

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

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

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Снижение электропотребления собственных нужд второго энергоблока Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода»

Студент(ка)

И.И. Дорофеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Терентьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра произведены работы по снижению электропотребления на собственные нужды второго энергоблока Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы было осуществлено:

- анализ существующей системы электроснабжения;
- расчет и выбор электродвигателей;
- расчет и выбор силового кабеля;
- выбор трансформаторов тока;
- выбор рубильников;
- выбор панелей распределительных щитов;
- расчет осветительной системы и выбор осветительных установок;
- выбор электромонтажного и щитового оборудования;
- рассмотрен монтаж оборудования;
- рассмотрена автоматизированная система управления зданием.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена на 55 с., включает: 5 рисунков, 13 таблиц, 6 чертежей формата А1, 1 приложение.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика объекта.....	6
2 Анализ существующей системы электроснабжения.....	11
3 Анализ и замена электрооборудования для собственных нужд.....	16
3.1 Трансформаторы собственных нужд.....	16
3.2 Электродвигатели.....	17
3.2.1 Электродвигатели блока очистки воды.....	17
3.2.2 Электродвигатели котельной.....	18
3.3 Силовые кабели.....	22
3.4 Автоматические выключатели.....	28
3.5 Трансформаторы тока.....	32
3.6 Рубильники.....	34
3.7 Панели распределительных щитов.....	35
3.8 Освещение.....	37
3.9 Электромонтажное и щитовое оборудование.....	39
3.10 Общая стоимость оборудования.....	44
4 Монтаж электрооборудования.....	45
5 Автоматизированная система управления зданием.....	47
Заключение.....	51
Список использованной литературы.....	53
Приложение А.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Нефтеперерабатывающие заводы являются важной частью нефтегазового комплекса страны. Основной задачей нефтеперерабатывающих заводов является переработка российской нефти и последующая отправка готовой продукции на другие предприятия и автомобильные заправочные станции. Для бесперебойного и качественного электроснабжения цехов, на заводах действуют энергоблоки. Основной задачей которых является круглосуточная поставка электроэнергии в производственные цеха. Территория завода по назначению подразделяется на следующие зоны: промышленная – для размещения производственных цехов; складская – для размещения складов с готовой продукцией; селитебная – для размещения общественных зданий и сооружений; мест отдыха работников – для размещения парков и зон отдыха.

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра рассмотрен вопрос реконструкции и снижение затрат на собственные нужды второго энергоблока Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода. Электроснабжение завода должно быть надежным и качественным.

Под надежностью понимают способность системы электроснабжения и ее отдельных частей обеспечивать бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией. Потребители электроэнергии на НК НПЗ относятся к I и II категории надежности. Для электроприемников I категории, не допускаются перерывы электроснабжения. Поэтому они обеспечиваются электроэнергией от 2х независимых источников. Для потребителей электроэнергии II категории надежности допускаются перерывы в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Под качеством электроэнергии понимают совокупность свойств, обуславливающих пригодность электроэнергии для нормальной работы электроприемников. В производстве потребители электрической энергии

чувствительны к изменению качества потребляемой электроэнергии. Качество электроэнергии у потребителей, присоединенных к электрическим сетям общего назначения регламентируется в ГОСТ 32144-2013.

Эти вопросы рассматриваются в данной выпускной квалификационной работе бакалавра.

Целью выпускной квалификационной работы бакалавра является снижение электропотребления собственных нужд второго энергоблока Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода.

1 Характеристика объекта

Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод располагается в городе Новокуйбышевск, Самарская область. Город расположен в 20 километрах к юго-западу от Самары, в 1090 километрах к юго-востоку от Москвы. Новокуйбышевск, город областного подчинения, центр городского округа Новокуйбышевск, крупный центр нефтехимической промышленности.

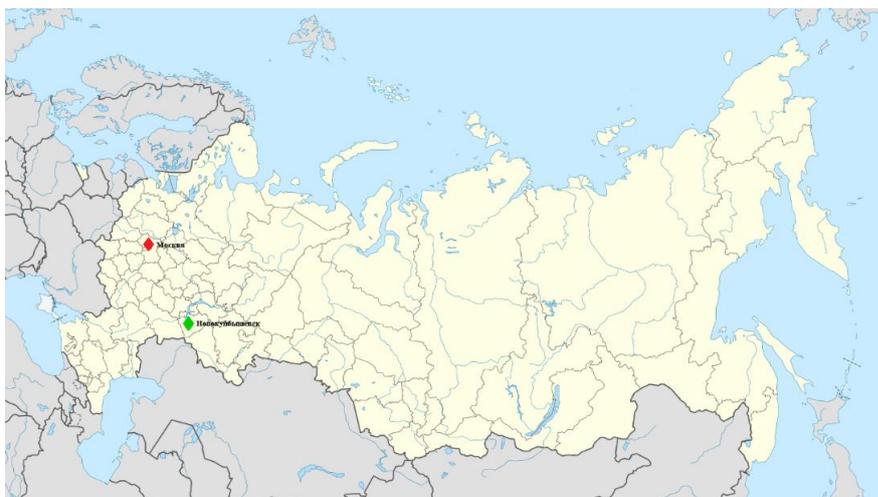


Рисунок 1 – Расположение города Новокуйбышевск относительно Москвы



Рисунок 2 – Расположение города Новокуйбышевск относительно Самары

Население города на 01.01.2015 составило 105007 человек. Площадь города 263 квадратных километра.

Город расположен в третий климатическом районе, в подрайоне 3А – теплый климатический район. Расчетные климатические условия города соответствуют третьему району по влажности, световому климату и ветру, и к четвертому району по гололеду, минимальная температура воздуха: -31°C , максимальная: $+40^{\circ}\text{C}$.

Завод расположен в северо-западной части города, и ограничен по периметру семью улицами – это ул. Осипенко, ул. 50-летия НПЗ, ул. Кирова, ул. Промышленная, ул. Химиков, ул. Производственная, ул. Вокзальная.

Потребителями электроэнергии второго энергоблока НК НПЗ являются цеха: гидроочистка керосинов, каталитическое реформирование бензиновых фракций, установки по первичной переработке нефти (АВТ-11), каталитический риформинг, гидроочистка дизельного топлива, каталитического крекинга, производство смесевых бензинов, битумная установка, газофракцион. Продукцией данных цехов являются: дизельное и авиационное топливо, легкие бензиновые фракции, мазут, сжиженные газы, синтетический каучук, синтетический спирт, фенол, ацетон, полиэтилен, ксилол, ортоклилол, параксилол, сухой лед и серная кислота [19].

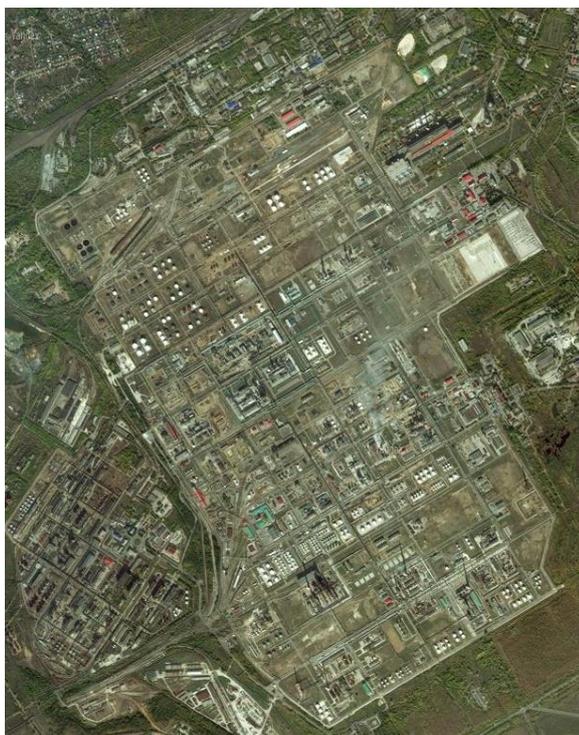


Рисунок 3 – Территория завода НК НПЗ (вид со спутника)

На НК НПЗ функционируют два энергоблока, расположенные в разных частях завода. Первый энергоблок мощностью 100 МВт. И второй энергоблок мощностью 25 МВт.



Рисунок 4 – Расположение первого энергоблока (сверху) и второго энергоблока (снизу) (вид со спутника)

В данной выпускной работе бакалавра рассматривается второй энергоблок Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода.



Рисунок 5 – Территория второго энергоблока НК НПЗ (вид со спутника)

На территории второго энергоблока располагаются: административное здание (голубое), котельная (красное), хранилище мазута (зеленое), насосная станция мазута (желтое), здание РУСН (фиолетовое).

Административное здание – это сооружение, в котором помещения объединены между собой определенной архитектурной конструкцией, для создания рабочей среды. В административном здании располагаются офисные кабинеты: главного инженера, заместителя начальника производства, начальника производства, электромеханика, главного энергетика, экономического отдела, приемной, начальника химической лаборатории, инженера охраны труда, службы КиП, начальника ТЭС, механика ТЭС; помещения: красный уголок, комната приема пищи, бытовки,

душевые, КиП, кабинет электриков дневной смены, женская бытовка, мужская бытовка, комната мастера.

Котельная – комплекс технологически связанных тепловых энергоустановок, расположенных в производственном здании с котлами, турбогенераторами и вспомогательным оборудованием. В котельной располагаются помещения: помещение релейных панелей, Центральный Щит Управления, помещение кондиционеров, комната отдыха, архивная станция, помещение печатающих устройств, помещение автоматизированной системы управления.

Хранилище мазута представляет собой наземную металлическую емкость. Количество и объем емкостей определяется требованиями СНиП II-35-76.

Насосная станция мазута – сооружение в которое, от резервуаров хранения мазута, поступает мазут, для последующего нагрева и отправки к горелкам котлоагрегатов по циркуляционной схеме циркуляционными мазутными насосами.

Общий подогрев мазута до температуры 85-95°C осуществляется с помощью подогревателя, установленного на контуре циркуляции. При работе всех котлоагрегатов по циркуляционному контуру в резервуары возвращается примерно 50% мазута. Заданная температура мазута за подогревателем поддерживается регулятором температуры. В случае, если температура теплоносителя недостаточна для нагревания мазута до требуемой температуры, подогрев мазута осуществляется электрическим подогревателем [19].

В качестве топлива, для растопки котлов используют мазут, а для поддержания температуры используют попутный газ. В случаях с перебоями поставки попутного газа на энергоблок, используется мазут, хранящийся в цистернах хранения мазута.

2 Анализ существующей системы электроснабжения

Новокуйбышевский НПЗ был введен в эксплуатацию в 1951 году. В 1959-1965 годах была проведена первая модернизация и расширение мощностей завода. Введен в эксплуатацию второй энергоблок.

За всю свою историю, второй энергоблок пережил две реконструкции: в 1980 и 2002 году. С момента последней реконструкции прошло уже 14 лет и оборудование технически устарело.

В 2014 году началась вторая модернизация и расширение мощностей завода.

Тяжелым испытанием для работы оборудования является высокая температура в котельной. Зимой, на первом этаже котельной температура не опускается ниже $+25^{\circ}\text{C}$, а на пятом этаже (крыша котельной, где располагаются кран-балки) температура достигает отметки $+50^{\circ}\text{C}$. Летом оборудование подвергается более жестким условиям работы. Температура в котельной может соответственно достигать 40°C на первом этаже и порядка $+70^{\circ}\text{C}$ на верхнем этаже.

В настоящий момент второй энергоблок работает не на полную мощность. Вся основная нагрузка приходится на первый энергоблок, но летом 2017 года ожидается запуск семи новых цеховых производств, нагрузка которых придется на второй энергоблок. В связи с этим, необходима замена старого, советского оборудования на более современное, способное выдерживать не только круглосуточную работу, но и высокие температуры.

В приложении А, таблицах А1-А4 приведен перечень оборудования, нуждающаяся в срочной замене. Перечень оборудования был составлен исходя из исполнительной схемы питающей и распределительной сети секций распределительного устройства собственных нужд на 0.4 кВ.

Под собственными нуждами электростанции понимается комплекс, в который входят механизмы для обслуживания или автоматизации работ

основных агрегатов и вспомогательных устройств станции, приводные двигатели этих механизмов, источники питания, внутростанционная электросеть и распределительные устройства, а также отопление, освещение и бытовые нужды. Состав собственных нужд зависит от типа, мощности, расположения электростанции, вида используемого топлива и т.д.

Механизмы собственных нужд ТЭС можно разделить на несколько основных групп по выполняемым функциям и в соответствии с их местом в технологической схеме.

В топливном хозяйстве ТЭС, работающих на твердом топливе, основными механизмами являются мельницы, дробилки, ленточные конвейеры, компрессоры и вентиляторы для пневмотранспорта пыли, пульпонасосы при гидротранспорте угля. В мазутном электрохозяйстве преобладают нефтеперекачивающие насосы. Основу тягодутьевой установки любой ТЭС составляют дымососы и дутьевые вентиляторы, а пароводяного тракта – насосы различного назначения и мощности. Большое количество насосов используется в системах водоснабжения, гидрозоло-удаления и в разных участках технологического обеспечения основного оборудования и вспомогательных установок (системе смазок турбины и генераторов, системе подачи дистиллята в обмотки генераторов с водяным охлаждением и т.д.). Из других характерных механизмов следует отметить приводные устройства задвижек, подъемно-транспортную технику, воздушно-компрессорное хозяйство и др. [16].

Механизмы, входящие в одну группу (например, насосы), отличаются по мощности, частоте вращения, расположению вала (горизонтальное, вертикальное), условиям окружающей среды, технологическим параметрам, режиму работы и степени ответственности в технологическом процессе. Степень ответственности определяется последствиями, которые могут возникнуть при остановке агрегата. При этом учитываются наличие промежуточных емкостей, допустимый диапазон изменения параметров и другие факторы [13].

К ответственным механизмам относят те, остановка которых может привести к повреждению котла, турбины, генератора или нарушению технологического режима, требующего остановки или снижение нагрузки котлов. В первую очередь к этой группе относятся питательные и бустерные насосы, тягодутьевые механизмы.

Остановка одного из дутьевых вентиляторов или дымососов нарушает равномерность распределения воздуха между горелками. Кроме того, за счет обратного перетока воздуха через остановленный агрегат уменьшается общая его подача в топку котла, и нагрузка блока снижается на 40-50%. Остановка всех дутьевых вентиляторов требует остановки котла. При остановке всех дымососов котел может работать с пониженной производительностью под наддувом, но продолжительность такой работы ограничена. Для обеспечения правильной работы котла в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭ) тягодутьевые механизмы должны не менее 10 минут работать перед растопкой и после остановки котла [13].

К ответственному оборудованию, непосредственно влияющему на работу блоков, относятся также конденсаторные, циркуляционные и сетевые насосы, питатели пыли, среднеходные (молотковые) мельницы и мельницы-вентиляторы, мазутные насосы, насосы смазки и др.

К «неответственным» относятся механизмы, прекращение работы которых не приводит к изменению нагрузки основного оборудования (например, шаровые мельницы, перекачивающие насосы, багерные и шламовые насосы гидрозолоудаления, механизмы топливоподачи). В основном это механизмы периодического действия. В частности, шаровая мельница работает при максимальной загрузке по топливу и, заполнив бункер, отключается. Этим обеспечивается снижение расхода электроэнергии. Естественно, что в случае остановки мельницы котел за счет запаса топлива в бункере сможет работать в течение времени, достаточного для принятия персоналом необходимых мер [17].

Как для ответственных, так и для неответственных механизмов ТЭС предусмотрено резервирование. Различают неявное (скрытое) и явное резервирование. При скрытом резервировании в работе находятся одновременно два или более одинаковых механизма, каждый из которых несет неполную нагрузку. При остановке одного механизма его нагрузку принимают на себя другие, оставшиеся в работе. При явном резервировании помимо агрегатов, находящиеся в работе, имеются аналогичные агрегаты, находящиеся в резерве и готовые в любой момент к незамедлительному вводу в действие вместо отключившегося. Для ответственных механизмов обеспечивается автоматический ввод резерва (АВР) [18].

Основное оборудование ТЭС, вспомогательные устройства и механизмы собственных нужд жестко связаны между собой в едином технологическом цикле. Нарушения работы большинства механизмов собственных нужд, особенно отнесенных к группе ответственных, оказывают непосредственное воздействие на работу основного оборудования. Согласно техническим требованиям на выполнение технологических защит теплоэнергетического оборудования ТЭС при отказе ряда механизмов или нарушениях в работе собственных нужд остановка или разгрузка основного оборудования должны производиться автоматически [16].

Главным требованием к работе любой защиты является обеспечение такого режима остановки или разгрузки оборудования, который не приводит к повреждениям его составных частей. Исходя из этого разработаны требования к действиям, выполняемым технологической защитой. В частности, остановка блока производится при одновременной остановке котла, турбины и питательных насосов. Остановка котла производится путем одновременного выполнения многих операций. Отключаются все топливоподающие устройства котла, дутьевые вентиляторы при работе котла на твердом топливе, закрываются задвижки подачи питательной воды и других систем. При остановке турбины закрываются необходимые клапаны и

здвижки, а в схеме блоков без генераторных выключателей, кроме того, отключается трансформатор собственных нужд (ТСН) [9].

Взаимосвязь между работой основного оборудования и механизма собственных нужд, а также между отдельными механизмами собственных нужд обеспечивается действием устройств регулирования и технологических блокировок.

На основе вышеперечисленного, поставлены следующие задачи, которые планируется выполнить в выпускной квалификационной работе бакалавра:

1. Выбор оборудования на основе технико-экономического анализа показателей
2. Замена устаревшего оборудования на более современное
3. Замена освещения в административном здании, котельной, здании РУСН

3 Анализ и замена электрооборудования для собственных нужд

3.1 Трансформаторы собственных нужд

Для обеспечения собственных нужд на втором энергоблоке используются восемь сухих силовых трансформаторов ТСЗГЛ-1000/6/0.4 с обмотками, изготовленными из проводов с литой изоляцией «Геафоль», в защитном кожухе, с естественным воздушным охлаждением, с номинальной мощностью 1000 кВА, напряжением первичной обмотки 6 кВ, с напряжением вторичной обмотки 0.4 кВ. Схема соединения Д/Ун-11 (треугольник – звезда).

Обмотки низкого напряжения изготовлены из медной фольги и залиты эпоксидной смолой. Магнитопровод трансформатора имеет стержневой тип и собирается из холоднокатаной электротехнической стали. Степень защиты трансформатора IP21. Для изоляции обмоток используется особый материал – геафоль. Изоляция «Геафоль» экологична, исключает появление трещин и повреждение трансформатора. Особенность конструкции делает трансформатор малошумным, пожаробезопасным. Класс нагревостойкости обмоток – F.

Условия эксплуатации соответствуют заявленным заводом изготовителем. В РУСН окружающая среда невзрывоопасная и не содержит токопроводящей пыли, температура окружающей среды от -25°C до +40°C, высота установки над уровнем море не превышает 1000 метров, относительная влажность воздуха не более 98% при температуре +25°C.

В приложении А, на рисунке А1 изображен трансформатор ТСЗГЛ-1000/6/0.4.

Данные трансформаторы были закуплены, смонтированы и запущены в эксплуатацию в 2002 году.

В целях своевременного обнаружения и устранения развивающихся дефектов и предупреждения аварийных отключений для трансформаторов

проводились текущие и капитальные ремонты. По состоянию на 2016 год, трансформаторы находятся в отличном состоянии.

В постоянной работе находятся четыре из восьми силовых трансформаторов, остальные трансформаторы находятся в резерве (являются резервными трансформаторами).

Данные силовые трансформаторы не нуждаются в замене, так как находятся в отличном состоянии, морально и технически не устарели.

3.2 Электродвигатели

В настоящее время происходит модернизация и расширение нефтеперерабатывающего завода. Основным источником электроэнергии является второй энергоблок. В процессе генерации и поставки качественной электроэнергии, важную роль занимают электродвигатели. Они используются повсеместно, начиная от задвижек котла и кран-балок, заканчивая питательными насосами, дымососами, дутьевыми вентиляторами, насосами химически очищенной воды, мазутными насосами.

Наибольшее распространение получил асинхронный двигатель. Основными достоинствами данного электродвигателя является низкая цена и малый вес, но главными недостатками являются малый пусковой момент на валу и большой пусковой ток в 3-5 раз превышающий рабочий.

3.2.1 Электродвигатели блока очистки воды

В блоке очистки воды используются асинхронные электродвигатели малой мощности типа АИМ-М и асинхронные электродвигатели для привода насосов типа АИР.

Электродвигатели типа АИМ-М имеют продолжительный номинальный режим работы S1, электродвигатель работает при неизменной

нагрузке долгое время для достижения неизменной температуры всех ее частей, климатическое исполнение У2.5, степень защиты IP54.

Электродвигатели для блока очистки воды были введены в эксплуатацию в 2012 году. Данные электродвигатели находятся в отличном техническом и моральном состоянии, необходимости в замене на новые – нет.

3.2.2 Электродвигатели котельной

Наиболее важными электродвигателями в энергоблоке, являются электродвигатели, расположенные в котельной. Данные электродвигатели используются в кран-балках (подвергаются наибольшему воздействию окружающих температур, т.к. расположены на 5 этаже котельной, где температура воздуха летом достигает $+70^{\circ}\text{C}$), для замены оборудования вышедшего из строя и переноса необходимых грузов; в питательных, мазутных и насосах химически очищенной воды, дымососах, дутьевых вентиляторах.

Всего, в котельной использовались 6 различных типов двигателей, произведенных в СССР. В приложении А, таблице А5 приведены двигатели, необходимые к замене и их количество.

Электродвигатели, используемые в котельной, были монтированы и введены в эксплуатацию в 2002 году, во время последней реконструкции второго энергоблока. Каждый электродвигатель пережил несколько десятков ремонтов. Они морально и технически устарели, необходима замена на более современные.

При выборе новых электродвигателей, был рассмотрен широкий список поставщиков электрооборудования. Рассматривались не только отечественные производители, такие как Ленинградский электромашиностроительный завод, Сибэлектромотор, Баранчинский электромеханический завод им. Калинина, Электродвигатель-НК,

Уралэлектро, Могилевский завод Электродвигатель, Бавленский завод Электродвигатель, Кузбассэлектромотор, но и иностранные, такие как Siemens (Германия), АВВ (Швейцария), Bosch (Германия), ThyssenKrupp (Германия), General Electric (США), MAN (Германия), Schneider Electric (Германия).

Основными критериями для выбора новых электродвигателей являлись: мощность (кВт), номинальная скорость (об/мин), коэффициент полезного действия (КПД), коэффициент мощности ($\cos f$) и способность работать при высоких температурах.

В приложении А, таблицах А6-12 приведено сравнение новых отечественных и иностранных электродвигателей со старыми.

В паспорте электродвигателей приводятся номинальные значения мощности, напряжения, коэффициента мощности и коэффициента полезного действия. Зная данные значения, рассчитаем номинальный ток, потребляемый электродвигателем:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos f \cdot \eta} \quad (1)$$

где, P_n - номинальная мощность, кВт;

U - напряжение, В;

$\cos f$ - коэффициент мощности, %;

η - коэффициент полезного действия, %.

Номинальный ток для электродвигателя 4АМН280М2У3, производства Ленинградского ЭМЗ:

$$I_n = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0.380 \cdot 0.87 \cdot 0.92} = 380 \text{ А}$$

Номинальный ток для электродвигателя SIMOTICS SD 1LE3, производства Siemens:

$$I_n = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0.380 \cdot 0.95 \cdot 0.96} = 333 \text{ A}$$

Номинальный ток для электродвигателя 4АН280М2У3, производства УТК-Челябинск:

$$I_n = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0.380 \cdot 0.88 \cdot 0.94} = 367 \text{ A}$$

Полученные результаты занесены в приложение А, таблицу А6.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А6, был выбран электродвигатель компании Siemens. У данных электродвигателей коэффициент мощности и коэффициент полезного действия выше, чем у российских аналогов. Единственным минусом данных электродвигателей является их стоимость, в 4 раза превышающая стоимость аналогичных российских электродвигателей.

Расчет номинального тока, потребляемого электродвигателем SIMOTICS SD 1LE2 и 5АН280В2У3 рассчитан по формуле (1). Результаты расчетов занесены в приложение А, таблицу А7.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А7, был выбран электродвигатель компании Siemens. У данных электродвигателей коэффициент мощности и коэффициент полезного действия выше, чем у российских аналогов. Единственным минусом данных электродвигателей является их стоимость, в 3 раза превышающая стоимость аналогичных российских электродвигателей.

Расчет номинального тока, потребляемого электродвигателем SIMOTICS SD 1LE1 и A03400M10Y2 рассчитан по формуле (1). Результаты расчетов занесены в приложение А, таблицу А8.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А8, был выбран электродвигатель компании Баранчинский ЭМЗ. Данный электродвигатель по характеристикам не уступает электродвигателю компании Siemens, стоимость в 2 раза ниже, но гарантийный срок в 2 раза ниже.

Расчет номинального тока, потребляемого электродвигателем SIMOTICS SD 1LE1 и 2B250M2Y2.5 рассчитан по формуле (1). Результаты расчетов занесены в приложение А, таблицу А9.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А9, был выбран электродвигатель компании Siemens. Данный электродвигатель не значительно превосходит российский аналог по характеристикам, но уступает в цене в 2 раза.

Расчет номинального тока, потребляемого электродвигателем SIMOTICS SD 1LE1 и 4A280M6Y3 рассчитан по формуле (1). Результаты расчетов занесены в приложение А, таблицу А10.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А10, был выбран электродвигатель компании УТК-Челябинск. Данный электродвигатель по характеристикам не уступает электродвигателю компании Siemens и в 4 раз дешевле.

Расчет номинального тока, потребляемого электродвигателем 1LA7 IMB5 и 3B160M2Y2.5 рассчитан по формуле (1). Результаты расчетов занесены в приложение А, таблицу А11.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А11, был выбран электродвигатель компании ООО «Аверс Техно». Данный электродвигатель по характеристикам не уступает электродвигателю компании Siemens и в 5 раз дешевле.

Расчет номинального тока, потребляемого электродвигателем SIMOTICS GP 1LA и AIP160S6Y3 рассчитан по формуле (1). Результаты расчетов занесены в приложение А, таблицу А12.

По характеристикам электродвигателей, приведенных в приложении А, таблице А12, был выбран электродвигатель компании УТК-Челябинск. Данный электродвигатель по характеристикам не уступает электродвигателю компании Siemens и в 2 раз дешевле.

В ходе сравнения характеристик электродвигателей, были выбраны электродвигатели следующих фирм: Siemens (Германия), УТК-Челябинск (Россия), Баранчинский ЭМЗ (Россия) и ООО «Аверс Техно» (Россия).

Общие расходы на приобретение электродвигателей приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Общие расходы на приобретение электродвигателей

Электродвигатель	Стоимость за единицу, млн. руб	Количество, шт	Общая стоимость, млн. руб
SIMOTICS SD 1LE3	1,659	8	13,272
SIMOTICS SD 1LE2	1,150	2	2,300
A03400M10Y2	0,335	6	2,010
SIMOTICS SD 1LE1	0,300	4	1,200
4A280M6Y3	0,081	6	0,486
3B160M2Y2.5	0,019	2	0,038
AIP160S6Y3	0,012	6	0,072
	Итого:	34	19,378

3.3 Силовые кабели

Силовой кабель – это кабель для передачи электроэнергии. В практическом смысле подразумевается передача электроэнергии от РУСН

второго энергоблока к потребителям электроэнергии. Для передачи электроэнергии потребителям СН использовался силовой кабель марки АВВГ. Общая длина кабелей достигает 9065 метров. Данные кабели были проложены в 1980 году и за 26 лет использования, ни разу не заменялись.

Для замены силовых кабелей, произведем расчет сечений проводников питающих сетей.

Сечение кабелей цеховых сетей напряжением до 1 кВ выбирается сравнением расчетного тока линии с допустимым длительным током принятых марок проводов и кабелей с учетом условий их прокладки и температуры окружающей среды.

Должно выполняться условие:

$$I_p \leq K_n \cdot I_{\text{дон}} \quad (2)$$

где, I_p - расчетный ток линии, А;

K_n - поправочный коэффициент на условия прокладки, о.е.;

$I_{\text{дон}}$ - допустимый длительный ток на кабели данного сечения, А.

$$I_{\text{дон}} = I_{\text{дон}}^{\text{табл}} \cdot 0.92 \quad (3)$$

где, $I_{\text{дон}}^{\text{табл}}$ – допустимый табличный ток для трехжильных кабелей, А;

0.92 – коэффициент, учитывающий ток четырехжильных кабелей, о.е.;

$$K_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (4)$$

где, K_1 - поправочный коэффициент, зависящий от температуры окружающей среды, о.е.;

K_2 - поправочный коэффициент на число работающих кабелей, о.е.;

K_3 - поправочный коэффициент на способ прокладки, равный 1, о.е.

Произведем расчет выбора силового кабеля для электродвигателя SIMOTICS SD 1LE3.

Используя приложение П6 Правил Устройства Электроустановок (ПУЭ) найдем необходимые снижающие коэффициенты.

Фактическая температура окружающей среды в зоне прокладки силового кабеля равна $+25^{\circ}\text{C}$, поправочный коэффициент, зависящий от температуры окружающей среды принимаем равным 1.

Используется два многожильных кабеля, прокладываемых в коробе. Поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей, принимаем равным 1.

Так как, коэффициент использования данного электродвигателя больше 0.7, поправочный коэффициент на число работающих кабелей принимаем равным 0.67.

Подставив данные значения в формулу (4), найдем поправочный коэффициент на условия прокладки:

$$K_n = 1 \cdot 0.67 \cdot 1 = 0.67 \text{ о.е.}$$

Используя таблицу А13 в приложении А, допустимые токовые нагрузки кабелей с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката на напряжение до 3 кВ включительно, производства ООО «Кейбл Трейд Кампани», произведем расчет допустимого длительного тока для кабелей сечения 4 мм^2 , 6 мм^2 , 10 мм^2 , 16 мм^2 , 25 мм^2 , 35 мм^2 , 50 мм^2 , 70 мм^2 , 95 мм^2 , 120 мм^2 , 150 мм^2 , 185 мм^2 и выберем наиболее подходящий к расчетному току.

Используя значения, представленные в таблице 1 и подставив их в формулу (3), выберем подходящий кабель для питания электродвигателя.

Для кабеля с номинальным сечением жилы 95 мм^2 :

$$I_{дон} = 274 \cdot 0.92 = 252A$$

$$I_p \leq 0.67 \cdot 252$$

$$326A \leq 170A$$

Кабель с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката сечением 95 мм^2 не удовлетворяет условиям выбора кабеля, т.к. расчетный ток электродвигателя в 1.91 раза больше.

Для кабеля с номинальным сечением жилы 120 мм^2 :

$$I_{дон} = 321 \cdot 0.92 = 295A$$

$$I_p \leq 0.67 \cdot 295$$

$$326A \leq 198A$$

Кабель с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката сечением 120 мм^2 не удовлетворяет условиям выбора кабеля, т.к. расчетный ток электродвигателя в 1.64 раза больше.

Для кабеля с номинальным сечением жилы 150 мм^2 :

$$I_{дон} = 370 \cdot 0.92 = 340A$$

$$I_p \leq 0.67 \cdot 340$$

$$326A \leq 228A$$

Кабель с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката сечением 150 мм^2 не удовлетворяет условиям выбора кабеля, т.к. расчетный ток электродвигателя в 1.42 раза больше.

Для кабеля с номинальным сечением жилы 185 мм^2 :

$$I_{\text{дон}} = 421 \cdot 0.92 = 387 \text{ A}$$

$$I_p \leq 0.67 \cdot 387$$

$$326 \text{ A} \leq 259 \text{ A}$$

Кабель с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката сечением 185 мм^2 не удовлетворяет условиям выбора кабеля, т.к. расчетный ток электродвигателя в 1.25 раза больше.

Для кабеля с номинальным сечением жилы 240 мм^2 :

$$I_{\text{дон}} = 499 \cdot 0.92 = 459 \text{ A}$$

$$I_p \leq 0.67 \cdot 459$$

$$326 \text{ A} \leq 308 \text{ A}$$

Кабель с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката сечением 240 мм^2 не удовлетворяет условиям выбора кабеля, т.к. расчетный ток электродвигателя в 1.05 раза больше.

При расчете сечения кабеля с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката сечением от 95 до 240 мм^2 , ни один из перечисленных кабелей не подошел. Произведем повторный расчет,

используя два кабеля для питания электродвигателя. Полученные значения занесены в приложение А, таблицу А14.

Для питания электродвигателя SIMOTICS SD 1LE3 были выбраны два кабеля ВВГнг-LS 3x95+1x50.

Выбранное сечение кабеля проверим по допустимой потере напряжения. Делается это с целью обеспечения нормального напряжения на зажимах электроприемника в пределах допустимых отклонений.

Потеря напряжения в сети определяется по формуле, %:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100 \quad (5)$$

где, I_p - расчетный ток линии на данном участке, А;

L - расстояние от точки питания до точки приложения равнодействующей нагрузки, км;

r_0, x_0 - активное и индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности данного участка, о.е.;

U_n - линейное напряжение, равное 380В.

Рассчитаем потерю напряжения в сети для выбранного кабеля:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 333 \cdot 0.065}{380 \cdot 2} \cdot (0.195 \cdot 0.95 + 0.081 \cdot 0.312) \cdot 100 = 1,03\%$$

Потери напряжения в сети для двух кабелей ВВГнг-LS 3x95+1x50 не превышает 10%.

Выбор кабелей для остальных электроприемников производим аналогично, результаты сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Выбор кабелей для питания электродвигателей.

Тип электродвигателя	Марка кабеля	Сечение кабеля, <i>мм²</i>	Потери напряжения, %
SIMOTICS SD 1LE3	ВВГнг-LS	2(3x95+1x50)	1,03
SIMOTICS SD 1LE2	ВВГнг-LS	2(3x95+1x50)	1,19
A03400M10Y2	ВВГнг-LS	2(3x95+1x50)	1,35
SIMOTICS SD 1LE1	ВВГнг-LS	3x95+1x50	2,39
4A280M6Y3	ВВГнг-LS	3x95+1x50	2,55
3B160M2Y2.5	ВВГнг-LS	3x10+1x6	1,75
АИР160S6Y3	ВВГнг-LS	3x10+1x6	2,87

Произведем расчет общей стоимости кабеля. Результаты сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет стоимости кабеля

№	Марка кабеля	Сечение кабеля, <i>мм²</i>	Длина, м	Стоимость, м/руб	Итого, млн. руб
1	ВВГнг-LS	3x95+1x50	8000	1410	11,280
2	ВВГнг-LS	3x10+1x6	1065	309	0,116
-	-	Итого:	9065	-	11,396

3.4 Автоматические выключатели

Старые автоматические выключатели советского производства серии АЗ794С, АЗ794Б и Э16В имеют номинальные токи 200, 250, 400, 630 и 1600А и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 660 В переменного тока и до 440 В постоянного тока.

В приложении А, на рисунке А2 изображены автоматические выключатели АЗ794Б и Э16В.

Выключатели предназначены для отключения тока при коротких замыканиях и перегрузках в электрических сетях, отключений при недопустимых снижениях, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

В настоящий момент, данные автоматические выключатели морально и технически устарели. На место устаревших советских выключателей, были выбраны современные немецкие выключатели компании Schneider Electric.

Для замены автоматического выключателя серии А3794Б, был выбран автоматический выключатель SE Compact CVS 250N. Технические характеристики приведены в приложении А, таблице А15.

В приложении А, на рисунке А3 изображен автоматический выключатель SE Compact CVS 250N.

Для замены автоматического выключателя серии А3794С, был выбраны автоматические выключатели SE Compact CVS 200N, 400N, 630N. Технические характеристики приведены в приложении А, таблице А16.

Для замены автоматического выключателя серии Э16В, был выбран автоматический выключатель SE Compact NS1600 NS 3P+ MICROLOGIC 2.0. Технические характеристики приведены в приложении А, таблице А17.

В приложении А, на рисунке А4 изображен автоматический выключатель SE Compact NS 1600N.

Оснащенные блоками контроля и управления Micrologic нового поколения, современные автоматические выключатели Compact NS обеспечивают, в дополнение к функциям измерения и анализа параметров электросети, измерение мощности и учет электроэнергии.

Опция передачи данных позволяет контролировать потребление мощности, упростить обслуживание и сделать более удобным управление аппаратами.

Автоматические выключатели серии Compact NS выпускаются в одном типоразмере, что облегчает монтаж и позволяет уменьшить габариты электрораспределительного шкафа.

Технология Compact NS удовлетворяется все требования к аппарату защиты номиналом от 630 до 1600 А с отключающей способностью от 50 до 200 кА. Оборудованные электронными блоками контроля и управления, автоматические выключатели Compact NS гарантируют защиту и измерение всех параметров электрической сети.

Compact NS удовлетворяет требованиям любых применений: защита электроустановок переменного тока, генераторов и электродвигателей, работа в цепях напряжением 1000 В, использование в качестве выключателя нагрузки и аппарата ввода резерва.

Благодаря взаимозаменяемым расцепителям и стандартизированным аксессуарам, возможности замены калибратора защиты без разборки аппарата и добавления функции сигнализации и управления, делают Compact NS является идеальным выбором.

Чтобы оптимизировать эксплуатацию и техническое обслуживание электроустановок, выключатели могут быть интегрированы в общую систему автоматизированного управления.

Это позволяет запрограммировать удаленную индикацию аварийных состояний. Програмное обеспечение PowerLogic ION Enterprise позволяет использовать результаты измерения электрических параметров (ток, напряжение, энергия, частота, мощность и качество электроэнергии) для оптимизации управления потребителем и повышения бесперебойности электроснабжения.

Автоматические выключатели серии Compact могут быть оборудованы взаимной блокировкой, позволяющей использовать их для ввода резерва. В аппаратах на ток 100 А и выше, переключение источников питания с основного на резервный с целью обеспечить бесперебойное электроснабжение осуществляется с помощью электродвигательного привода. Со специальными блоками контроля и управления обеспечивают защиту электродвигателя мощностью до 750 кВт.

Селективная защита – стандартная функция всех аппаратов этой серии, обеспечиваемая без каких-либо дополнительных устройств.

При возникновении аварийного состояния срабатывает только автоматический выключатель, расположенный выше места повреждения.

Таким образом гарантируется бесперебойность работы других цепей питания.

Устойчивость автоматических выключателей серии Compact NS к внешним помехам соответствует строгим требованиям стандарта МЭК 60947-2 (Приложение F).

Аппараты могут работать в сложной элеткромагнитной обстановке не производя помех, способных нарушить работу другого элеткрооборудования.

Для автоматического выключателя расцепитель является еще и блоком контроля и управления. Он выполняет различные типы измерений и управляет различными типами защит.

Расцепитель точно измеряет параметры электрической сети, незамедлительно рассчитывает и регистрирует значения, ведет журнал отключений, ведет отчеты, обменивается данными, отключает аппарат и т.д. Он представляет собой сверхнадежное устройство защиты и точный измерительный прибор.

Компания Schneider Electric организует свою деятельность с учетом экологических требований. Все автоматические выключатели соответствуют требованиям европейской директивы RoHS (Ограничения содержания вредных веществ) и сертифицирована на соответствие ISO 14001 по защите окружающей среды.

В таблице 4 приводится перечень новых автоматических выключателей и их стоимость.

Таблица 4 – Автоматические выключатели серии Compact NS

Автоматический выключатель	Стоимость, шт/тыс.руб	Количество, шт	Общая стоимость, млн.руб
SE Compact CVS 200N	12,1	2	0,024
SE Compact CVS 250N	12,4	67	0,830
SE Compact CVS 400N	21,1	18	0,379
SE Compact CVS 630N	46,4	3	0,139
SE Compact NS 1600N	213,5	12	2,562
Итого:		103	3,936

3.5 Трансформаторы тока

В настоящее время в РУСН используются трансформаторы тока ТОП-0.66 производства 1992 года. За 24 года использования данные трансформаторы тока морально и технически устарели.

В приложении А, на рисунке А5 изображен трансформатор тока ТОП-0.66 производства 1992 года.

Для замены устаревших трансформаторов тока, были рассмотрены трансформаторы тока производителей: АЭТЗ, КЭАЗ, Меандр, Самарский трансформатор, СЗТТ, Электрозавод, Электроприбор, ЭЛТИ, АВВ, ЕКФ, Emotron, Hyundai, IEK, Legrand, Schneider Electric, Siemens и Weidmueller. Серий ТРП, ТТИ, ТТИ-А, С, СТ, СТА, Emax, IMP, Isomax, Powerlogic, Tesys T, Tesys U, Tmax, TR, TRFM.

Для замены устаревших трансформаторов тока, были выбраны современные российские трансформаторы тока ТТИ-А и ТТИ-125 производства компании IEK.

Трансформаторы тока ТТИ предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам или устройствам защиты и управления. Соответствуют требованиям ГОСТ 7746.

Преимуществом данных трансформаторов тока является медная луженная шина, которая дает возможность подключать как медные, так и алюминиевые проводники. Корпус всех трансформаторов ТТИ выполнен из самозатухающего пластика. В комплект каждого трансформатора входит крышка, которой закрываются клеммы вторичной обмотки, а также трансформаторы ТТИ комплектуются винтами и гайками для крепления проводников.

Существуют два разных способа монтажа: на шину, при помощи специальной распорки, которая позволяет четко зафиксировать трансформатор на шине и на панель, с использованием специальных кронштейнов.

В приложении А, на рисунке А6 изображен трансформатор тока ТТИ производства 2016 года.

В приложении А, таблице А18 указаны технические характеристики трансформатора тока ТТИ-А и ТТИ-125.

Произведем расчет затрат на приобретение необходимого количества трансформаторов тока серии ТТИ. Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Затраты на приобретение трансформаторов тока

Трансформатор тока	Стоимость, шт/тыс.руб	Количество, шт	Общая стоимость, млн.руб
ТТИ-А 200/5	0,700	30	0,021
ТТИ-А 400/5	0,715	34	0,024
ТТИ-125 1500/5	2,500	28	0,070
Итого:		92	0,115

3.6 Рубильники

В настоящее время в РУСН 2ЭБ НК НПЗ используются рубильники серии Р на 1600А. Данные рубильники были изготовлены в СССР в 1980 году. Спустя 36 лет использования, рубильники находятся в плохом моральном и техническом состоянии.

Согласно правилам устройства электроустановок, пункту 4.1.10. Были выбраны новые рубильники РПБ-16 на 1600А.

Рубильник РПБ-16 с ручным боковым приводом предназначен для редких неавтоматических включений и отключений силовых электрических цепей переменного тока без нагрузки в устройствах распределения электрической энергии.

Рубильник устанавливаются в закрытых шкафах, ящиках, щитах низкого напряжения, распределительных устройствах, комплектных трансформаторных подстанциях и т.д.

Рубильник РПБ-16 является трех-полюсным коммутационным аппаратом открытого исполнения, и имеет боковую ручку для включения и отключения.

В приложении А, на рисунке А7 изображен рубильник РПБ-16.

Рубильник РПБ состоит из изоляторов, на которые установлены держатели-контакты плавких вставок ПН, установленных на общей плите.

Рубильник РПБ исключает возможность самостоятельного включения или отключения, для заземления имеется специальный винт. Включенное и отключенное положение изделия определяется положением рукоядки привода. В рубильнике с предохранителями на общей плите серии РПБ применяется предохранитель ПН-2 или ППН-39.

В распределительных устройствах собственных нужд применяется два рубильника, в шкафу №1 и в шкафу №50.

В таблице 6 приведены технические характеристики рубильника РПБ-16, необходимое количество для замены и общая стоимость новых рубильников.

Таблица 6 – Технические характеристики РПБ-16

Номинальный ток, А	1600
Климатическое исполнение	У3
Предохранители	ПН-2/ППН-39
Стоимость, шт/тыс.руб	16
Общее количество, шт	2
Общая стоимость, млн.руб	0,032

3.7 Панели распределительных щитов

Для замены морально и технически устаревших шкафов для распределительного устройства собственных нужд, были выбраны современные панели распределительных щитов ЩО-70.

В приложении А, на рисунке А8 изображен распределительный щит ЩО-70.

Панели распределительных щитов ЩО-70 предназначены для защиты электрических цепей от токов короткого замыкания распределительных устройств напряжением 380В переменного тока частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью, служащих для приёма и распределения электрической энергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания.

Панели предназначены для установки в электропомещениях закрытого типа.

Производство ЩО-70 начинается с разработки конструктивных чертежей изделия. По ним, из листового металла необходимой толщины, производится заготовка деталей корпуса станком лазерной резки с последующей гибкой и сваркой. Габаритные размеры изделия согласуются с

заказчиком. По спецзаказу длина фасада может быть уменьшена до 600 мм. После, детали корпуса отправляются на порошковую покраску и в камеру полимеризации. К оборудованию главных схем соединений для ЩО-70 относятся разъединители РПС, РЕ и РПБ, привода на разъединители, выключатели автоматические и трансформаторы тока измерительные ТТИ.

По окончании установки силового оборудования, начинается монтаж вторичных цепей управления, по разработанным и согласованным с заказчиком схемами.

Условия эксплуатации ЩО-70 удовлетворяют текущим условиям эксплуатации, а именно высота над уровнем моря не более 2000 метров, температура окружающего воздуха от -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха не более 90% при температуре окружающего воздуха до $+25^{\circ}\text{C}$, отсутствуют резкие толчки, удары и тряски, рабочее положение в пространстве вертикальное, возможно отклонение от вертикали 5° в любую сторону, окружающая среда не взрывоопасная, не содержит агрессивных газов и паров в концентрациях разрушающих металл и изоляцию.

В приложении А, таблице А19 указываются основные параметры, соответствующие характеристикам ЩО-70.

Изучив основных производителей панелей распределительных щитов ЩО-70, такие как Челябинский завод электрооборудования, «Техэнергокомплекс», ООО «Симбирск ЭЛ», Объединение Электросервис, ООО «ЭлектроКомплект». Для приобретения панелей был выбран Челябинский завод электрооборудования. Основными критериями для выбора данного производителя стали сравнительно невысокая цена продукции и хорошая репутация.

В таблице 7 приводится расчет затрат на приобретение необходимого количества распределительных щитов ЩО-70.

Таблица 7 – Затраты на приобретение ЩО-70

Панель распределительных щитов	Стоимость, шт/тыс.руб	Количество, шт	Общая стоимость, млн.руб
ЩО-70	33,2	50	1,660

3.8 Освещение

Для замены морально и технически устаревшего освещения, были выбраны современные светильники компании “Световые Технологии”. Данная компания является крупнейшим производителем и поставщиком современных энергоэффективных светотехнических решений в России.

Для замены устаревших ламповых светильников типа ЛПО 4x18 и ЛВО 4x18 в административном здании и в центральном щите управления, были выбраны светодиодные светильники OPTIMA ECO LED. Данный светильник имеет ряд преимуществ перед своими конкурентами.

Светильники OPTIMA ECO LED встраиваются в подвесные потолки типа «Армстронг» или монтируются на поверхность потолка, в специальной версии устанавливаются на подвесах в потолки типа «Грилиато». В нашем случае, данные светильники встраиваются в подвесные потолки типа «Армстронг». Дополнительно в данные светильники может быть встроен блок аварийного питания.

В местах с повышенным содержанием пыли и влаги, такие как душевые, туалеты, тамбуры и лестничные, будут установлены новые светодиодные светильники CD LED со степенью защиты IP65. Данные светильники изготавливаются со встроенным датчиком движения и аварийным блоком питания.

В аварийных и чрезвычайных ситуациях, все направления к выходу, основные и запасные выходы будут оборудованы светодиодными светильниками серии URAN.

Светильник с максимальной защитой IP65 и большим количеством модификаций разработан для решения самых сложных задач аварийного освещения и пригоден для работы при температурах до -30°C.

Технические характеристики данных светильников приводятся в приложении А, таблице А20.

В приложении А, на рисунке А9 изображены светодиодные светильники OPTIMA ECO LED, URAN LED и CD LED.

В здании РУСН, для замены старых светильников типа ЛСП будут использованы светодиодные светильники LZ.OPL ECO LED. Технические характеристики данного светильника приводится в приложении А, таблице А21.

В приложении А, на рисунке А10 изображен светодиодный светильник LZ.OPL ECO LED.

Для проектирования систем освещения в зданиях второго энергоблока используем программу DIALux. С помощью данной программы найдем необходимое количество светильников и их месторасположение. В приложении А, таблице А27 приводится перечень помещений с указанием числа светильников и освещенности данного помещения.

Общее количество и стоимость светильников приводятся в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на приобретение светильников

Светильник	Стоимость, шт/тыс.руб	Количество, шт	Общая стоимость, млн.руб
OPTIMA ECO LED	3,760	552	2,075
CD LED	3,434	200	0,686
URAN LED	4,792	31	0,148
LZ.OPL ECO LED	6,527	327	2,134
Итого:		1110	5,043

3.9 Электромонтажное и щитовое оборудование

Для установки модульного оборудования на объектах второго энергоблока были выбраны навесные распределительные щиты АВВ серии Mistral.

В приложении А, на рисунке А11 изображен распределительный шкаф АВВ серии Mistral.

Расчет номинальных токов для автоматических выключателей происходил с учетом условного выбора нагрузки. Нагрузка для одного кабинета рассчитывалась исходя из мощности настольного компьютера (500 Вт), принтера (100 Вт) и кондиционера (800 Вт).

Для защиты людей от поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям и от возникновения пожара, к вводному автоматическому выключателю подключим устройство защитного отключения.

Результаты расчетов номинальных токов и необходимого количества автоматических выключателей приводятся в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты расчетов номинальных токов и выбор автоматических выключателей

Здание	Вводной автоматический выключатель	Автоматический выключатель для розеточных групп	Автоматический выключатель для освещения
Административное здание 1 этаж	80 А	25 А	16 А
Административное здание 2 этаж	63 А	25 А	16 А

Центральный щит управления	40 А	25 А	16 А
РУСН 1 этаж	40 А	25 А	16 А
РУСН 2 этаж	40 А	25 А	16 А

Список выбранного оборудования (автоматические выключатели и устройства защитного отключения) и его количество приводится в приложении А, таблицах А22-А26.

Одним из основных параметров для выбора устройства защитного отключения, был дифференциальный ток (ток утечки). После вводного выключателя устанавливается УЗО на 300 мА для защиты от возникновения пожаров, но оно не пригодно для защиты человека, т.к. обладает слишком низкой чувствительностью. Для розеточных групп, после автоматического выключателя устанавливается УЗО на 100 мА и 30 мА, для защиты человека от поражения электрическим током.

Рассчитаем общую стоимость автоматических выключателей, устройств защитного отключения и распределительных шкафов. Результаты расчетов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Затраты на приобретение автоматических выключателей, устройств защитного отключения и распределительных шкафов.

Оборудование	Номинальный ток, А	Стоимость, шт/тыс.руб	Количество, шт	Общая стоимость, тыс.руб
Автоматические выключатели				
ИЭК				
ВА47	80	0,438	1	0,438
ВА47	25	0,384	24	9,216

BA47	16	0,086	3	0,258
ABB				
S203	63	0,584	1	0,584
S201	40	0,383	3	1,149
S201	25	0,354	36	12,744
S201	16	0,257	12	3,084
Итого:			80	27,473
Устройства защитного отключения				
ИЭК				
ВД1-63	80	1,250	1	1,250
ВД1-63	25	0,854	24	20,496
ABB				
F202	63	4,268	1	4,268
F202	40	3,913	3	11,739
F202	25	3,735	36	134,460
Итого:			71	172,213
Распределительные шкафы				
ABB				
Mistral	72 бокса	7,060	2	14,120
Mistral	36 бокса	3,859	3	11,577
Итого:			5	25,697
Общие расходы:			225,383	

Силовые щиты в электроснабжении играют центрально-распределительную роли и устанавливаются для правильной коммутации и защиты электросетей объектов с многочисленными потребителями: жилые дома, квартиры, производственные участки, офисные и торговые помещения. В зависимости от задач в щите устанавливаются такие устройства, как

автоматические выключатели, или попросту автоматы; устройства защитного отключения (УЗО); ограничители, различные индикаторы и прочие устройства для защиты и управления.

Для их соединения внутри щита в цепях малой и средней мощности применяется провод установочный, отвечающий требованиям гибкости для монтажа в ограниченном пространстве в закрытых помещениях. Само собой, использовать провод с алюминиевыми жилами при такой задаче нерационально. Подойдет отечественной провод установочный ПВЗ, устаревшая маркировка которого до сих пор в ходу, несмотря на отмену ГОСТа 6323-70. Тоже касается и провода установочного ПВ 1, который отличается классом гибкости. Современное обозначение согласно ГОСТ Р 53768-2010: Гибкий провод с многопроволочной жилой – ПуГВ.

Установочные провода ПВ выдерживают механические удары, линейное ускорение, изгибы, вибрационные нагрузки, акустические шумы, не распространяют горение, а также не подвержены воздействию плесневелых грибов.

Срок службы провода ПВ не менее 20 лет при соблюдении потребителем требований по транспортированию, хранению, монтажу и эксплуатации.

Для освещения выбран провод ВВГнг-LS диаметром 1.5 мм кв, а для розеточных групп ВВГнг-LS сечением 2.5 мм кв. Провод ВВГнг-LS является вершиной семейства кабельной продукции с аббревиатурой ВВГ.

Срок службы провода ВВГнг-LS не менее 30 лет при соблюдении потребителем требований по транспортированию, хранению, монтажу и эксплуатации.

Необходимая длина проводов, сечения и их стоимость приводится в таблице 11.

Таблица 11 – Провода для электропроводки

Кабель	Сечение, мм ²	Стоимость метра провода, руб/м	Длина, м	Общая стоимость проводов, тыс.руб
ПВЗ	1x1.5	6,41	30	0,192
ПВЗ	1x6	23,00	15	0,345
ПВЗ	1x10	45,20	10	0,452
ПВЗ	1x16	98,30	10	0,983
Итого:			130	1,972
ВВГнг-LS	3x1.5	21,95	1000	21,950
ВВГнг-LS	3x2.5	35,21	1000	35,210
Итого:			2000	57,160
Общие расходы:				59,132

Произведем расчет общей стоимости электромонтажного и щитового оборудования. Результаты расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Общие расходы на электромонтажное и щитовое оборудование

Оборудование	Общая стоимость, тыс.руб
Автоматические выключатели	27,473
Устройства защитного отключения	172,213
Распределительные шкафы	25,697
Провода	59,132
Итого:	284,515

3.10 Общая стоимость оборудования

Произведем расчет общей стоимости нового оборудования. Результаты расчетов приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Общая стоимость оборудования

№ п/п	Оборудование	Стоимость, млн.руб
1	Электродвигатели	19,378
2	Силовой кабель	11,396
3	Автоматические выключатели	3,936
4	Трансформаторы тока	0,115
5	Рубильники	0,032
6	Панели распределительных щитов	1,660
7	Освещение	5,043
8	Электромонтажное и щитовое оборудование	0,284
	Итого:	41,844

4 Монтаж электрооборудования

Монтаж электрооборудования проводят в две стадии. Первая стадия – это подготовка трасс для кабельных силовых линий, закладка строительных конструкций для установки электрооборудования, прокладка заземляющих устройств, оборудование трасс внешних электропроводок. Как правило, монтаж электрооборудования на первой стадии завершается косметическим ремонтом помещения – об этом следует знать и позаботиться заранее, чтобы соблюсти нормы СНиП и придать помещению эстетически привлекательный вид.

Вторая стадия представляет собой выполнение сборочных работ. Монтаж электрооборудования завершается ревизией, которая производится в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей оборудования [7].

Помимо прочего, монтажные работы включают в себя монтаж электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры. Важно знать, что монтаж крупных установок требует использования специальных оборудованных машин: тельферов, кранов, погрузчиков и подъемников. Недопустимо использование при монтаже электрооборудования веревок, тросов, лебедок и талей, а также живой рабочей силы при установке двигателей на фундамент, если их вес превышает допустимый. Также монтаж и наладка электрооборудования сопровождаются продувкой электродвигателей сжатым воздухом, снаружи его обрабатывают ветошью, смоченной в керосине или аналогичной жидкости. Замена смазки в подшипниках качения необязательно, если это не предусмотрено плановыми работами.

Монтаж распределительных шкафов осуществляется с учетом особенностей помещения, способа прокладки кабелей и условий эксплуатации. Лучшим вариантом для офиса, где проводка будет скрыта, будет внутренний электрощит. Для открытой электропроводки подойдет накладной щит-короб.

Сборка оборудования может производиться как по типовым, так и по индивидуальным электропроектам. На каждом этапе работы осуществляется контроль за качеством сборки. К электрощитам для промышленных объектов предъявляются более высокие требования по безопасности, надежности и автоматизации. Такое оборудование требует дополнительной защиты от пыли и влаги.

Требования к промышленному освещению более жесткие, чем в частных домах или квартирах. Они предусматривают длительное пребывание и выполнение работ в условиях искусственного освещения значительного числа людей. Нормативная документация регламентирует характеристики света, исходя из научных данных об оптимальной производительности труда с учетом требований освещенности, энергосбережения и защиты зрения сотрудников с учетом остальных производственных факторов. В строгом соответствии со СНиП производится расчет освещенности, подбираются светильники и места их размещения для обеспечения рассеянного света.

Важным условием при электромонтаже освещения промышленных объектов и мест массового скопления людей считается обеспечение безопасности людей. Прежде всего подбор конструкций, светильников и прокладки должны соответствовать, электро- и пожаробезопасности, как правило, предъявляются более жесткие требования к ударопрочности, пылезащищенности, также учитываются особенности производственных процессов, накладывающие дополнительные требования к проектированию и монтажу промышленного освещения.

5 Автоматизированная система управления зданием

Одной из важнейших задач в строительстве и оснащении современных зданий является внедрение энергоэффективных технологий, интеграция всего оборудования в единую слаженную цепь. Подход к проектированию современных зданий меняется, на сегодняшний день это сложносочиненная система различных коммуникаций, управление ими с помощью устаревших механических методов устарело и стало неэффективным. Задачи измерения, контроля и оптимизации рабочих показателей здания решает Автоматизированная Система Управления Зданиями.

Автоматизированные Системы Управления Зданием – это в первую очередь, многоуровневая автоматизация, необходимая для контроля над всеми инженерными системами здания, а во вторую очередь – интеграция всего оборудования в единую слаженную цепь управления, а также управление лифтами, сигнализацией, связью – контролируется и корректируется из единого центра – диспетчерского пункта, который территориально может располагаться даже на значительном расстоянии от здания – объекта управления.

Центром управления АСУЗ является компьютер или комплекс технических средств, состоящий из нескольких компьютеров с необходимым обеспечением. К комплексу технических средств или просто к компьютеру через локальную сеть (Lonworks, Modbus, BACnet или Ethernet) присоединены контроллеры, принимающие сигналы от датчиков и управляющих элементов, встроенных в инженерное оборудование здания. Контроллеры, в свою очередь, формируют команду для управляющего устройства или же посылают сигнал на центральный компьютер. Взаимосвязь подсистем особо важна при возникновении нештатных аварийных или чрезвычайных ситуаций, например, стихийное бедствие, пожар, затопление, отказ одной из систем жизнеобеспечения.

Для построения автоматизированной системы управления зданием, выбрано оборудование компании Schneider Electric, мирового эксперта в области управления зданиями.

Система управления зданиями удобна тем, что все процессы, происходящие в инженерной сети, отслеживаются в одном центре и регулируются с учетом всех параметров.

В приложении А, таблице А28 приводится перечень систем управления автоматизированной системой управления здания.

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра данная автоматическая система управления не рассматривается, но в будущих проектах (модернизации предприятия) она предусмотрена.

В настоящее время в России широко используется оборудование для АСУЗ немецкой фирмы Schneider Electric. Программно-аппаратный комплекс Smart Struxure позволяет обеспечивать комплексный подход к мониторингу, контролю и управлению системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, энергией, освещением и другими важнейшими системами жизнеобеспечения зданий.

Для работы АСУЗ предусмотрена установка специального оборудования: программное обеспечение (сервер предприятия, сервер отчетов, рабочая станция, веб-страница и мобильное приложение “Technican Tool”), семейство серверов автоматизации (сервер автоматизации, источник питания и модули с аналоговыми выходами) и контроллеры LON (контроль и управление оборудованием).

Сервер предприятия – это программно-реализованный сервер, осуществляющий сбор данных по объекту для их агрегирования и архивации, достаточно гибкий для запуска автономных приложений. Сервер предприятия также служит единым интерфейсом администрирования для рабочей станции и веб станции.

Сервер предприятия является центральной точкой, из которой пользователи могут конфигурировать, управлять и отслеживать всю систему.

Сервер предприятия может осуществлять запуск множества программ управления с помощью различных протоколов. Он способен управлять аварийными сигналами, пользователями, регламентами и записями. Данные из сервера предприятия могут доставляться прямо к пользователю или на другие устройства и сервера объекта или предприятия.

Сервер отчетов, поставляемый совместно с сервером предприятия, расширяет возможности работы с отчетами. Он способен осуществлять обработку больших объемов данных и создавать значимые отчеты в целях упрощения анализа и оптимизации каждой установки.

Рабочая станция представляет собой полнофункциональную среду для работы и администрирования всех аспектов программного обеспечения. Рабочая станция представляет собой “окно”, через которое пользователи могут отслеживать энергопотребление и постоянно улучшать эффективность своего предприятия.

Рабочая станция – это интерфейс, через который пользователи и операторы работают с серверами автоматизации и серверами предприятиями. Данное приложение позволяет просматривать графические элементы, сигналы, расписания и управлять ими.

Веб-станция представляет собой доступный через сеть пользовательский интерфейс для ежедневной работы с системой. Веб-станция интегрирована в каждый сервер автоматизации и сервер предприятия и обеспечивает удобный доступ к программному обеспечению из любой точки земного шара.

Мобильное приложение “Technician Tool” обеспечивает портативный и упрощенный пользовательский интерфейс для доступа к системе без необходимости использования специализированной рабочей станции или ношения с собой портативного ПК.

Сервер автоматизации – мощное средство, способное работать в качестве автономного сервера, а также управлять модулями ввода-вывода и контролировать устройства полевой шины. Имея возможность управлять

трафиком в выше- и нижерасположенных сегментах системы, сервер автоматизации может направлять данные непосредственно к пользователю или другим серверам на объекте. Он так же может исполнять многочисленные управляющие программы, управлять локальными модулями ввода/вывода, аварийными сигналами и профилями пользователей, обрабатывать расписания и зарегистрированные данные, а также обмениваться данными по множеству протоколов. Благодаря этому большинство частей системы может функционировать автономно и продолжать работу, даже если будет нарушена коммуникация или отдельные сервера автоматизации или другие устройства уйдут в режим «оффлайн».

Заключение

В выпускной квалификационной работе бакалавра были выполнены работы по снижению электропотребления на собственные нужды второго энергоблока Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода.

Проанализирована существующая система электроснабжения и оборудование. Для замены морально и технически устаревших электродвигателей советского производства, выбраны современные электродвигатели немецкого производства компании Siemens и российского производства компаний УТК-Челябинск, Баранчинский ЭМЗ и ООО «Аверс Техно». Кабель марки АВВГ, заменен на новый кабель марки ВВГнг-LS. Автоматические выключатели советского производства серии АЗ794С, АЗ794Б и Э16В, заменены на современные автоматические выключатели немецкого производства Schneider Electric серии CVS и NS. Трансформаторы тока ТОП-0.66, заменены на трансформаторы тока отечественного производства ТТИ-А и ТТИ-125. Рубильники советского производства серии Р, заменены на рубильники российского производства серии РПБ-16. Для монтажа силового оборудования, выбраны новые панели распределительных щитов ЩО-70 Челябинского завода электрооборудования.

Проанализирована существующая система освещения зданий. С помощью программы DIALux спроектирована новая система освещения с использованием современных энергоэффективных светодиодных светильников компании «Световые технологии». Для освещения административного здания и центрального щита управления, выбраны светильники Optima ECO LED и CD LED. Для освещения распределительного устройства собственных нужд, выбраны светильники LZ.OPL ECO LED. Для аварийного освещения используются вышеперечисленные светильники со встроенным блоком аварийного питания и светильники URAN ECO LED.

Для электроснабжения помещений и безопасности рабочего персонала выбраны автоматические выключатели и устройства защитного отключения марки ИЭК и АВВ. Для монтажа автоматических выключателей и устройств защитного отключения, выбраны распределительные шкафы марки АВВ серии Mistral. Для соединения внутри щита автоматических выключателей и устройств защитного отключения используются установочные провода ПВЗ.

Рассчитана общая стоимость нового оборудования, без учета доставки, монтажа и дополнительных затрат.

Рассмотрен монтаж электрооборудования, проводящийся в две стадии. Первая стадия – подготовка трасс для кабельных силовых линий, закладка строительных конструкций для установки электрооборудования, прокладка заземляющих устройств, оборудование трасс внешних электропроводок. Вторая стадия – выполнение сборочных работ.

Для будущих модернизаций энергоблока и уменьшения энергопотребления, предусмотрена установка автоматизированной системы управления зданием немецкого производства компании Schneider Electric. Автоматизированная система управления зданием – это в первую очередь, многоуровневая автоматизация, необходимая для контроля всеми инженерными системами здания, а во вторую очередь – интеграция всего оборудования в единую слаженную цепь управления, контролирующийся и управляющийся из единого центра – диспетчерского пункта, который может располагаться даже на значительном расстоянии от здания – объекта управления.

Список использованной литературы

1. Трухний А.Д. Основы современной энергетики. Современная теплоэнергетика : учебник для вузов / А.Д. Трухний, А.А. Макаров, В.В. Клименко – Москва : МЭИ, 2003. – 376 с.
2. Данилов Н.И. Основы энергосбережения : учебник для вузов / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков – Екатеринбург : УГТУ, 2006. – 569 с.
3. Данилов О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : О.Л. Данилов – Москва : МЭИ, 2010. – 188 с.
4. Гаврилин А.И. Энергосбережение на промышленных предприятиях : учебное пособие / А.И. Гаврилин, С.А. Косяков, М.И. Яворской – Томск : ТГУ, 2007. – 134 с.
5. Самойлов М.В. Основы энергосбережения : учебное пособие / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев – Минск : БГЭУ, 2002. – 198 с.
6. Васюков А.В. Основы энергосбережения : учеб.-метод. Пособие для студентов экономических и машиностроительных специальностей / А.В. Васюков – Новополоцк : ПГУ, 2011. – 384 с.
7. Клименко А.В. Электросбережение в теплоэнергетике и в теплотехнологиях : учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев – Москва : МЭИ, 2010. – 424 с.
8. Кузнецов Ю.В. Энергосберегающие технологии и мероприятия в системах энергоснабжения : учебное пособие / Ю.В. Кузнецов, С.В. Фёдорова – Екатеринбург : УрО РАН, 2008. – 356 с.
9. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация : учебник для вузов / Б.А. Соколов – М. : Изд-во «Академия», 2007. – 432 с.
10. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика : учебник для вузов / Г.Ф. Быстрицкий – М. : Изд-во «Академия», 2005. – 208 с.
11. Белоусенко У.В. Новые технологии и современное оборудование в электроэнергетике нефтегазовой промышленности : учебник для

- вузов / У.В. Белоусенко, Г.Р. Шварц – Москва : РГУ имени И.М. Губкина, 2007. – 478 с.
12. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики : учебник для бакалавров электротехнических и электроэнергетических направлений подготовки / Г.Ф. Быстрицкий – М. : Изд-во Кнорус, 2012. – 352 с.
 13. Михайлов В.В. Энергетика нефтяной и газовой промышленности : учебник для вузов / В.В. Михайлов, Е.С. Жуков, И.И. Суд – М. : Недра, 2010. – 350 с.
 14. Холянов В.С. Основы электроэнергетики : учебник для вузов / В.С. Холянов, О.М. Холянова – Владивосток : ДВГТУ, 2007. – 194 с.
 15. Ефременко В.М. Введение к электроэнергетику : учебное пособие для студентов очной формы обучения специальности 140211 «Электроснабжение» / В.М. Ефременко, Г.В. Отдельнова – Кемерово : КузТГУ, 2011. – 133 с.
 16. Белоусенко У.В. Новые технологии и современное оборудование в электроэнергетике газовой промышленности : учебник для вузов / У.В. Белоусенко, Г.Р. Шварц – Москва : РГУ имени И.М. Губкина, 2002. – 300с.
 17. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для вузов / Б.И. Кудрин – Москва : МЭИ, 2016. – 672 с.
 18. Сибикин М.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок : учебник для вузов / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин, В.А. Яшков – Москва : МЭИ, 2001. – 336 с.
 19. Абрамович Б.Н. Электроснабжение нефтегазовых предприятий : учебное пособие / Б.Н. Абрамович, Ю.А. Сычев, Д.А. Устинов – Санкт-Петербург : СПбГГИ, 2008. – 81 с.
 20. Копылов И.П. Проектирование электрических машин : учебник для вузов / И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев – М. : Высш. шк., 2002. – 757 с.

21. Вольдек. А.И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов – СПб. : Питер, 2008. – 350 с.
22. Рожин А.Н. Внутрицеховое электроснабжение : учебное пособие / А.Н. Рожин, Н.С. Бакшаева – Киров : ВятГУ, 2006. – 258 с.
23. Rasul M. Thermal Power Plants. Sydney, InTech publ., 2012. 178 p. DOI: 10.5772/46240
24. Zobaa A. Energy Storage - Technologies. London, InTech publ., 2013. 328 p. DOI: 10.5772/2550
25. Jansohn P. Modern Gas Turbine Systems. Cambridgeshire, Woodhead publ., 2013. 838 p.
26. Grigsby L. Electric power generation, transmission, and distribution. New York, CRC publ., 2013. 789 p.
27. Alexandra von Meier. Electric power systems. New Jersey, a John Wiley & Sons, publ., 2006. 328 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Перечень кабелей

№ шкафа	Подключение	Марка кабеля	Количество, шт	Сечение жилы, мм	Длина, м
1Н РУСН 0.4 кВ					
шк1	Ввод от резервного трансформатора	-	-	-	-
шк2	Резервное питание секции 1Н	-	-	-	-
шк3	Шкаф общесекционных устройств	-	-	-	-
шк4	ВВОД 1	АВВГ	1	3x150+1x50	65
	ПЭН 1	АВВГ	2	3x120+1x35	80
	ДРГ 1	АВВГ	1	3x50+1x25	100
шк5	ЩПТ	АВВГ	1	3x120+1x35	15
	ПЭН 4	АВВГ	2	3x120+1x35	55
	ТГ-1	АВВГ	1	3x95+1x35	30
шк6	ВВОД 2	АВВГ	1	3x95+1x35	55
	ДС 1	АВВГ	2	3x95+1x35	90
	РЭНМ 1	АВВГ	1	3x50+1x25	140
шк7	ВВОД 1	АВВГ	1	3x150+1x50	35
	МЭН-1	ВВГ	1	3x95+1x35	175
	ДВ-1	АВВГ	1	3x95+1x35	80
шк8	ВЦН-1	АВВГ	1	3x95+1x35	120
	МЭН-3	ВВГ	1	3x95+1x35	180
	Силовая сборка	АВВГ	1	3x95+1x35	70
шк9	Рабочее питание секции 1Н	-	-	-	-
2Н РУСН 0.4 кВ					
шк10	Рабочее питание секции 2Н	-	-	-	-
шк11	ВВОД 1	АВВГ	1	3x150+1x50	80
	МЭН-2	ВВГ	1	3x95+1x35	185
	Тирот	АВВГ	1	3x50+1x35	25
шк12	ПАО	АВВГ	1	3x95+1x35	35
	ДВ-2	АВВГ	1	3x95+1x35	60
	ДРГ-2	АВВГ	1	3x50+1x25	85
шк13	2 ХОВ	АВВГ	1	3x95+1x25	75

	ДС-2	АВВГ	1	3x95+1x35	80
	1 ЦТП	АВВГ	1	3x150+1x50	15
шк14	ТГ-1	АВВГ	1	3x95+1x35	35
	ПЭН-5	АВВГ	2	3x120+1x50	60
	ЦТЦ	АВВГ	1	3x95+1x35	35
шк15	ВВОД 2	АВВГ	1	3x150+1x50	55
	ПЭН-2	АВВГ	2	3x120+1x35	65
	ВВОД 2	АВВГ	1	3x95+1x35	70
шк16	Шкаф общесекционных устройств	-	-	-	-
шк17	Резервное питание секции 2Н	-	-	-	-
3Н РУСН 0.4 кВ					
шк18	Резервное питание секции 3Н	-	-	-	-
шк19	Шкаф общесекционных устройств	-	-	-	-
шк20	Тирот	АВВГ	1	3x50+1x25	20
	ПЭН-3	АВВГ	2	3x120+1x35	75
	ДРГ-3	АВВГ	1	3x50+1x25	90
шк21	Сборка освещения	АВВГ	1	3x120+1x35	20
	ПЭН-6	АВВГ	2	3x120+1x35	45
	ВВОД 1	АВВГ	1	3x150+1x50	40
шк22	РЕЗЕРВ	-	-	-	-
	ДС-3	АВВГ	2	3x95+1x35	80
	РЭНМ 2	ВВГ	1	3x50+1x25	130
шк23	РЕЗЕРВ	-	-	-	-
	2 ЦТЦ	АВВГ	1	3x150+1x50	20
	ДВ-3	АВВГ	1	3x95+1x35	70
шк24	4 ВЦН 2	АВВГ	1	3x95+1x35	150
	МЭН-4	ВВГ	1	3x95+1x35	170
	ВВОД 2	АВВГ	1	3x150+1x50	60
шк25	Рабочее питания секции 3Н	-	-	-	-
4Н РУСН 0.4 кВ					
шк26	Рабочее питание секции 4Н	-	-	-	-

шк27	ВВОД 1	АВВГ	2	3x150+1x50	80
	ПЭН-7	АВВГ	2	3x120+1x35	75
	ВВОД 2	АВВГ	1	3x95+1x35	70
шк28	Силовая сборка	АВВГ	1	3x150+1x50	70
	ПЭН 10	АВВГ	2	3x120+1x35	75
	Сборка освещения	АВВГ	1	3x120+1x35	20
шк29	ВВОД 1	АВВГ	1	3x95+1x35	80
	ДС-4	АВВГ	2	3x120+1x35	75
	ГРУ	АВВГ	1	3x95+1x35	90
шк30	ВВОД 2	АВВГ	1	3x150+1x50	70
	Щит 0.4	АВВГ	2	3x150+1x50	80
	ДВ-4	АВВГ	1	3x95+1x35	70
шк31	Силовая сборка	АВВГ	1	3x150+1x50	70
	РЕЗЕРВ	-	-	-	-
	ДРГ-4	АВВГ	1	3x50+1x25	90
шк32	Шкаф общесекционных устройств	-	-	-	-
шк33	Резервное питание секции 4Н	-	-	-	-
5Н РУСН 0.4 кВ					
шк34	Резервное питание секции 5Н	-	-	-	-
шк35	Шкаф общесекционных устройств	-	-	-	-
шк36	ВВОД 1	АВВГ	1	3x95+1x35	70
	ПЭН-8	АВВГ	2	3x120+1x35	55
	ВВОД 1	АВВГ	1	3x150+1x50	50
шк37	Силовая сборка	АВВГ	1	3x150+1x50	35
	РЕЗЕРВ				
	ГРУ	АВВГ	1	3x150+1x50	120
шк38	Сборка сварки	АВВГ	1	3x150+1x50	35
	РЕЗЕРВ				
	ДВ-5	АВВГ	1	3x95+1x35	80
шк39	Силовая сборка	АВВГ	1	3x150+1x50	90
	ВВОД 2	АВВГ	2	3x150+1x50	100
	ДРГ-5	АВВГ	1	3x50+1x25	100

шк40	ВВОД 2	АВВГ	1	3x95+1x35	90
	ДС-5	АВВГ	2	3x95+1x35	80
	ВВОД 2	АВВГ	1	3x150+1x50	45
шк41	Рабочее питание секции 5Н	-	-	-	-
6Н РУСН 0.4 кВ					
шк42	Рабочее питание секции 6Н	-	-	-	-
шк43	ВВОД 1	АВВГ	2	3x150+1x50	60
	ПЭН-9	АВВГ	2	3x120+1x35	50
	Сборка аварийного освещения	АВВГ	1	3x95+1x35	45
шк44	РЕЗЕРВ	-	-	-	-
	РЕЗЕРВ	-	-	-	-
	Сборка освещения	АВВГ	1	3x120+1x35	35
шк45	ВВОД 2	АВВГ	1	3x95+1x35	90
	ДС-6	АВВГ	2	3x95+1x35	90
	ГРУ	АВВГ	1	3x95+1x35	100
шк46	ВВОД	АВВГ	1	3x150+1x50	55
	РЕЗЕРВ		-	-	-
	ДВ-6	АВВГ	1	3x95+1x35	90
шк47	Сборка химической лаборатории	АВВГ	1	3x95+1x35	35
	Сборка сварки	АВВГ	1	3x150+1x50	35
	ДРГ-6	АВВГ	1	3x50+1x25	110
шк48	Шкаф общесекционных устройств	-	-	-	-
шк49	Резервное питание секции 6Н	-	-	-	-
шк50	Ввод от резервного трансформатора	-	-	-	-

Таблица А2 – Перечень электродвигателей

№ шкафа	Подключение	Электродвигатели	
		Марка	Мощность, кВт
1Н РУСН 0.4 кВ			
шк1	Ввод от резервного трансформатора	-	-
шк2	Резервное питание секции 1Н	-	-
шк3	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк4	ВВОД 1	-	-
	ПЭН 1	4АМН280М2У2	200
	ДРГ 1	АИР160S6У3	11
шк5	ЩПТ	-	-
	ПЭН 4	4АМН280М2У2	200
	ТГ-1	-	-
шк6	ВВОД 2	-	-
	ДС 1	А03400М10У2	160
	РЭНМ 1	3В160М2У2,5	18,5
шк7	ВВОД 1	-	-
	МЭН-1	2В250М2У2,5	90
	ДВ-1	4А280М6У3	90
шк8	ВЦН-1	-	-
	МЭН-3	2В250М2У2,5	90
	Силовая сборка	-	-
шк9	Рабочее питание секции 1Н	-	-
2Н РУСН 0.4 кВ			
шк10	Рабочее питание секции 2Н	-	-
шк11	ВВОД 1	-	-

Продолжение таблицы А2

	МЭН-2	2В250М2У2,5	90
	Тирот	-	-
шк12	ПАО	-	-
	ДВ-2	4А280М6У3	90
	ДРГ-2	АИР160S6У3	11
шк13	2 ХОВ	-	-
	ДС-2	А03400М10У2	160
	1 ЦТП	-	-
шк14	ТГ-1	-	-
	ПЭН-5	4АМН280М2У3	200
	ЦТЩ	-	-
шк15	ВВОД 2	-	-
	ПЭН-2	4АМН280М2У3	200
	ВВОД 2	-	-
шк16	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк17	Резервное питание секции 2Н	-	-
3Н РУСН 0.4 кВ			
шк18	Резервное питание секции 3Н	-	-
шк19	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк20	Тирот	-	-
	ПЭН-3	4АМН280М2У3	200
	ДРГ-3	АИР160S6У3	11
шк21	Сборка освещения	-	-
	ПЭН-6	5АН280В2У3	200
	ВВОД 1	-	-

Продолжение таблицы А2

шк22	РЕЗЕРВ	-	-
	ДС-3	А03400М10У2	160
	РЭНМ 2	3В160М2У2,5	18,5
шк23	РЕЗЕРВ	-	-
	2 ЦТЩ	-	-
	ДВ-3	4А280М6У3	90
шк24	4 ВЦН 2	-	-
	МЭН-4	2В250М2У2,5	90
	ВВОД 2	-	-
шк25	Рабочее питания секции 3Н	-	-
4Н РУСН 0.4 кВ			
шк26	Рабочее питание секции 4Н	-	-
шк27	ВВОД 1	-	-
	ПЭН-7	5АН280В2У3	200
	ВВОД 2	-	-
шк28	Силовая сборка	-	-
	ПЭН 10	4АМН280М2У3	200
	Сборка освещения	-	-
шк29	ВВОД 1	-	-
	ДС-4	А03400М10У2	160
	ГРУ	-	-
шк30	ВВОД 2	-	-
	Щит 0.4	-	-
	ДВ-4	4А280М6У3	90
шк31	Силовая сборка	-	-
	РЕЗЕРВ		
	ДРГ-4	АИР160S6У3	11

Продолжение таблицы А2

шк32	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк33	Резервное питание секции 4Н	-	-
5Н РУСН 0.4 кВ			
шк34	Резервное питание секции 5Н	-	-
шк35	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк36	ВВОД 1	-	-
	ПЭН-8	4АМН280М2У3	200
	ВВОД 1	-	-
шк37	Силовая сборка	-	-
	РЕЗЕРВ		
	ГРУ	-	-
шк38	Сборка сварки	-	-
	РЕЗЕРВ	-	-
	ДВ-5	4А280М6У3	90
шк39	Силовая сборка	-	-
	ВВОД 2	-	-
	ДРГ-5	АИР160S6У3	11
шк40	ВВОД 2	-	-
	ДС-5	А03400М10У2	160
	ВВОД 2	-	-
шк41	Рабочее питание секции 5Н	-	-
6Н РУСН 0.4 кВ			
шк42	Рабочее питание секции 6Н	-	-
шк43	ВВОД 1	-	-
	ПЭН-9	4АМН280М2У3	200
	Сборка аварийного освещения	-	-

Продолжение таблицы А2

шк44	РЕЗЕРВ	-	-
	РЕЗЕРВ	-	-
	Сборка освещения	-	-
шк45	ВВОД 2	-	-
	ДС-6	А03400М10У2	160
	ГРУ	-	-
шк46	ВВОД	-	-
	РЕЗЕРВ		
	ДВ-6	4А280М6У3	90
шк47	Сборка химической лаборатории	-	-
	Сборка сварки	-	-
	ДРГ-6	АИР160S6У3	11
шк48	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк49	Резервное питание секции 6Н	-	-
шк50	Ввод от резервного трансформатора	-	-

Таблица А3 – Перечень трансформаторов тока

№ шкафа	Подключение	Трансформатор тока
1Н РУСН 0.4 кВ		
шк1	Ввод от резервного трансформатора	1500/5
шк2	Резервное питание секции 1Н	1500/5
шк3	Шкаф общесекционных устройств	-
шк4	ВВОД 1	-
	ПЭН 1	400/5
	ДРГ 1	-
шк5	ЩПТ	-
	ПЭН 4	400/5
	ТГ-1	-
шк6	ВВОД 2	-
	ДС 1	400/5
	РЭНМ 1	200/5
шк7	ВВОД 1	-
	МЭН-1	200/5
	ДВ-1	200/5
шк8	ВЦН-1	-
	МЭН-3	200/5
	Силовая сборка	-
шк9	Рабочее питание секции 1Н	1500/5
2Н РУСН 0.4 кВ		
шк10	Рабочее питание секции 2Н	1500/5
шк11	ВВОД 1	-
	МЭН-2	200/5
	Тирот	-
шк12	ПАО	-

	ДВ-2	200/5
	ДРГ-2	-
шк13	2 ХОВ	-
	ДС-2	400/5
	1 ЦТП	-
шк14	ТГ-1	-
	ПЭН-5	400/5
	ЦТЦ	-
шк15	ВВОД 2	-
	ПЭН-2	400/5
	ВВОД 2	-
шк16	Шкаф общесекционных устройств	-
шк17	Резервное питание секции 2Н	1500/5
3Н РУСН 0.4 кВ		
шк18	Резервное питание секции 3Н	1500/5
шк19	Шкаф общесекционных устройств	-
шк20	Тирот	-
	ПЭН-3	400/5
	ДРГ-3	200/5
шк21	Сборка освещения	-
	ПЭН-6	400/5
	ВВОД 1	-
шк22	РЕЗЕРВ	
	ДС-3	400/5
	РЭНМ 2	200/5
шк23	РЕЗЕРВ	
	2 ЦТЦ	-

	ДВ-3	200/5
шк24	4 ВЦН 2	-
	МЭН-4	200/5
	ВВОД 2	-
шк25	Рабочее питания секции 3Н	1500/5
4Н РУСН 0.4 кВ		
шк26	Рабочее питание секции 4Н	1500/5
шк27	ВВОД 1	-
	ПЭН-7	400/5
	ВВОД 2	-
шк28	Силовая сборка	-
	ПЭН 10	400/5
	Сборка освещения	-
шк29	ВВОД 1	-
	ДС-4	400/5
	ГРУ	-
шк30	ВВОД 2	-
	Щит 0.4	-
	ДВ-4	200/5
шк31	Силовая сборка	-
	РЕЗЕРВ	
	ДРГ-4	200/5
шк32	Шкаф общесекционных устройств	-
шк33	Резервное питание секции 4Н	1500/5
5Н РУСН 0.4 кВ		
шк34	Резервное питание секции 5Н	1500/5
шк35	Шкаф общесекционных устройств	-

шк36	ВВОД 1	-
	ПЭН-8	400/5
	ВВОД 1	-
шк37	Силовая сборка	-
	РЕЗЕРВ	
	ГРУ	-
шк38	Сборка сварки	-
	РЕЗЕРВ	
	ДВ-5	200/5
шк39	Силовая сборка	-
	ВВОД 2	-
	ДРГ-5	200/5
шк40	ВВОД 2	-
	ДС-5	400/5
	ВВОД 2	-
шк41	Рабочее питание секции 5Н	1500/5
6Н РУСН 0.4 кВ		
шк42	Рабочее питание секции 6Н	1500/5
шк43	ВВОД 1	-
	ПЭН-9	400/5
	Сборка аварийного освещения	-
шк44	РЕЗЕРВ	
	РЕЗЕРВ	
	Сборка освещения	-
шк45	ВВОД 2	-
	ДС-6	400/5
	ГРУ	-

шк46	ВВОД	-
	РЕЗЕРВ	
	ДВ-6	400/5
шк47	Сборка химической лаборатории	-
	Сборка сварки	-
	ДРГ-6	200/5
шк48	Шкаф общесекционных устройств	-
шк49	Резервное питание секции 6Н	1500/5
шк50	Ввод от резервного трансформатора	1500/5

Таблица А4 – Перечень автоматических выключателей

№ шкафа	Подключение	Автоматический выключатель	
		Марка	Ток, А
1Н РУСН 0.4 кВ			
шк1	Ввод от резервного трансформатора	Р	1600
шк2	Резервное питание секции 1Н	Э16В	1600
шк3	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк4	ВВОД 1	А3794С	250
	ПЭН 1	А3794Б	400
	ДРГ 1	А3794Б	250
шк5	ЩПТ	А3794С	250
	ПЭН 4	А3794Б	400
	ТГ-1	А3794С	250
шк6	ВВОД 2	А3794С	250
	ДС 1	А3794Б	400
	РЭНМ 1	А3794Б	250
шк7	ВВОД 1	А3794С	250
	МЭН-1	А3794Б	250
	ДВ-1	А3794Б	250
шк8	ВЦН-1	А3794С	250
	МЭН-3	А3794Б	250
	Силовая сборка	А3794Б	250
шк9	Рабочее питание секции 1Н	Э16В	1600
2Н РУСН 0.4 кВ			
шк10	Рабочее питание секции 2Н	Э16В	1600
шк11	ВВОД 1	А3794С	250

	МЭН-2	А3794Б	250
	Тирот	А3794Б	250
шк12	ПАО	А3794С	250
	ДВ-2	А3794Б	250
	ДРГ-2	А3794Б	250
шк13	2 ХОВ	А3794С	250
	ДС-2	А3794Б	400
	1 ЦТП	А3794С	250
шк14	ТГ-1	А3794С	250
	ПЭН-5	А3794Б	400
	ЦТЦ	А3794С	250
шк15	ВВОД 2	А3794С	250
	ПЭН-2	А3794Б	400
	ВВОД 2	А3794С	250
шк16	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк17	Резервное питание секции 2Н	Э16В	1600
3Н РУСН 0.4 кВ			
шк18	Резервное питание секции 3Н	Э16В	1600
шк19	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк20	Тирот	А3794С	250
	ПЭН-3	А3794Б	400
	ДРГ-3	А3794Б	250
шк21	Сборка освещения	А3794С	250
	ПЭН-6	А3794Б	400
	ВВОД 1	А3794С	250

шк22	РЕЗЕРВ	А3794С	250
	ДС-3	А3794Б	400
	РЭНМ 2	А3794Б	250
шк23	РЕЗЕРВ	А3794С	250
	2 ЦТЩ	А3794С	250
	ДВ-3	А3794Б	250
шк24	4 ВЦН 2	А3794С	250
	МЭН-4	А3794Б	250
	ВВОД 2	А3794С	250
шк25	Рабочее питанияи секции 3Н	Э16В	1600
	4Н РУСН 0.4 кВ		
шк26	Рабочее питание секции 4Н	Э16В	1600
шк27	ВВОД 1	А3794С	250
	ПЭН-7	А3794Б	400
	ВВОД 2	А3794С	250
шк28	Силовая сборка	А3794С	250
	ПЭН 10	А3794Б	400
	Сборка освещения	А3794С	250
шк29	ВВОД 1	А3794С	250
	ДС-4	А3794Б	400
	ГРУ	А3794С	200
шк30	ВВОД 2	А3794С	250
	Щит 0.4	А3794С	630
	ДВ-4	А3794Б	250
шк31	Силовая сборка	А3794С	250

	РЕЗЕРВ	А3794С	250
	ДРГ-4	А3794Б	250
шк32	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк33	Резервное питание секции 4Н	Э16В	1600
5Н РУСН 0.4 кВ			
шк34	Резервное питание секции 5Н	Э16В	1600
шк35	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк36	ВВОД 1	А3794С	250
	ПЭН-8	А3794Б	400
	ВВОД 1	А3794С	250
шк37	Силовая сборка	А3794С	250
	РЕЗЕРВ	А3794Б	630
	ГРУ	А3794С	250
шк38	Сборка сварки	А3794С	250
	РЕЗЕРВ	А3794С	250
	ДВ-5	А3794Б	250
шк39	Силовая сборка	А3794С	250
	ВВОД 2	А3794С	630
	ДРГ-5	А3794Б	250
шк40	ВВОД 2	А3794С	250
	ДС-5	А3794Б	400
	ВВОД 2	А3794С	250
шк41	Рабочее питание секции 5Н	Э16В	1600
6Н РУСН 0.4 кВ			
шк42	Рабочее питание секции 6Н	Э16В	1600
шк43	ВВОД 1	А3794С	250

	ПЭН-9	А3794Б	400
	Сборка аварийного освещения	А3794С	250
шк44	РЕЗЕРВ	А3794С	250
	РЕЗЕРВ	А3794Б	630
	Сборка освещения	А3794С	250
шк45	ВВОД 2	А3794С	250
	ДС-6	А3794Б	400
	ГРУ	А3794С	200
шк46	ВВОД	А3794С	250
	РЕЗЕРВ	А3794Б	400
	ДВ-6	А3794Б	400
шк47	Сборка химической лаборатории	А3794С	50
	Сборка сварки	А3794С	250
	ДРГ-6	А3794Б	250
шк48	Шкаф общесекционных устройств	-	-
шк49	Резервное питание секции 6Н	Э16В	1600
шк50	Ввод от резервного трансформатора	Р	1600



Рисунок А1 – Трансформатор ТСЗГЛ-1000/6/0.4

Таблица А5 – Электродвигатели необходимые к замене

Тип электродвигателя	Количество необходимое к замене
4АМН280М2У3	8
5АН280В2У3	2
А03400М10У2	6
2В250М2У2,5	4
4А280М6У3	6
3В160М2У2,5	2
АИР160S6У3	6
Итого	34

Таблица А6 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя типа 4АМН280М2У3

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	УТК-Челябинск
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2015
Тип двигателя	4АМН280М2У3	SIMOTICS SD 1LE3	4АМН280М2У3
Мощность, кВт	200	200	200
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	2935	3000	3000
Cosφ	0.87	0.95	0.88
КПД	0.92	0.96	0.94
Номинальный ток, А	380	333	367
Гарантия, месяцев	-	36	12
Стоимость, млн. руб	-	1,659	0,450

Таблица А7 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя 5АН280В2У3

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	УТК-Челябинск
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2015
Тип двигателя	5АН280В2У3	SIMOTICS SD 1LE2	5АН280В2У3
Мощность, кВт	200	200	200
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	2935	3000	3000

Продолжение таблицы А7

Cosf	0.89	0.96	0.91
КПД	0.94	0.96	0.94
Номинальный ток, А	363	329	355
Гарантия, месяцев	-	36	12
Стоимость, млн. руб	-	1,150	0,350

Таблица А8 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя А03400М10У2

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	Баранчинский ЭМЗ
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2016
Тип двигателя	А03400М10У2	SIMOTICS SD 1LE1	А03400М10У2
Мощность, кВт	160	160	160
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	670	750	600
Cosf	0,83	0.91	0.9
КПД	0,91	0.95	0.94
Номинальный ток, А	321	281	287
Гарантия, месяцев	-	36	18
Стоимость, млн. руб	-	0,750	0,335

Таблица А9 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя 2В250М2У2.5

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	Баранчинский ЭМЗ
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2016
Тип двигателя	2В250М2У2.5	SIMOTICS SD 1LE1	2В250М2У2.5
Мощность, кВт	90	90	90
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	3000	3000	3000
Cosφ	0,91	0,95	0,93
КПД	0,9	0,94	0,91
Номинальный ток, А	166	153	161
Гарантия, месяцев	-	36	12
Стоимость, млн.руб	-	0,300	0,140

Таблица А10 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя 4А280М6У3

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	УТК-Челябинск
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2016
Тип двигателя	4А280М6У3	SIMOTICS SD 1LE1	4А280М6У3
Мощность, кВт	90	90	90
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	970	1000	1000
Cosφ	0,85	0,95	0,92

Продолжение таблицы А10

КПД	0,8	0,94	0,9
Номинальный ток, А	201	153	165
Гарантия, месяцев	-	36	12
Стоимость, млн. руб	-	0,300	0,081

Таблица А11 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя 3В160М2У2.5

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	ООО «Аверс Техно»
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2016
Тип двигателя	3В160М2У2.5	1LA7 IMB5	3В160М2У2.5
Мощность, кВт	18.5	18.5	18.5
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	3000	3000	3000
Cosφ	0.91	0.94	0.93
КПД	0.92	0.96	0.95
Номинальный ток, А	34	31	32
Гарантия, месяцев	-	36	12
Стоимость, млн. руб	-	0,087	0,019

Таблица А12 – Сравнение характеристик электродвигателей, для замены электродвигателя АИР160S6У3

Компания	Ленинградский ЭМЗ	Siemens	УТК-Челябинск
Страна производства	СССР	Германия	Россия
Год производства	1980	2016	2016
Тип двигателя	АИР160S6У3	SIMOTICS GP 1LA	АИР160S6У3
Мощность, кВт	11	11	11
Напряжение, В	380	380	380
Обороты, об\мин	1000	1000	1000
Cosφ	0.82	0.93	0.9
КПД	0.89	0.94	0.92
Номинальный ток, А	23	19	20
Гарантия, месяцев	-	36	12
Стоимость, млн. руб	-	0,025	0,012

Таблица А13 – Допустимые токовые нагрузки кабелей с медными жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката на напряжение до 3 кВ включительно.

Номинальное сечение жилы, мм ²	Допустимая токовая нагрузка для трехжильного кабеля, А
4	37
6	49
10	66
16	87
25	115
35	141
50	177

Продолжение таблицы А13

70	226
95	274
120	321
150	370
185	421

Таблица А14 – Выбор кабеля для питания электродвигателя SIMOTICS SD 1LE3

Номинальное сечение жилы, мм ²	Токовая нагрузка для одного трехжильного кабеля, А	Токовая нагрузка для двух трехжильных кабелей, А
4	23	46
6	30	60
10	41	82
16	54	108
25	74	148
35	87	174
50	109	218
70	140	280
95	170	340
120	198	396
150	228	456
185	259	518
240	308	616

Таблица А15 – Технические характеристики автоматического выключателя SE Compact CVS 250N

Тип изделия	Автоматический выключатель
Номинальный ток, А	250
Тип сети	Переменный ток
Номинальное рабочее напряжение, В	440
Частота сети, Гц	50/60
Категория применения	Категория А
Технология отключающего блока	Тепловой-магнитный
Номинал расцепителя, А	250
Тип защиты	Защита от перегрузки (тепловая) Защита от короткого замыкания (электромагнитный расцепитель)
Тип управления	Тумблерный переключатель
Механическая износостойкость, циклы	20000
Электрическая прочность, циклы	10000
Класс защиты от тока утечки	Класс А
Класс защиты от поражения электрическим током	Класс II
Температура окружающей среды при работе	-25...70°C
Гарантия на обслуживание	24 месяца
Стоимость, тыс.руб	12,5

Таблица А16 – Технические характеристики автоматических выключателей SE Compact CVS 200N, 400N, 630N

Тип изделия	Автоматический выключатель
Номинальный ток, А	200/400/630
Тип сети	Переменный ток
Номинальное рабочее напряжение, В	440
Частота сети, Гц	50/60
Категория применения	Категория А
Технология отключающего блока	Тепловой-магнитный
Номинал расцепителя, А	200/400/630
Тип защиты	Защита от перегрузки (тепловая) Защита от короткого замыкания (электромагнитный расцепитель)
Тип управления	Тумблерный переключатель
Механическая износостойкость, циклы	20000
Электрическая прочность, циклы	10000
Класс защиты от тока утечки	Класс А
Класс защиты от поражения электрическим током	Класс II
Температура окружающей среды при работе	-25...70°C
Гарантия на обслуживание	24 месяца
Стоимость, тыс.руб	21,0

Таблица А17 – Технические характеристики автоматического выключателя SE Compact CVS NS 1600N

Тип изделия	Автоматический выключатель
Номинальный ток, А	1600
Тип сети	Переменный ток
Номинальное рабочее напряжение, В	440
Частота сети, Гц	50/60
Категория применения	Категория В
Технология отключающего блока	Тепловой-магнитный
Номинал расцепителя, А	1600
Тип защиты	Защита от перегрузки (тепловая) Защита от короткого замыкания (электромагнитный расцепитель) Дифференциальная
Тип управления	Тумблерный переключатель
Механическая износостойкость, циклы	10000
Электрическая прочность, циклы	5000
Класс защиты от тока утечки	Класс А
Класс защиты от поражения электрическим током	Класс II
Температура окружающей среды при работе	-25...70°C
Гарантия на обслуживание	24 месяца
Стоимость, тыс.руб	213,5



Рисунок А2 – Автоматические выключатели А3794Б и Э16В



Рисунок А3 – Автоматический выключатель SE Compact CVS 250N



Рисунок А4 – Автоматический выключатель SE Compact NS 1600N

Таблица А18 – Технические характеристики трансформаторов тока

	ТТИ-А	ТТИ-А	ТТИ-125
Тип	Трансформатор тока	Трансформатор тока	Трансформатор тока
Номинальное напряжение, кВ	0.66	0.66	0.66
Номинальный первичный ток, А	200	400	1500
Номинальный вторичный ток, А	5	5	5
Класс точности	0.5	0.5	0.5
Вес, кг	0.6	0.6	1.15
Стоимость, руб	700	715	2500



Рисунок А5 – Старый трансформатор тока ТОП-0.66



Рисунок А6 – Трансформатор тока ТТИ

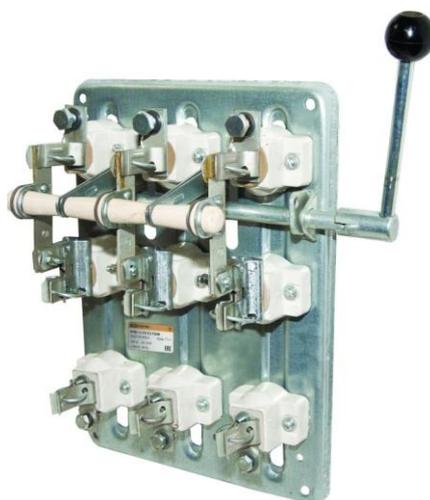


Рисунок А7 – Рубильник РПБ-16



Рисунок А8 – Панель распределительного щита ЩО-70

Таблица А19 – Технические характеристики ЩО-70

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение (линейное), кВ	380
Номинальный ток сборных шин, А	1600
Стойкость сборных шин к наибольшему значению котов КЗ, кА	50
Электрическое сопротивление изоляции, Мом	Не менее 10
Номинальное напряжение изоляции, В	400

Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	220
Частота, Гц	50
Габаритные размеры, мм	800х600х2200
Масса, кг	Не более 200

Таблица А20 – Технические характеристики светильников

Светильник	ОПТИМА ECO LED	CD LED	URAN LED
Мощность, Вт	30	18	3.6
Стоимость, руб	3760	5180	4792
Напряжение, В	230	230	230
Класс защиты	I	II	II
IP Class	20	65	65
Климатическая зона	УХЛ4	УХЛ2	УХЛ2
Наличие АБП	+	+	+
Класс энергоэффективности	A+	A+	A+

Таблица А21 – Технические характеристики светильника LZ.OPL ECO LED.

Светильник	LZ.OPL ECO LED
Мощность, Вт	45
Стоимость, руб	6527
Напряжение, В	230
Класс защиты	II
IP Class	65
Ударопрочность, Дж	6.5
Климатическая зона	УХЛ2
Наличие АБП	+
Класс энергоэффективности	A+



Рисунок А9 – Светодиодные светильники OPTIMA ECO LED, URAN LED и CD LED



Рисунок А10 – Светодиодный светильник LZ.OPL ECO LED



Рисунок А11 – Распределительный шкаф АВВ серии Mistral

Таблица А22 – Перечень выбранного оборудования для первого этажа административного здания

Оборудование	I _{ном} , А	Количество, шт	Дополнительная информация
Автоматический выключатель ВА47	80	1	Производитель: ИЭК Тип срабатывания: С Количество полюсов: 3
Устройство защитного отключения ВД1-63	80	1	Производитель: ИЭК Ток утечки: 300 мА Количество полюсов: 4
Автоматический выключатель ВА47	25	24	Производитель: ИЭК Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Устройство защитного отключения ВД1-63	25	24	Производитель: ИЭК Ток утечки: 30 мА Количество полюсов 2
Автоматический выключатель ВА47	16	3	Производитель: ИЭК Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Распределительный шкаф			Производитель: АВВ Серия: Mistral Количество модулей: 72 Степень защиты: IP65

Таблица А23 – Перечень выбранного оборудования для второго этажа административного здания

Оборудование	I _{ном} , А	Количество, шт	Дополнительная информация
Автоматический выключатель S203	63	1	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 3
Устройство защитного отключения F202	63	1	Производитель: АВВ Ток утечки: 300 мА Количество полюсов: 4
Автоматический выключатель S201	25	18	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Устройство защитного отключения F202	25	18	Производитель: АВВ Ток утечки: 10 мА Количество полюсов: 2
Автоматический выключатель S201	16	3	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Распределительный шкаф			Производитель: АВВ Серия: Mistral Количество модулей: 72 Степень защиты: IP65

Таблица А24 – Перечень выбранного оборудования для центрального щита управления

Оборудование	I _{ном} , А	Количество, шт	Дополнительная информация
Автоматический выключатель S203	40	1	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 3
Устройство защитного отключения F202	40	1	Производитель: АВВ Ток утечки: 300 мА Количество полюсов: 4
Автоматический выключатель S201	25	6	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Устройство защитного отключения F202	25	6	Производитель: АВВ Ток утечки: 10 мА Количество полюсов: 2
Автоматический выключатель S201	16	3	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Распределительный шкаф			Производитель: АВВ Серия: Mistral Количество модулей: 36 Степень защиты: IP65

Таблица А25 – Перечень выбранного оборудования для первого этажа распределительного устройства собственных нужд

Оборудование	I _{ном} , А	Количество, шт	Дополнительная информация
Автоматический выключатель S203	40	1	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 3
Устройство защитного отключения F202	40	1	Производитель: АВВ Ток утечки: 300 мА Количество полюсов: 4
Автоматический выключатель S201	25	6	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Устройство защитного отключения F202	25	6	Производитель: АВВ Ток утечки: 10 мА Количество полюсов: 2
Автоматический выключатель S201	16	3	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Распределительный шкаф			Производитель: АВВ Серия: Mistral Количество модулей: 36 Степень защиты: IP65

Таблица А26 – Перечень выбранного оборудования для второго этажа распределительного устройства собственных нужд

Оборудование	I _{ном} , А	Количество, шт	Дополнительная информация
Автоматический выключатель S203	40	1	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 3
Устройство защитного отключения F202	40	1	Производитель: АВВ Ток утечки: 300 мА Количество полюсов: 4
Автоматический выключатель S201	25	6	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Устройство защитного отключения F202	25	6	Производитель: АВВ Ток утечки: 10 мА Количество полюсов: 2
Автоматический выключатель S201	16	3	Производитель: АВВ Тип срабатывания: С Количество полюсов: 1
Распределительный шкаф			Производитель: АВВ Серия: Mistral Количество модулей: 36 Степень защиты: IP65

Таблица А27 – Результаты вычислений программы DIALux

Помещение	Светильник	Кол-во, шт	Освещенность, lx
Первый этаж административного здания			
Л-образная комната	OPTIMA ECO LED	6	332
Л-образный коридор	OPTIMA ECO LED	16	302
Большая раздевалка	OPTIMA ECO LED	16	335
Большой тамбур	OPTIMA ECO LED	9	312
Бытовка	OPTIMA ECO LED	24	322
Бытовка	OPTIMA ECO LED	4	328
Бытовка	OPTIMA ECO LED	2	347
Длинный коридор	OPTIMA ECO LED	10	320
Душевая	CD 218	28	326
Душевая	CD 218	6	336
Душевая	CD 218	6	339
Западный тамбур	CD 218	8	310
Кабинет электриков (дневная смена)	OPTIMA ECO LED	12	330
КИП	OPTIMA ECO LED	4	308
КИП	OPTIMA ECO LED	3	332
КИП	OPTIMA ECO LED	4	303
КИП	OPTIMA ECO LED	46	346
КИП	OPTIMA ECO LED	8	328
КИП	OPTIMA ECO LED	2	306
КИП	OPTIMA ECO LED	6	301
КИП (дневная смена)	OPTIMA ECO LED	9	324
КИП (сменная)	OPTIMA ECO LED	6	350

Комната мастера	OPTIMA ECO LED	9	320
Комната приема пищи	OPTIMA ECO LED	4	344
Комната приема пищи	OPTIMA ECO LED	9	348
Лестница №1	CD 218	16	328
Лестница №2	CD 218	12	347
Малая раздевалка	CD 218	6	310
Малый тамбур	CD 218	8	344
Переход	OPTIMA ECO LED	4	342
Подсобное помещение	OPTIMA ECO LED	3	339
Подсобное помещение	OPTIMA ECO LED	6	326
Северо-Западный тамбур	OPTIMA ECO LED	4	310
Сушилка	CD 218	6	308
СУ	CD 218	21	343
СУ	CD 218	4	324
СУ	CD 218	6	344
СУ	CD 218	10	311
СУ	CD 218	8	314
Южный тамбур	CD 218	8	313
Второй этаж административного здания			
Большой коридор	OPTIMA ECO LED	10	315
Инструментальная производственного участка №5	OPTIMA ECO LED	8	350
Кабинет главного инженера	OPTIMA ECO LED	8	325
Кабинет главного энергетика	OPTIMA ECO LED	8	309

Кабинет заместителя начальника производства	OPTIMA ECO LED	8	340
Кабинет инженера ОТ и ПК	OPTIMA ECO LED	8	337
Кабинет механика	OPTIMA ECO LED	8	320
Кабинет механика ТЭС	OPTIMA ECO LED	13	320
Кабинет начальника производства	OPTIMA ECO LED	8	317
Кабинет начальника ТЭС	OPTIMA ECO LED	8	300
Кабинет начальника химической лаборатории	OPTIMA ECO LED	8	342
Комната приема пищи	OPTIMA ECO LED	6	335
Красный уголок	OPTIMA ECO LED	30	314
Лестница №2	CD 218	12	330
Малый коридор	OPTIMA ECO LED	8	311
Приемная	OPTIMA ECO LED	8	328
ПТО цеха №75	OPTIMA ECO LED	8	350
Секретарь	OPTIMA ECO LED	6	322
Служба КИП ПСХ	OPTIMA ECO LED	8	327
СУ	CD 218	16	313
Экономический отдел	OPTIMA ECO LED	8	325
Первый этаж распределительного устройства собственных нужд			
Венткамера	LZ.OPL ECO LED	9	315
Г-образный коридор	LZ.OPL ECO LED	4	322

Зона прокладки вентиляционных коробов	LZ.OPL ECO LED	30	327
Кабельный этаж №1	LZ.OPL ECO LED	20	313
Кабельный этаж №2	LZ.OPL ECO LED	20	313
Кабельный этаж №3	LZ.OPL ECO LED	20	313
Кабельный этаж №4	LZ.OPL ECO LED	20	313
Камера реакторов №1	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №2	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №3	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №4	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №5	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №6	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №7	LZ.OPL ECO LED	6	349
Камера реакторов №8	LZ.OPL ECO LED	6	349
Тамбур	LZ.OPL ECO LED	2	309
Второй этаж распределительного устройства собственных нужд			
Венткамера	LZ.OPL ECO LED	9	314
Коридор	LZ.OPL ECO LED	9	331
Монарельсы	LZ.OPL ECO LED	40	312
РУСН №1	LZ.OPL ECO LED	24	320
РУСН №2	LZ.OPL ECO LED	24	320
РУСН №3	LZ.OPL ECO LED	24	320
РУСН №4	LZ.OPL ECO LED	24	320
Центральный щит управления			
Архивная станция	OPTIMA ECO LED	8	312
Г-образный коридор	OPTIMA ECO LED	8	301
Г-образный коридор	OPTIMA ECO LED	9	303

Продолжение таблицы А27

Комната отдыха	OPTIMA ECO LED	8	328
Лестница №1	CD 218	14	306
Лестница №2	CD 218	3	333
Лестница №3	CD 218	3	323
Помещение АСУ	OPTIMA ECO LED	12	349
Помещение кондиционеров	OPTIMA ECO LED	12	316
Помещение печатающих устройств	OPTIMA ECO LED	8	339
Помещение релейных панелей	OPTIMA ECO LED	24	309
Помещение релейных панелей	OPTIMA ECO LED	24	307
СУ	CD 218	5	315
Центральный щит управления	OPTIMA ECO LED	53	344
Итого (без учета аварийных светильников):			1079
Общее количество аварийных светильников:			31
Итого (с учетом аварийных светильников):			1110

Таблица А28 – Системы управления зданием

<p>Система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха</p>	<p>В автоматическом режиме поддерживает необходимый уровень влажности и свежести, сохранять указанную температуру без перерасхода ресурсов, в зависимости от внешней температуры воздуха.</p>
<p>Система освещения и электроснабжения</p>	<p>Обеспечивает бесперебойную подачу электроэнергии, контролируемые автоматизированной системой, управляя интенсивностью освещения (в зависимости от времени суток, дня недели и т.д.), позволяя экономить расход электроэнергии.</p>
<p>Системы водогасоснабжения</p>	<p>Обеспечивает контроль за расходом ресурсов, снижая затраты и предотвращая утечки, а в случае тревожной ситуации всегда подадут сигнал контроллеру.</p>
<p>Единая система безопасности и контроля</p>	<p>Обеспечивает авторизованный доступ сотрудников организации в строго определенные помещения, предотвращая неприятные инциденты, а интегрированная система видеонаблюдения обеспечит охране возможность контроля за помещениями и послужит базой для сбора доказательств в случае необходимости.</p>