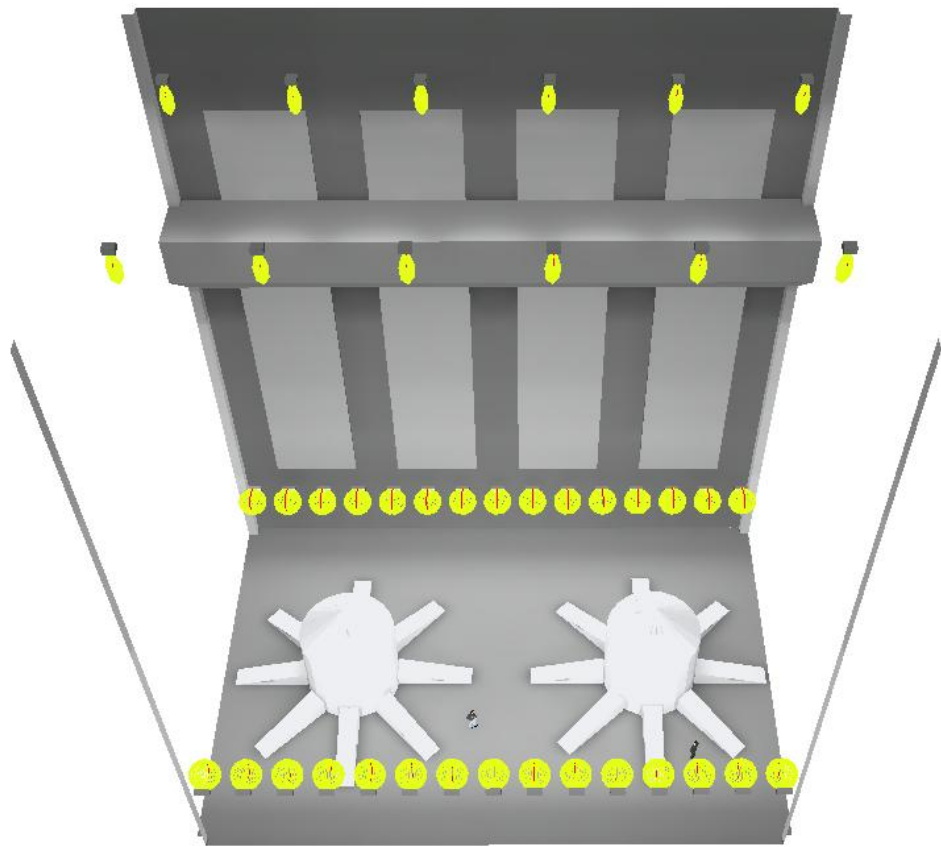


Рисунок 2.9 – 3Д визуализация

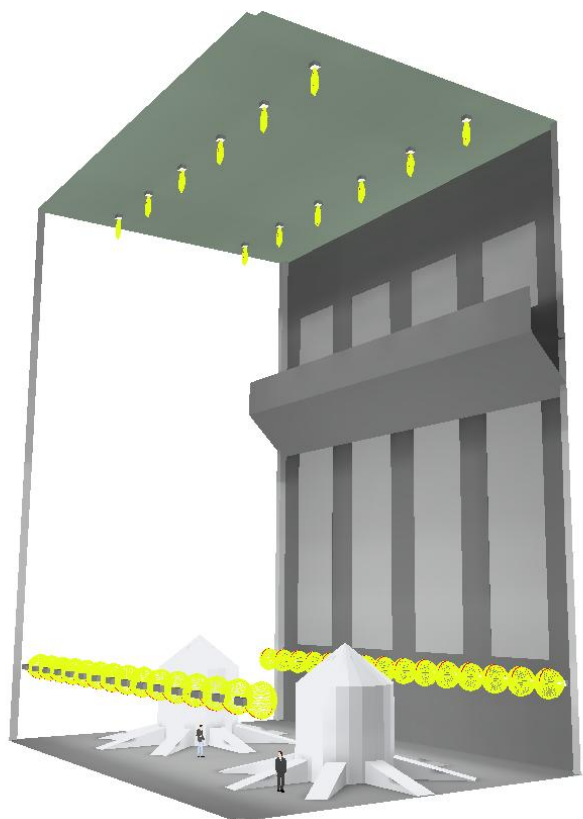


Рисунок 2.10 - 3Д визуализация
33

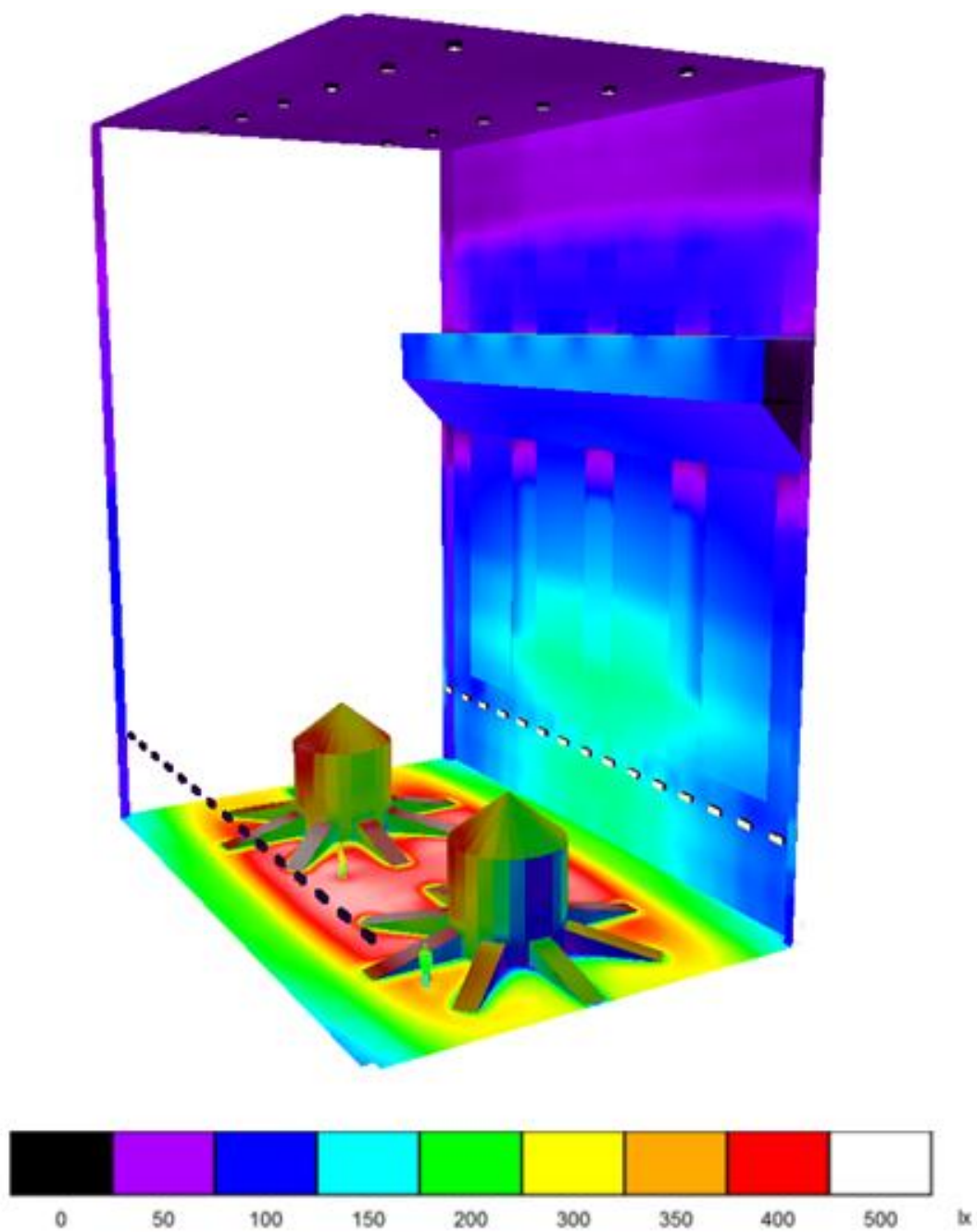


Рисунок 2.11 – Фиктивные цвета

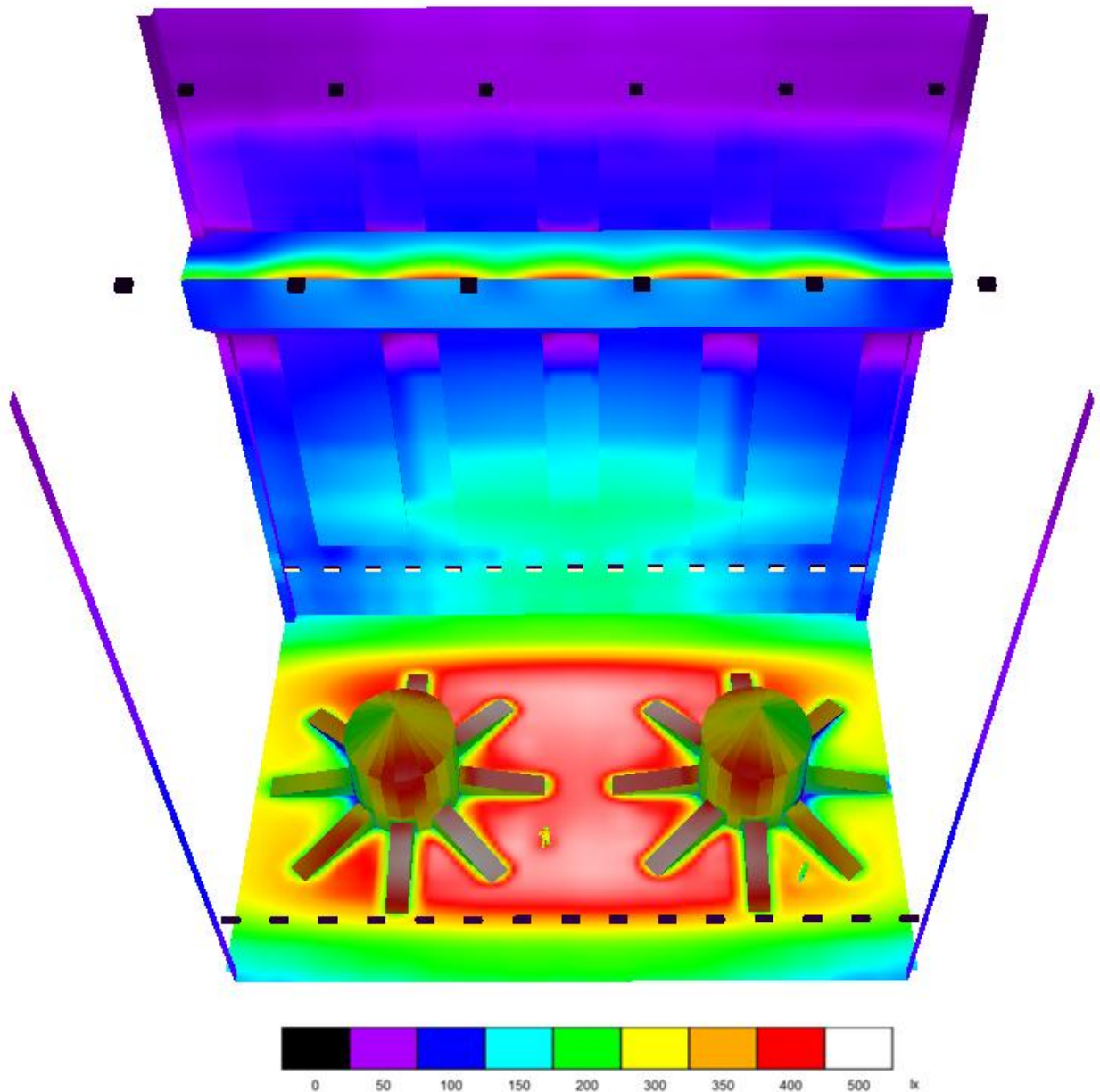


Рисунок 2.12 - Фиктивные цвета

В программе «DIALux» произведен светотехнический расчет для 1 секции машинного зала Жигулевской ГЭС. Найдем количество светильников, которые будут использоваться в качестве настенного освещения всего машинного зала по формуле 2.1.

$$N_{\text{бок}} = N_{\text{св}} \times N_{\text{сек}} = 30 \times 10 = 300 \text{ шт.}, \quad (2.1)$$

где

$N_{\text{св}}$ – количество светильников, шт;

$N_{\text{сек}}$ – количество секций, шт.

Теперь найдем количество светильников потолочного освещения машинного зала по формуле 2.2.

$$N_{\text{пот}} = N_{\text{св}} \times N_{\text{сек}} = 12 \times 10 = 120, \quad (2.2)$$

где

$N_{\text{св}}$ – количество светильников, шт;

$N_{\text{сек}}$ – количество секций, шт.

Теперь зная количество потолочных и настенных светильников, найдем общее количество светильников для всего машинного зала по формуле 2.3.

$$\begin{aligned} N_{\text{свмаш зал}} &= N_{\text{бок}} + N_{\text{пот}} = 300 + 120 \\ N_{\text{свмаш зал}} &= 420 \text{ шт.} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Итого по машинному залу:

Всего светильников 420шт, из которых:

- 300 светильников «INOX LED 80 (GL/SS) 5000K» мощностью 82 Вт;
- 120 светильников «НВ LED LOGISTIC 5000K» мощностью 217 Вт.

3 Система Управления

Система управления представляет комплекс задач, который позволяет использовать источники света в наиболее оптимальном режиме работы [12].

Основные достоинства каждой системы управления:

- экономия электроэнергии;
- улучшение комфортности освещения;
- повышение безопасности;
- увеличение срока службы источников света;
- функции мониторинга работоспособности осветительных приборов;
- функции диагностики и устранения неисправностей;
- функции полной или частичной автоматизации освещения;

Существуют различные системы управления освещением для повышения энергоэффективности использования источников света и снижению затрат, рассмотрим какие системы освещения существуют на данный момент и выберем одну из них для управления освещением машинного зала Жигулевской ГЭС [20].

3.1 Система управления группами светильников

Система управления состоит из датчиков несколько типов работы [26]. Все светильники рабочего освещения разделены на 3 группы. Для правильной работы необходимо установка датчиков естественной освещенности, которые реагируют на поток дневного света и отключают одну или несколько групп рабочего освещения машинного зала. Датчик естественной освещенности представляет собой фотореле, которое представлено на рисунке 3.1



Рисунок 3.1 – Фотореле

Также существуют различные виды датчиков, которые представлены на рисунке 3.2



Рисунок 3.2 – Виды датчиков естественной освещенности

Схема подключения датчика приведена на рисунке 3.3

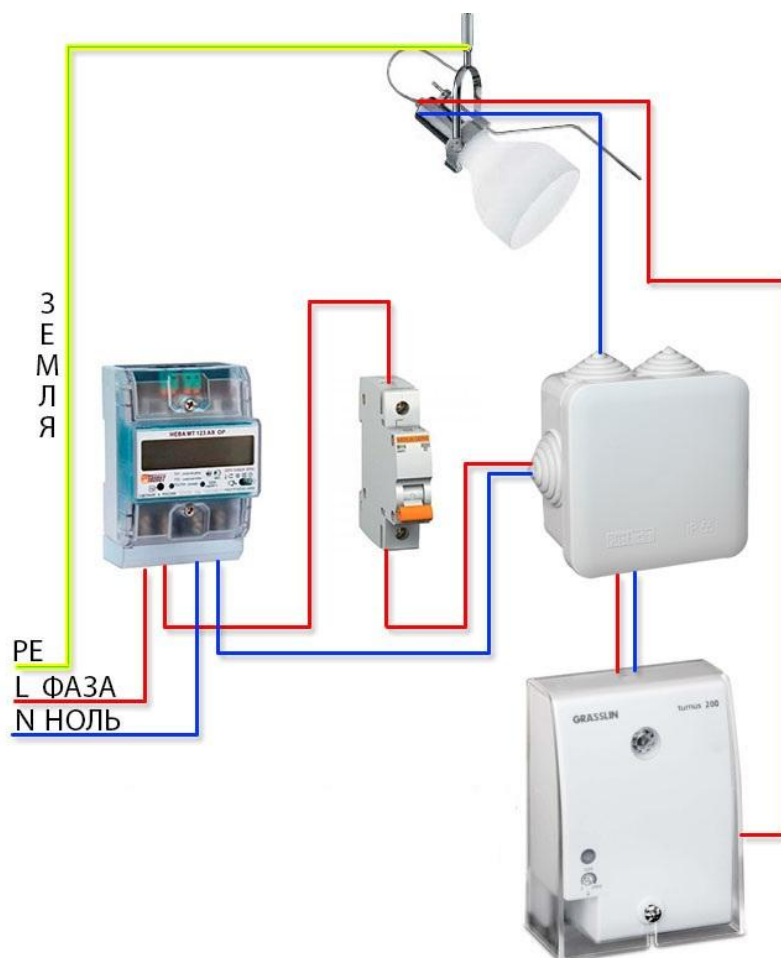


Рисунок 3.3 – Схема подключения

Принцип работы: при уменьшение потока естественного света датчик отправляет сигнал на реле, которое в свою очередь производит включение одной из трёх групп светильников рабочего освещения. При дальнейшем уменьшение естественного света с реле поступает следующий сигнал на включение второй группы светильников рабочего освещения, следующий сигнал поступит при полном отсутствие естественного света, после чего включатся все группы светильников рабочего освещения машинного зала.

3.2 Диммирование источников света

Диммирование - процесс управления интенсивностью света [8]. Современные диммируемые источники света далеко отошли от своих предков, однако назначение их осталось прежним - настройка яркости света, излучаемого светодиодами.

Диммирование яркости часто применяется в современных LED светильниках. Основные преимущества регулировки яркости освещения:

- возможность быстрого изменения яркости светильников;
- настройка яркости света продлевает срок эксплуатации светильников;
- диммирование уменьшает расход электроэнергии;
- диммирование светодиодных светильников осуществляется без каких-либо задержек;
- при изменении яркости освещения в источнике света, цветовая температура и цветопередача не теряют свои характеристики;
- регулировка яркости LED освещения позволяет полностью раскрыть весь его потенциал. Особенности работы светодиодов делают их идеальными претендентами на диммирование.

В отличие от люминесцентных ламп, в светодиодах можно регулировать яркость в весьма широком диапазоне [24].

Светодиодные светильники имеют сложное устройство регулировки интенсивности света и работают в комплекте с драйвером. Таким образом, корректность работы светильников напрямую зависит от управляющего им драйвера. Кроме того, подобрав правильный драйвер, можно настраивать освещение любых светильников, несмотря на их тип и мощность [22].

3.3 Разновидности систем Диммирования

Система диммирования TRIAC

ТРИАК - симметричный триодный тиристор. У симистора 3 электрода. Один управляющий, а 2 остальных - это силовые электроды. В отличие от тиристора, который проводит ток только в одном направлении, симистор может проводить ток в двух направлениях. Именно поэтому симистор прекрасно работает в сетях переменного тока [21].

Диммированием управляет симистор (который представляет собой два тиристора). Включение ключа происходит по сигналу с управляющего блока, выключение в нуле,

После подключения устройства к сети на один из электродов симистора подаётся переменное напряжение. На электрод, который является управляющим с диодного моста подаётся отрицательное управляющее напряжение [13]. При превышении порога включения симистор откроется и ток пойдёт в нагрузку. В тот момент, когда напряжение на входе симистора поменяет полярность он закроется. Потом процесс повторяется.

Чем больше уровень управляющего напряжения, тем быстрее включится симистор и длительность импульса на нагрузке будет больше. При уменьшении управляющего напряжения длительность импульсов на нагрузке будет меньше. После симистора напряжение имеет пилообразную форму с регулируемой длительностью импульса.

Главные преимущества симистора:

- низкая стоимость;
- возможность встраивания в схему без лишних коммутаций (как выключатель).



Рисунок 3.4 - Схема подключения диммируемого драйвера

Диммирование системы DALI

DALI - это стандарт, описывающий логический и физический уровни связи между профессиональным осветительным оборудованием для управления освещением. Главное преимущество данной системы — цифровая шина, которая объединяет все диммируемые лед-светильники в единую систему [29].

Включение, выключение и регулировка яркости осуществляются сигнальными командами. Данный подход дает возможность в любое время определить, какой выключатель за какой прибор освещения отвечает. Также одним из плюсов системы является возможность программирования сцен с их дальнейшим сохранением в памяти. Это полностью переворачивает представление об управлении освещением. Обычный выключатель теперь может не просто управлять светодиодным светильником, но и задавать режим работы для целой группы.

Недостатком системы DALI является высокая стоимость и необходимость предварительной настройки системы управления.

На рисунке 3.5 представлен диммер компании DALI

DALI dimmer
Model:SR-2303xx series



Рисунок 3.5 - Диммер DALI для освещения RGBW

Система диммирования PUSH DIM

Push DIM - это одна из систем диммирования, которая дает возможность использовать для подключения всего 2 провода [15]. В роли управляющих элементов служат кнопки с нормально разомкнутыми контактами. Если кнопка нажата - сигнал есть, если кнопка не нажата, то сигнала нет. Светильники будут воспринимать эти нажатия следующим образом:

- короткое нажатие – включение либо выключение;
- длинное нажатие: регулировка яркости освещения.

Метод весьма прост в реализации, не нуждается в дополнительных настройках и может быть реализован с любыми источниками света. Недостатки данной системы:

- малая распространённость драйверов;
- ограниченное количество светильников, подключаемых к одной кнопке.

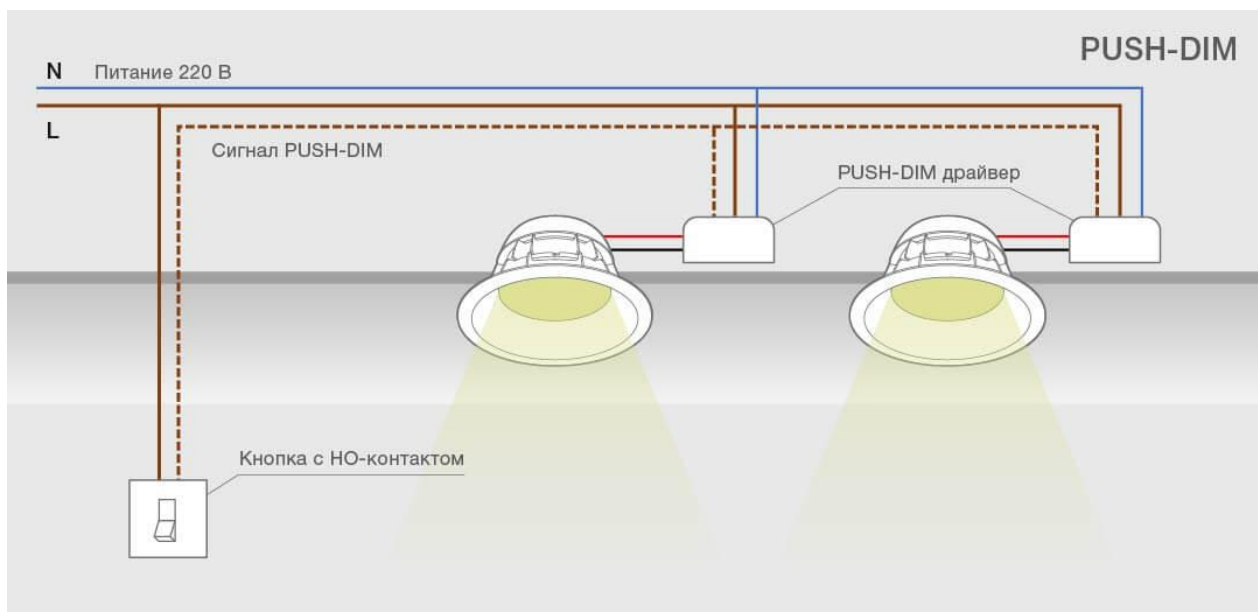


Рисунок 3.6 - PUSH DIM 8A LED DIMMER

Система диммирования Zigbee

Китайская система диммирования Zigbee является беспроводной ячеистой сетью на базе стандарта IEEE 802.15.4-2003.

Одним из преимуществ использования Zigbee для управления освещением является то, что в них не требуется никаких дополнительных кабелей, кроме проводов питания переменного тока. Такие сети могут быть особенно привлекательными для светодиодного уличного освещения. Сеть Zigbee может поддерживать регулировку яркости в непииковый период, многоуровневое диммирование, совмещенное с датчиками движения, и другие интеллектуальные функции управления освещением [14]. Сеть Zigbee также может поддерживать мониторинг состояния светильников, что позволяет обеспечить получение сообщений о повреждении прибора или отказе устройства, рабочей температуре светильника, энергопотреблении, уровне яркости и других параметрах системы.



Рисунок 3.7 - Zigbee Wifi RGB LED диммер

Таблица 3.1 – Сравнительный анализ предложенных систем

Критерии оценки системы	Triac	Dali	Push DIM	Zigbee
1	2	3	4	5
Возможность встраивания в схему без лишних коммутаций	+	+	+	
Возможность программирования сцен с их дальнейшим сохранением в памяти		+	+	
Неограниченное количество светильников, подключаемых к одной кнопке	+	+		+
Мониторинг состояния светильников		+	+	+
Использование для связи существующие сети	+			
Возможность оперативного изменения конфигурации системы	+	+	+	+
Наличие защиты от потери информации	+	+	+	
Возможность реализации продукции по заказу	+	+	+	
Необходимость в специальном ПО	+			+

Основываясь на вышесказанном можно сделать вывод о том, чтобы добиться максимально эффективного использования источников света, необходимо использовать систему управления с диммированием источников света. В качестве производителей данных систем, были рассмотрены системы TRIAC, DALI, PUSH DIM, Zigbee. В результате сравнительного анализа, представленного в таблице 3.1, была выбрана система диммирования DALi, так как данная система обладает массой положительных характеристик, по сравнению с другими системами.

Предложенная система управлением рабочим и аварийным освещением машинного зала Жигулевской ГЭС обеспечивает максимальную экономию электроэнергии как при нормальном функционировании всех элементов системы, так и при возникновении нестандартных ситуаций на различных уровнях. Основные моменты с точки зрения энергоэффективности от внедрения предложенной системы управлением освещением машинного зала:

- включение и отключение системы в зависимости от фактической необходимости;
- исключение работы системы в светлое время суток;
- дифференцированное включение в зависимости от уровня естественной освещённости;
- более полное использование возможностей энергосбережения, допускаемых руководящими документами;
- непрерывный контроль работы системы в автоматическом режиме, что позволяет быстрее реагировать на некорректное включение или отключение системы.

3.4 Расчёт мощности и потребляемой энергии системы освещения

Проведем технико-экономический расчет, который включает сравнение предложенных светильников с используемыми в данный момент светильниками и экономию, благодаря использованию системы управления.

Светильники используемые в данный момент:

Найдем потребляемую мощность, когда включены все светильники по формулам 3.1-3.3.

$$W_{\text{бок}} = N_{\text{бок}} \times P_{\text{св}} = 300 \times 100 = 30 \text{ кВт}; \quad (3.1)$$

где

$W_{\text{бок}}$ – Потребляемая мощность настенного освещения;

$N_{\text{бок}}$ – Количество настенных светильников;

$P_{\text{св}}$ – Мощность 1 светильника.

$$W_{\text{пот}} = N_{\text{пот}} \times P_{\text{св}} = 220 \times 400 = 88 \text{ кВт}; \quad (3.2)$$

где

$W_{\text{пот}}$ – Потребляемая мощность потолочного освещения;

$N_{\text{пот}}$ – Количество потолочных светильников;

$P_{\text{св}}$ – Мощность 1 светильника.

$$W = W_{\text{пот}} + W_{\text{бок}} = 30 + 88 = 118 \text{ кВт}. \quad (3.3)$$

Выбранные светильники:

Найдем потребляемую мощность, когда включены все светильники по формулам 3.4-3.6.

$$W_{\text{бок}} = N_{\text{бок}} \times P_{\text{св}} = 300 \times 82 = 24,6 \text{ кВт}; \quad (3.4)$$

$$W_{\text{пот}} = N_{\text{пот}} \times P_{\text{св}} = 120 \times 217 = 26 \text{ кВт}; \quad (3.5)$$

$$W = W_{\text{пот}} + W_{\text{бок}} = 24,6 + 26 = 50,6 \text{ кВт.} \quad (3.6)$$

Разницу в потребляемой энергии определим по формуле 3.7.

$$W = W_1 - W_2 = 118 - 50,6 = 67,4 \text{ кВт.} \quad (3.7)$$

где

W_1 – Мощность потребляемая светильниками, которые установлены в данный момент.

W_2 – Мощность потребляемая предложенными светильниками.

В качестве расчета возьмем самый длинный день по продолжительности дневного света – 22 июня, когда в среднем на ГЭС светильники настенного освещения работают 18 часов в день, с 10 утра до 4 дня настенные светильники отключают, потолочное освещение работает 24 часа в день и самый короткий день по продолжительности дневного света – 22 декабря, светильники бокового и потолочного освещения работают 24 часа в день.

Светильники используемые в данный момент:

Расход за 22 июня найдем по формуле 3.8.

$$\begin{aligned} W_{\text{июнь}} &= W_{\text{пот}} \times 24 + W_{\text{бок}} \times 18 = 88 \text{ кВт} \times 24 + 30 \text{ кВт} \times 18 \\ W_{\text{июнь}} &= 2112 + 540 = 2652 \text{ кВт} \times \text{ч} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Теперь найдем расход электроэнергии за 22 декабря, когда светильники работают круглый день по формуле 3.9.

$$W_{\text{дек}} = W \times 24 = 118 \text{ кВт} \times 24 = 2832 \text{ кВт} \times \text{ч} \quad (3.9)$$

Возьмем среднее значение по формуле 3.10.

$$\begin{aligned} W_{\text{ср1}} &= (W_{\text{июнь}} + W_{\text{дек}}) \div 2 = (2652 + 2832) \div 2 \\ W_{\text{ср1}} &= 2742 \text{ кВт} \times \text{ч} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Выбранные светильники:

Расход за 22 июня найдем по формуле 3.11.

$$\begin{aligned} W_{\text{июнь}} &= W_{\text{пот}} \times 24 + W_{\text{бок}} \times 18 = 26 \text{кВт} \times 24 + 24,6 \text{кВт} \times 18 \\ W_{\text{июнь}} &= 624 + 442,8 = 1066,8 \text{кВт} \times \text{ч} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Теперь найдем расход электроэнергии за 22 декабря, когда светильники работают круглый день по формуле 3.12.

$$\begin{aligned} W_{\text{дек}} &= W \times 24 = 50,6 \text{кВт} \times 24 = 1214,4 \\ W_{\text{дек}} &= 1214,4 \text{кВт} \times \text{ч} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Возьмем среднее значение по формуле 3.13.

$$\begin{aligned} W_{\text{ср2}} &= (W_{\text{июнь}} + W_{\text{дек}}) \div 2 = (1066,8 + 1214,4) \div 2 \\ W_{\text{ср2}} &= 1140,6 \text{кВт} \times \text{ч} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Найдем расход электроэнергии за 1 год по формулам 3.14-3.15.

Светильники используемые в данный момент:

$$W_{\text{год(1)}} = W_{\text{ср1}} \times 365 = 2742 \times 365 = 1000830 \text{кВт} \times \text{ч} \quad (3.14)$$

Выбранные светильники:

$$W_{\text{год(2)}} = W_{\text{ср2}} \times 365 = 1140,6 \times 365 = 416319 \text{кВт} \times \text{ч} \quad (3.15)$$

Разница потребляемой энергии за 1 год найдем по формуле 3.16.

$$\begin{aligned} W &= W_{\text{год(1)}} - W_{\text{год(2)}} = 1000830 - 416319 \\ W &= 584511 \text{кВт} \times \text{ч} \end{aligned} \quad (3.16)$$

где

$W_{\text{год(1)}}$ – Мощность потребляемая за 1 год светильниками, которые установлены в данный момент.

$W_{год(2)}$ – Мощность потребляемая за 1 год предложенными светильниками.

Теперь найдем экономию при использовании предложенной системы управления, расчеты выполнены в программе «Компас -3Д V16»:

Система диммирования позволяет уменьшить энергопотребление светильников за 1 год на 93367 кВт*ч, значение найдено по формуле 3.17.

$$W = S1 - S2 = 389382 - 296015 \quad (3.17)$$

$$W = 93\,367 \text{ кВт} \times \text{ч}$$

где

$S1$ – площадь светильников используемых в данный момент (рис.3.8)

$S2$ – площадь предложенных светильников (рис.3.8)

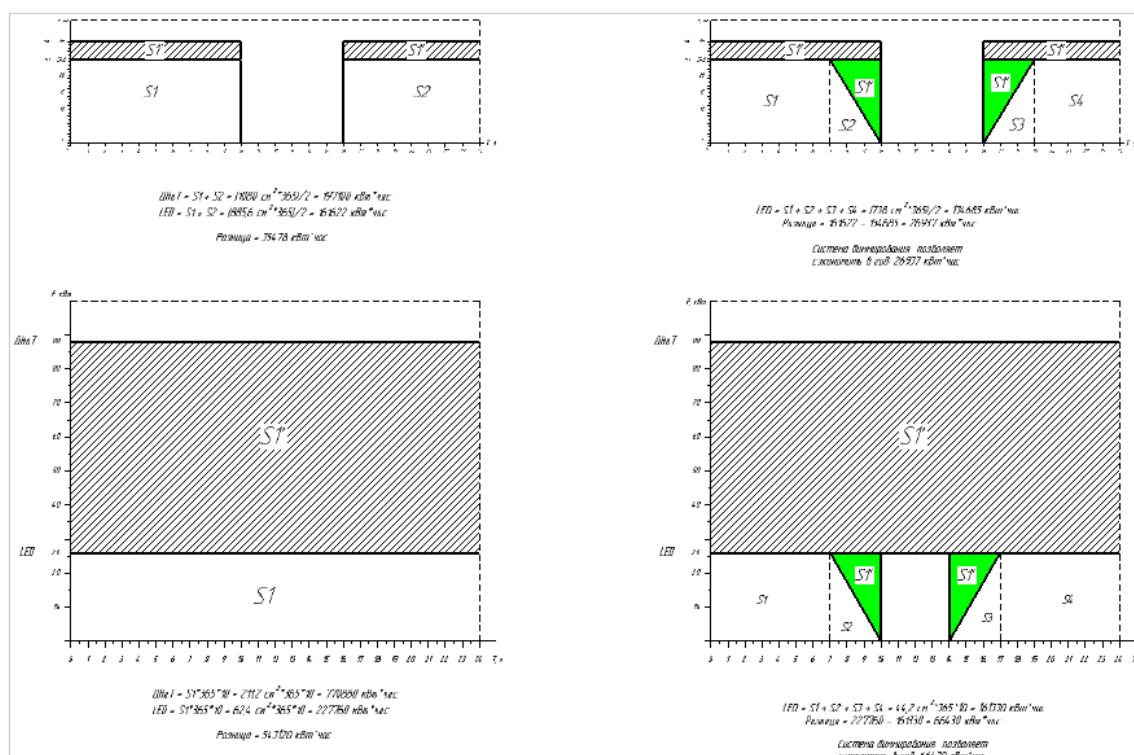


Рисунок 3.8 – Диаграммы использования энергии

Вывод:

Предложенные светильники позволяют экономить в год:

584 511 кВт*час энергии

С использованием предложенной системой диммирования:

677878 кВт*час энергии

4 Выбор кабельной продукции системы питания

Реконструкция системы освещения подразумевает реконструкцию системы питания освещения. В результате осмотра было выявлено, что в данный момент кабельная продукция машинного зала Жигулевской ГЭС остается такой же, какой и была проложена 60 лет назад, кабель – АПВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ представляет собой силовой кабель с поливинилхлоридной изоляцией [7].

В конструкцию провода АПВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ входит алюминиевая токопроводящая жила, изоляция. Срок службы составляет 30 лет. Провод АПВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ предназначен для эксплуатации при температуре от -50 до $+35^\circ\text{C}$. Марка провода АПВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ расшифровывается следующим образом: А – токопроводящая жила из алюминия, П – плоский, В – изоляция из поливинилхлоридного пластиката.

Алюминиевые провода с течением времени становятся более хрупкими и их изоляция разрушается, из-за этого может возникнуть обрыв цепи, так как провода и светильники находятся на высоте, то проведение ремонтных работ становится проблематично. Данный кабель морально и физически устарел, поэтому необходимо произвести замену кабеля АПВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ рабочего освещения на кабель ВВГнг(А)-LS $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ производства «КамКабель» город Пермь, а аварийного освещения на кабель ВВГнг(А)-FRLS $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Применение предложенного кабеля позволит увеличить прочность электрической цепи, так как медные провода менее разрушимы с течением времени, также имеют более новую и современную изоляцию, которая не горючая, этот фактор способствует увеличению безопасности использования данного кабеля.

Кабель ВВГнг(А)-LS $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ оснащен тремя медными токоведущими жилами, изолятором и оболочкой из поливинилхлорида [1]. Он негорючий, обладает низкой пожарной опасностью, является модификацией

стандартного проводника ВВГ. Проводник используется для передачи и распределения энергии переменного тока в стационарных сетях с напряжением 660 В, при частоте 50 Гц.

Номенклатура силового кабеля ВВГнг(А)-LS 3x1,5мм²:

- изолятор – негорючий ПВХ композитный материал, выделяющий малое количество дыма при горении и тлении – В;
- покрытие выполнено из аналогичного материала – В;
- отсутствие брони – Г;
- низкая пожароопасность – нг;
- при прокладке нескольких кабелей, не распространяет горение – (А);
- горение и тление приводит к незначительному выделению дыма – LS;
- количество жил – 3;
- площадь жил – 1,5 мм².

К основным отличительным чертам провода относятся:

- устройство линии с перепадами высоты;
- малое дымо- и газообразование при горении и тлении;
- устройство нескольких кабелей не приводит к распространению горения.

В кабеле ВВГнг(А)-FRLS 3x1,5мм² добавляется аббревиатура FR, которая означает наличие термического барьера в виде обмотки проводника двумя слюдосодержащими лентами.

Кабели ВВГнг(А)-LS 3x1,5мм² и ВВГнг(А)-FRLS 3x1,5мм² не распространяют горение, выделяют малое количество дыма и газа при горении. Кабели предназначены для эксплуатации на промышленных предприятиях [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа системы освещения машинного зала Жигулевской ГЭС выявлено, что применение данного источника света является не энергоэффективным, поэтому принято решение заменить источники света настенного и потолочного освещения на новые.

Сравнительным анализом выбран производитель – «Световые технологии», который по всем критериям опережает своих конкурентов. В качестве настенного освещения выбран светильник «INOX LED 80 (GL/SS) 5000K», в качестве потолочного освещения выбран светильник «HB LED LOGISTIC 225 5000K».

В программе «DIALux» произведен расчет освещенности машинного зала, представленной на рисунках 2.5-2.11. В программе были установленные параметры, необходимые для расчета, после чего было получено оптимальное расположение светильников и их количество. Для бокового освещения 1 ряд, состоящий из 15 светильников для одной стены, всего на 1 секцию – 30 светильников, для потолочное освещение 2 ряда по 6 светильников - 12 светильников на 1 секцию.

Выбрана система управления освещением с помощью диммирования, которая позволяет использовать светильники максимально эффективно и экономично, не нарушая технологический процесс. Также данная система управления освещением имеет ряд достоинств, таких как: возможность быстрого изменения яркости светильников (настройка яркости света продлевает срок эксплуатации светильников), уменьшает расход электроэнергии, диммирование светодиодных светильников осуществляется без каких-либо задержек, при изменении яркости освещения в источнике света, цветовая температура и цветопередача не теряют свои характеристики.

В ходе сравнительного анализа различных систем диммирования, выбрана система диммирования DALI, которая удовлетворяет по всем параметрам использования.

Используемый в качестве питания освещения кабель не соответствует нынешним стандартам, поэтому предложено заменить действующий кабель АПВ 3x2,5мм² на кабель ВВГнг(А)-LS 3x1,5мм² и ВВГнг(А)-FRLS 3x1,5мм² производства «КамКабель» город Пермь.

Применение новых светильников и системы управления позволяет более рационально использовать энергию на собственные нужды, экономия составляет 677878 кВт*час энергии в год.

Таким образом, применение предложенных светильников и системы управления способствует повышению энергоэффективности системы освещения машинного зала Жигулевской ГЭС. Разработанная система, которая включает светильники и систему управления освещением, отвечает требованиям основных документов, таких как: ГОСТ, СП и ПУЭ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2007 г. – М.: КНОРУС, 2007, 488 с.
2. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Свод правил.
3. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования; Тольятти: ТГУ; 2007. 54 с.
4. Вахнина В.В., Самолина О.В., Черненко А.Н. Проектирование осветительных установок: учебное пособие; Тольятти: ТГУ; 2008. 91 с.
5. Вахнина В.В., Самолина О.В. Требования к выпускной квалификационной работе: методические указания для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»; Тольятти: ТГУ; 2008. 25 с.
6. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий Федорова А.А. М., 1986. 568 с.
7. Промышленные электрические сети под. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербинского, М., 80 с.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под. ред. Г.М. Кнорринга, Л., 76 с.
9. Волжская гидроэлектростанция имени В. И. Ленина / А. Я. Ковалев; под ред. П. А. Володина. - Москва: 1964. 142 с.
10. Волоцкой Н. В. Светотехника / Н. В. Волоцкой. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: 2009, 142 с.
11. Справочник энергетика/ Под ред. А. Н. Чохонелидзе. – М.:Колос, 2006, 488 с.
12. Головинский, И.А. Принципы построения универсальной автоматизированной системы контроля и управления переключениями в

электрических сетях// Вестник ВНИИЭ-2004, М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004, 213 с.

13. Прозоровский Е.Е. Использование распределительных силовых сетей для организации канала связи в системах телекоммуникации// Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2003. Спецвыпуск, 119 с.

14. Хорольский В.Я. Надёжность электроснабжения. М.: Форум Инфра М, 2013, 128 с.

15. Лыткин А.В. Электрические системы и сети. М.:Логос, 2008, 254 с.

16. Свиридов Ю.П. Электроснабжение промышленных предприятий: методические указания к курсовому проектированию; Ульяновск: 2014. 42 с.

17. Привалов Е. Е. Основы электробезопасности : учеб. пособие. Ставрополь : СтГАУ «АГРУС», 2016, 132 с.

18. Электротехнический справочник. Практическое применение современных технологий / под ред. С.Л. Корякина-Черняка. СПб. : Наука и Техника, 2014, 592 с.

19. Учеб.-метод. Комплекс для дипломного проектирования / В. С. Холянов, О. М. Холянова. - Москва: Проспект, 2015, 115 с.

20. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. М.: КноРус, 2013. 368 с.

21. Cassidy E. S., Peter Z. G. Introduction to Energy : tutorial. Cambridge : Cambridge University Press, 2017. 440 p.

22. Shin I., Song B., Eom D. Auto-Mapping and Configuration Method of IEC 61850 Information Model Based on OPC UA // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2016. Vol. 22, № 5.

23. Hermina N.P., Golovanov N.K., Luminita E.L. Propagation of disturbances as voltage fluctuations in transmission networks. // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2016 Vol. 16, №4.

24. Daza S. A. Electric Power System Fundamentals : tutorial. London : Artech house, 2016. 405 p.

25. Survey about Classical and Innovative Definitions of the Power Quantities Under Nonsinusoidal Conditions / G. Bucci [at al.] // International Journal of Emerging Electric Power Systems, Walter de Gruyter GmbH. 2017. Vol. 15, № 4.

26. Billings, K. Switchmode power supply handbook; K. Billings, T. Morey // Holon McGraw-Hill book company, 2014. 858 p.

27. Компания световые технологии. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.ltcompany.com/ru/> (дата обращения: 22.03.2019)

28. DIALux расчет и проектирование освещения. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.dialux-help.ru/> (дата обращения: 25.03.2019)

29. Диммирование по DALI. [Электронный ресурс]: URL: <https://fireled.ru/catalog/dimmirovanie-po-dali> (дата обращения: 28.03.2019)

30. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ. [Электронный ресурс]: URL: <http://legalacts.ru/doc/FZ-ob-jenergoberezhnii-i-o-povyshenii-jenergeticheskoj-jeffektivnosti-i-o-vnesenii-izmenenij-v-otdelnye-zakonodatelnye-akty-Rossijskoj-Federacii/> (дата обращения: 2.04.2019)