

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 « Реконструкция электрохозяйства БК-6 ООО «Тольяттикаучук»

Студент(ка)

Т.И. Вялькина

(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 выпускной квалифицированной работе было реконструировано электрохозяйство и электрооборудование цеха химического предприятия БК-6 ООО «ТольяттиКаучук».

Спроектировано и рассчитано электрическое освещение общего и эвакуационного назначения.

Выполнен расчет по определению электрических нагрузок оборудования цеха.

Также в работе приведен выбор силовых трансформаторов и выбор комплектной трансформаторной подстанции.

Рассчитаны токи короткого замыкания для наиболее дальних и мощных ЭП каждой КТП.

Выполнен расчет заземления и молниезащиты.

Выпускная квалифицированная работа состоит из пояснительной записки объемом в 56 листов, дополняемой 11 таблицами и 9 рисунками, а так же шестью чертежами формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1.2 Анализ оборудования	8
2.2 Расчёт силовых нагрузок.....	15
2.3 Расчёт системы освещения	20
2.4 Выбор трансформаторов ТП (КТП)	26
2.5 Компенсация реактивной мощности.....	29
2.6 Расчет короткого замыкания.....	35
2.7 Выбор электрического оборудования	44
2.8 Расчет заземления	46
2.9 Расчет молниезащиты.....	50
Заключение	52
Список использованных источников	54
Приложение А	57
Приложение Б	63
Приложение В.....	70

Введение

Электроэнергетика – одна из наиболее важных отраслей энергетики, включающая в себя комплекс экономических отношений РФ, возникающий в процессе производства, передачи электроэнергии, сбыта и потребления электроэнергии.

В настоящее время энергетика неотъемлемо связана с понятиями энергетической эффективностью и энергосбережением, которые подразумевают под собой рациональное использование энергоресурсов, оптимизация уже существующих оборудования, предприятий и необходимостью внедрения технических нововведений для совершенствования производственных процессов и снижения затрат на энергетические ресурсы.

Энергетическая политика компании «СИБУР», в химический холдинг которой входит ООО «ТольяттиКаучук», нацелена на повышении энергетической эффективности своей производственной деятельности придерживаясь международного стандарта ISO 50001:2011.

Данный стандарт подразумевает под собой предоставление возможности организациям и предприятиям разрабатывать системы и процессы, необходимые для улучшения энергетической результативности, включая энергетическую эффективность использования энергии, энергобезопасности и энергопотребления.

Электроэнергетика в должном объеме может поддерживать нужный уровень энергоэффективности электрического хозяйства промышленных предприятий. В производстве может тратиться значительная часть энергоресурсов на старое или неисправное оборудование, которое может быть улучшено, для увеличения эффективности по своим производственным параметрам или заменено на новое, более практичное для улучшения энергосбережения всего предприятия в целом.

На производстве так же является важным мониторинг и измерения потребляемых электрических энергоресурсов для восполнения недостающей

информации о энергоиспользовании. Подобная информация позволяет в полном объеме проанализировать соответствие электроэнергии установленным нормам, требованиям, а так же оценить уровень энергоэффективности и энергосбережения предприятия или наоборот, отсутствие такового.

Цель бакалаврской работы является проведение реконструкции электрического хозяйства на примере цехов БК-6 завода ООО «ТольяттиКаучук», увеличение энергосбережения и энергоэффективности предприятия.

1. Характеристика объекта

1.1 Описание цехов БК-6

В 1982 году были построены цеха и в августе того же года введен комплекс по производству бутилкаучука. В цехах БК-6 происходит финальная стадия производства сырья, после чего упакованные брикеты готовой продукции отправляются на склад.

Цеха БК-6 включают в себя складские помещения, насосные отделения, отделения растворов и выделения, установки наружной дегазации.

Наружная установка, примыкающая к корпусу №1, имеет высоту до 18 метров, и представляют собой строительные сооружения из четырех этажей.

Энергоснабжение завода происходит от четырех главных понизительных подстанций ОРУ 110/(10)6 кВ, от которых в свою очередь запитываются распределительные подстанции 6 кВ находящиеся на внутризаводской территории. РП принимают и распределяют электроэнергию между цеховыми ТП, распределительными пунктами, щитами станций управления.

Каждый цех получает питание от нескольких распределительных подстанций с возможностью резервирования секционными переключателями, что является важным нюансом для химического предприятия.

Подстанция №45, от которой получают электроэнергию большинство электроприемников цехов БК-6, выполнена двумя комплексными низковольтными трансформаторными подстанциями. КТП включают в себя две секции, к каждой из которых подходит по одному понизительному силовому трансформатору.

На панелях щита управления для каждого электроприемника установлены силовые автоматы, предохранители, автоматы цепи управления, пусковые устройства и устройства защиты электродвигателя.

Корпус №1 БК-6 содержит электрооборудование в виде прессов, конвейеров и грузоподъемных кранов, оборудования искусственной вентиляции. Приводы этих оборудования - асинхронные двигатели, они являются наиболее крупными потребителями электроэнергии на заводе. Так же

используются асинхронные электродвигатели взрывозащитного исполнения в отделении дегазации.

В светлое время суток производственный цех, как и наружные установки, освещается за счет солнечного света через окна и дверные проемы цеха. В темное время суток во всех помещениях БК-6 и осуществляется искусственное освещение. В производственных цехах не предусмотрено аварийное освещение.

Секции распределительного пункта 2, предназначенные под два ввода ШЩ №2, недавно прошли плановую замену оборудования. Таким образом, устройства автоматики и пуска электродвигателей были снабжены новым оборудованием фирмы SchneiderElectric. Устройства защиты ЭД выполнены в виде мониторов тока двигателя (МТД), предназначенные для мониторинга и защиты от недопустимых перегрузок асинхронных двигателей (на ЭД других РП так же используются). МТД комплектуются датчиками тока, которые конструктивно представляют собой тороидальные трансформаторы тока.

МТД позволяет выставлять время срабатывания при превышении номинального тока, при перегрузке в пусковом режиме, срабатывание по параметрам «обрыв фазы» и время реверсивного переключения. Его особенностью является в случае выхода из строя сохранение возможности работы остальной электрической схемы, без какого либо изменения монтажа.

Так же новым оборудованием снабжена автоматика РП-4 АЩ-1 управляемая установками наружной дегазации. Щит автоматики снабжен силовыми автоматами фирмы SchneiderElectric. Двигатели дегазации снабжены устройством плавного пуска ATS48 той же фирмы.

ATS48 подключается последовательно к каждой обмотке двигателя. Во избежание повреждения микропроцессоров в начальный момент короткого замыкания, на каждую фазу устанавливается предохранитель. Пускатель оснащен тепловой защитой и способен реагировать на обрыв фазы. Для защиты так же используется электронное реле перегрузки Siemens 3RB22834AA1.

1.2 Анализ оборудования

Со времени ввода в эксплуатацию производственных помещений БК-6 не производились крупномасштабные модификации процесса или реконструкции цехов. Замена и ремонт электрооборудования производились только по случаю местного планового ремонта или выхода из строя в связи с износом, старением, поломкой электрооборудования.

Большая часть оборудования цехов запитывается от двух КТП подстанции №45. Ранее на них реконструкция не проводилась.

Защита цепей электродвигателей на остальных распределительных пунктах ЩСУ №1-6, 9-12 выполнена разными силовыми автоматами, среди которых встречаются, как и новые, так и автоматические выключателями выпуска советских времен. Некоторые аппараты защиты выполнены типом АП-50Б, АЕ2046мп (рисунок 1), ВА51-39-340010. Новые автоматы предоставлены в виде выключателей производителей Legrand, IEK, ABB, SchneiderElectric.



Рисунок 1- Автоматический выключатель АЕ-2046мп

Для дистанционного пуска электродвигателей используются электромагнитные пускатели типа ПМЕ-111, ПМЕ-211, ПМЕ-3100, ПМЛ-3600, , способные так же на включение двигателя на реверс.

Некоторые из электромагнитных пускателей снабжены тепловым реле типа РТЛ1012, РТЛ1008, РТЛ1008, электротепловым реле ТРН, в этом случае

пускатели могут осуществлять защиту электродвигателей от обрыва одной фазы и недопустимой продолжительности перегрузок. Во избежание просадки напряжения во время пуска и отключения маломощных ЭП, на пускателях электродвигателей большой мощности установлены реле времени РЭВ817 и РЭВ818, которые включают двигатели по очереди с некоторой выдержкой времени. Некоторые пускатели ЭД оснащены реле самозапуска.

Все вышеперечисленное оборудование относится еще к советскому выпуску и несет в себе ограниченный набор функций. Использование подобного электрооборудования может повлечь за собой последствия в качестве замыкания из-за износа изоляции, ослабление удерживания контактов, заедания контактов из-за износа конструкции, что в свою очередь может привести вплоть до повреждения электродвигателя по причине не отключения при коротком замыкании или перегрузке.

Замена кабелей и проводов происходят вместе с заменяемым ЭО, т.е. большая часть кабелей в ЩСУ представляют собой беспорядочное нагромождение проводов, которых давно не подвергали обновлению. Вместе со старым силовым оборудованием все это занимает нецелесообразно много места на панелях щитов станций управления, добавляя неудобства при обслуживании рабочим персоналом.

Для производственных процессов используются самые различные электродвигатели разных производителей и разного года выпуска. В цехах используются двигатели серии А2, АО2, АОЛФ2 общего назначения, которые были разработаны еще в 1959, до них выпускались двигатели серий А и АО. Эти электродвигатели все еще используются в производстве, не смотря на то, что выпуски этих серий были давно завершены. Данные асинхронные двигатели заменяются последовательно сериями 4А, 4АМ, АИМР, которые так же присутствуют в цехах, но уже и им на смену производятся двигатели более новых серий.

2 Расчетная часть

2.1 Техничко-экономическое обоснование

Любой завод или предприятие заинтересовано в экономически выгодной стороне каждого из производимых действий связанных с закупкой, заменой, обновления или обслуживания имеющегося оборудования. Новое оборудование должно отвечать таким требованиям как, соответствие необходимым производственным характеристикам и удовлетворяющая стоимость.

Из всего существующего оборудования в цехах БК-6 были выделены следующие виды заменяемого оборудования: электродвигатели, силовые автоматы, электромагнитные пускатели, контакторы, реле и кабели со всей территории цеха.

При замене двигателей важно смотреть не только на их мощность и рабочее напряжение, но также на установочные и присоединительные размеры. Как следует из названия этих размеров, для правильного присоединения двигателя с другим техническим оборудованием. Эти значения должны быть примерно соотносимы друг с другом, но при их разности всегда можно либо уменьшить диаметр вала обточив его, либо поднять раму двигателя, если высота оси вращения вала нового двигателя меньше старого. Последний способ встречается чаще, потому что электродвигатели старого производства отличаются от новых большими габаритами.

В соответствии с габаритами, классом скорости и мощности были выбраны новые аналоги для каждой серии и типа двигателей. В приложении А показаны технические характеристики, установочные и присоединительные размеры и произведено сравнение используемых на производстве асинхронных двигателей на каждый класс мощности и скорости.

Рекомендуется к установке асинхронные двигатели фирмы Siemens. Большинство из двигателей этой фирмы имеют класс энергоэффективности IE3 или IE2. У них высокий КПД, при одинаковой мощности скорость выше. Метод охлаждения IC411 позволяет избежать трат на дополнительное охлаждение двигателя. В комплектации к каждому двигателю идут встраиваемые датчики

температуры, при желании к которым можно установить датчики, действующие на подачу сигнала. Так же есть возможность установления частотного регулятора. Уровень звуковой мощности и звукового давления входят в нормы установленных ГОСТ 16372-93. Несмотря на высокую стоимость по сравнению с двигателями отечественного производителя, стоимость окупается за счет вышеописанных характеристик и дополнений.

На производстве есть двигатели взрывозащитного исполнения, которых тоже следует заменить на более новые аналоги. Подобные двигатели выбираются по такому же принципу, что и обычные асинхронные двигатели.

Рекомендуется к использованию взрывозащищенные электродвигатели фирмы Siemens. Несмотря на то, что большинство технических параметров между сравниваемыми двигателями разошлись не сильно, у ЭД данного производителя есть ряд преимуществ такие как: одинаковые габаритные размеры, самовентилирующее исполнение и наличие класса энергоэффективности. Эти параметры позволяют сэкономить средства, при монтаже двигателей и позволяют избежать необходимости подгона под имеющееся оборудование, так как не отличаются размерами от старых двигателей. К тому же не следует производить дополнительные затраты на приобретение отдельной вентиляции двигателей.

Сравнение электродвигателей взрывозащитного исполнения по техническим характеристикам, установочным и присоединительным размерам на все классы скорости и мощности так же приведены в приложении А.

Магнитные пускатели серий ПМЛ, ПМА, ПМЕ, ПАЕ, ПМ технически не несут в себе конструктивных различий, что их вполне можно заменить новыми пускателями одной серии с соответствующими номинальными токами и мощностями. Сравнение пусковых устройств разных производителей приведено в таблице 1.

Таблица 1- Техничко-экономическое сравнение пусковых устройств

Производитель	SchneiderElectric		ABB	IEK	
1	2	3	4	5	6
Серия	LC1(2) D	LC1F	AF (VAS/ESB)	КМИ	КТ
Номинальный ток пускового устройства, А	9/12/25/32 /38/40/50 /65/95	115/150/18 5/265/400	9/12/26/32/38/40/53/ 65/96/116/146/190/2 65/400	9/12/25/32 /40/50/65/ 95	100/150/2 50/400
Номинальная мощность, кВт	4/5,5/11/ 15/18,5/22 /30/45	55/75/90/13 2/200	4/5,5/11/15/18,5/18, 5/22/30/45/55/75/90/ 135/200	4/5,5/11/1 5/18,5/22/ 30/45	75/85/105/ 150 ВА
Напряжение катушки управления	220, 380	220	220,380	220	220,380
Рабочее напряжение	До 690 В	До 1000 В	До 1000 В	До 660	До 1000 В
Комплектация, дополнительные блоки	ТРП класса 10 А, 20 или/с предохранителяМ, gG. Блоки с выдержкой времени, модули сигнализации	Тепловое реле перегрузки LR9 F/TeSysT. Блоки с выдержкой времени, модули сигнализации	Встроенные ограничители перенапряжения; ТРП класс 10/ ТРП электронное, класс 10Е,20Е30Е;таймеры электронные; блокировки механические/электрические	Тепловое реле перегрузки и	-
Стоимость, руб.	1800-37000	9500-79000	1500-93000	1310-7037	7608-70300

Пусковые устройства фирмы АВВ сразу комплектуются встроенными ограничителями перенапряжения и имеют возможность установки теплового

реле перегрузки для защиты двигателя. Так же они находятся в средней ценовой категории. Реверсивные пускатели имеют более компактные размеры, что позволяет экономить пространство на панелях ЩСУ. Контактторы КТ фирмы ИЕК не удовлетворяют всем необходимым номинальным токам и требуют отдельной дополнительной закупки и установки теплового реле. Пусковые устройства фирмы АВВ рекомендуются к установке.

Автоматические выключатели для исследуемого цеха предоставлены в широком спектре номинальных токов, поэтому сравнения выбираемого оборудования приведены на примере 63 А номинального тока (таблица 2).

Таблица 2- Технико-экономическое сравнение автоматических выключателей

Производитель	ABB	SchneiderElectric	ИЕК
1	2	3	4
Серия	S203S	iC60H	BA47-29
Характеристики срабатывания	B,C,D	B,C,D	B,C,D
Номинальный ток, А	0,5 - 63	0,5 - 63	0,5 -63
Номинальная отключающая способность, А	6000	10000	4500
Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	254/440	230/400 В	230/400
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ	5	6	5
Электрическая износостойкость, А	10000	10000	6000

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Механическая износостойкость, А	20000	20000	20000
Степень защиты	IP40	IP40	IP20
Диапазон рабочих температур, °С	-25/+55	-35 /+70 °С	-40/+50
Дополняются	Вспомогательные, сигнальные контакты, расцепитель дистанционный или минимального напряжения	Дифференциальными блоками (Vigi), вспомогательные устройства для дистанционного отключения и сигнализации, индикация аварийного отключения	Индикатор положения рычага
Стоимость автоматического выключателя на 63 А с характеристикой С, руб.	2390	5247	560

SchneiderElectric состоит в высокой ценовой категории, собственно, за счет наличия дополнительных вспомогательных устройств, которые помогают избежать ложного отключения из-за коммутационных операций оборудования, сигнализации и индикации аварий. У автоматических выключателей этой фирмы самый высокий уровень выдерживаемого напряжения и уровень стойкости к загрязнению. Автоматические выключатели серии iC60H рекомендуются к установке.

2.2 Расчёт силовых нагрузок

Расчет силовых электрических нагрузок необходим для определения допустимых рабочих токов по условиям нагрева токоведущих элементов. На основании полученных значений подбирается электрическое оборудование такое как, силовые трансформаторы, автоматические выключатели, кабели, пусковые устройства, устройства защиты и т.д.

Существуют различные методы расчета электрических нагрузок, которые делятся на две группы: аналитические и эмпирические методы. В зависимости от уровней электроснабжения выбирается тот или иной вид расчетов. В данном случае от КТП до электроприемника и выбирается к использованию аналитические методы. В цехах БК-6 нет ЭП с резкопеременным или импульсивным режимом работы, режим работы и технологический процесс отлажен и не имеет случайную структуру графиков нагрузок, поэтому рекомендуется использовать метод коэффициента максимума. Как следует из названия, в основе метода лежат два расчетных коэффициента – коэффициент использования и максимума.

Для произведения расчетов составляется таблица с наименованием узла сети (ЩСУ, ШЩ), электроприемников и номинальной мощности каждого ЭП из паспортных данных. Далее расчет производится в следующем порядке:

1. По справочным или паспортным данным в таблицу заносятся значения коэффициента использования k_u и $\cos\phi$ для отдельных групп ЭП.

2. Рассчитывается установленная мощность группы ЭП $P_{уст}$, кВт:

$$P_{уст} = \sum n P_n, \quad (2.1)$$

где n - количество ЭП одной мощности, шт;

P_n - номинальная мощность ЭП, кВт.

Расчет установленной мощности группы электроприемниковна примере по ЩСУ №3 РП4:

$$P_{уст} = 1 \cdot 11 + 1 \cdot 55 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 40 = 113,0.$$

3. Заполняется для отдельного расчетного узла (ЩСУ, ШЩ) коэффициент m ,

$$m = \frac{P_{н.маx}}{P_{н.миn}}, \quad (2.2)$$

где $P_{н.миn}$ и $P_{н.маx}$ номинальные активные мощности наименьшего и наибольшего электроприемников соответственно.

$$m = \frac{66}{3} = 18,33, \\ 18,33 > 3.$$

4. Рассчитываются активные и реактивные мощности

$$P_{см} = \sum P_{уст} k_u, \quad (2.3)$$

$$Q_{см} = P_{см} tg\phi, \quad (2.4)$$

где $P_{см}$ - среднесменная активная мощность для ЭП, кВт;

$Q_{см}$ - среднесменная реактивная мощность, кВар;

$$P_{см} = 66 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,65 + 4 \cdot 0,55 + 40 \cdot 0,7 = 51,95,$$

$$Q_{см} = 19,8 \cdot 0,65 + 1,95 \cdot 0,8 + 2,2 \cdot 1,33 + 28 \cdot 0,75 = 38,29.$$

5. Находим средневзвешенные значения коэффициентов использования и мощности:

$$k_{u.zp} = \frac{\sum P_{cm}}{\sum P_{уст}}, \quad (2.5)$$

$$tg\phi_{zp} = \frac{\sum Q_{cm}}{\sum P_{cm}}, \quad (2.6)$$

где $\sum P_{cm}$, $\sum Q_{cm}$ - суммарная активная и реактивная мощности для отдельных узлов ЭП.

$$k_{u.zp} = \frac{51,95}{113} = 0,46,$$

$$tg\phi_{zp} = \frac{38,29}{51,95} = 0,74.$$

6. Находится эффективное число ЭП n_{ε} .

Если число электроприемников больше или равно пяти, групповой коэффициент использования больше или равно 0,2, а коэффициент m больше трех, то расчет производится по следующей формуле:

$$n_{\varepsilon} = \frac{2\sum P_{уст}}{P_{н.мах}}. \quad (2.7)$$

При невыполнении одного из вышеописанных условий расчет числа эффективных ЭП производится по формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum P_H^2}. \quad (2.8)$$

7. Определение коэффициента максимума.

Значение коэффициента максимума K_m определяется в зависимости от группового коэффициента использования и эффективного числа ЭП как для активной, так и для реактивной мощности. Полученные значения заносятся в таблицу расчета нагрузок приложение В.

8. Расчет максимальных активных и реактивных мощностей.

Максимальные активные и реактивные мощности за наиболее загруженную смену рассчитываются

$$P_{\text{max}} = P_{\text{см}} K_m, \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{см}} K_m. \quad (2.10)$$

По ЩСУ №3:

$$P_{\text{max}} = 51,95 \cdot 1,62 = 84,16,$$

$$Q_{\text{max}} = 38,29 \cdot 1,62 = 62,03.$$

8. Нахождение полной расчетной мощности, кВА

$$S_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{max}}^2 + Q_{\text{max}}^2}, \quad (2.11)$$

$$S_{\text{max}} = \sqrt{84,16^2 + 62,03^2} = 104,55.$$

9. Нахождение тока по узлу или цеху, А

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3}U_H}, \quad (2.12)$$

где U_H - номинальное напряжение низкой стороны трансформатора, кВ.

$$I_{\max} = \frac{104,55}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 158,84.$$

Результаты расчёта по (РП, ЩСУ и т.д.) приведены в таблице силовых нагрузок после пункта расчета освещения цеха приложения Б.

2.3 Расчёт системы освещения

Электроосвещение важный аспект на производстве. Из-за неправильно спроектированного и установленного освещения могут возникнуть причины, создающие травмоопасные ситуации для персонала. Поэтому важно следовать указаниям соответствующих нормативных документов.

Расчет количества необходимых для освещения помещения светильников определяются с помощью специальной программы DIALuxеvоб.

Для произведения расчетов достаточно, прежде всего, знать высоту, ширину, длину помещения и для чего оно используется. Остальные сведения, которые приведены ниже, нормируются в ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений».

Определение освещенности в помещении основывается на использование таких параметров как:

- E_{cp} – установленная санитарная норма освещённости для помещений согласно СНиП, лк;

- $E_{экс}$ – эксплуатационная нормированная освещенность, минимальное допустимое значение E_{cp} на заданной поверхности, лк;

- U_o – равномерность освещенности, принимается равному отношению $E_{экс}$ к E_{cp} на заданной поверхности;

- UGR – объединенный показатель дискомфорта;

- R_a – общий индекс цветопередачи;

- K_{IT} – коэффициент пульсации, %.

Рассматриваемые помещения включают в себя производственные, складские помещения, места движения, нормы для которых приведены в таблице 3.

Таблица 3- Нормы освещенности для помещений

Наименования помещения	$E_{экс}$, лк	U_o , не менее	UGR , не более	R_a , не менее	$K_{п}$, %, не более
1	2	3	4	5	6
Производственные процессы химического предприятия с частичным применением ручного труда	150	0,4	28	40	-
Электротехнические помещения	200	150	28	40	-
Лестницы	100	0,4	25	40	-
Склады и кладовые	100	0,4	25	60	-

Для каждого помещения вводится коэффициент отражения, коэффициент характеризующий способность поверхности отражать падающий на него свет.

Для корпуса №1, наружных установок и склада коэффициент отражения для каждой поверхности будет равен:

- Потолок – 50%;
- Стены – 30%;
- Пол – 10%.

Все вышеотмеченные данные необходимо внести в расчетную программу при проектировании осветительных установок в помещениях для получения правильных результатов.

В производственных помещениях работа происходит только с некоторой разовой ручной загрузкой материала, не производятся действия требующих точных действий или контроля каких-либо параметров. В этом случае применяется система общего равномерного освещения, где при размещении осветительных установок не происходит учет расположения оборудования на производственной площадке.

При расчете необходимых помещений используются светодиодные светильники производителя EL-LED (г.Тольятти) IndustryG80 103-13500-5000 IP 66.

Результаты произведенного проектирования освещения наглядно показаны на рисунках 2-5.

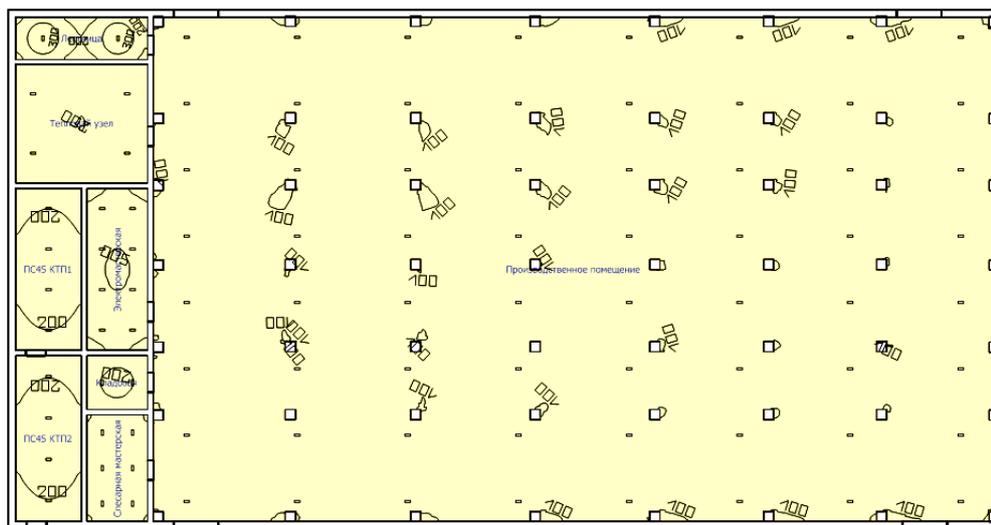


Рисунок 2- Результаты освещенности по Корпусу №1

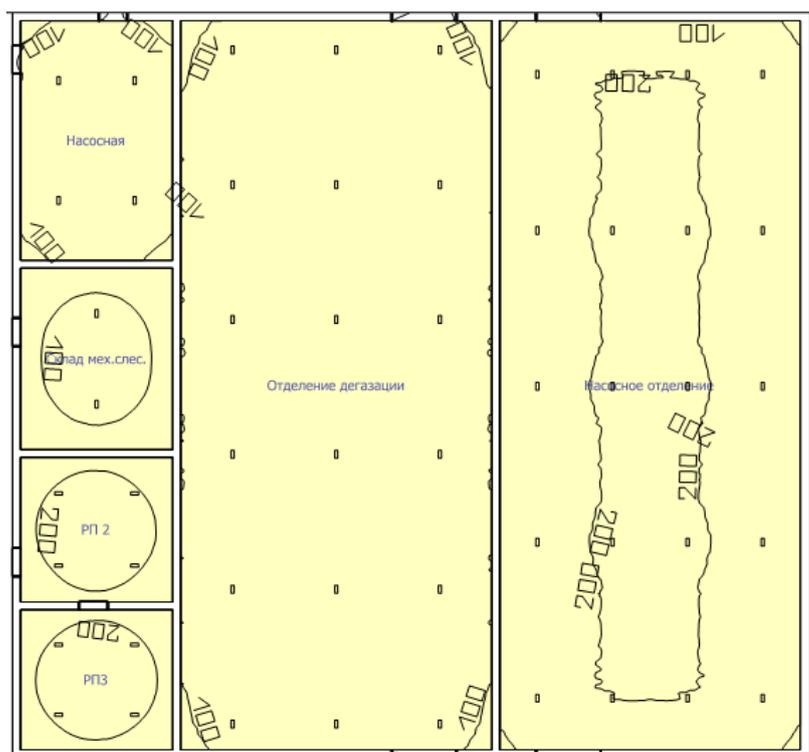


Рисунок 3- Результаты освещенности по отделениям корпуса № 1

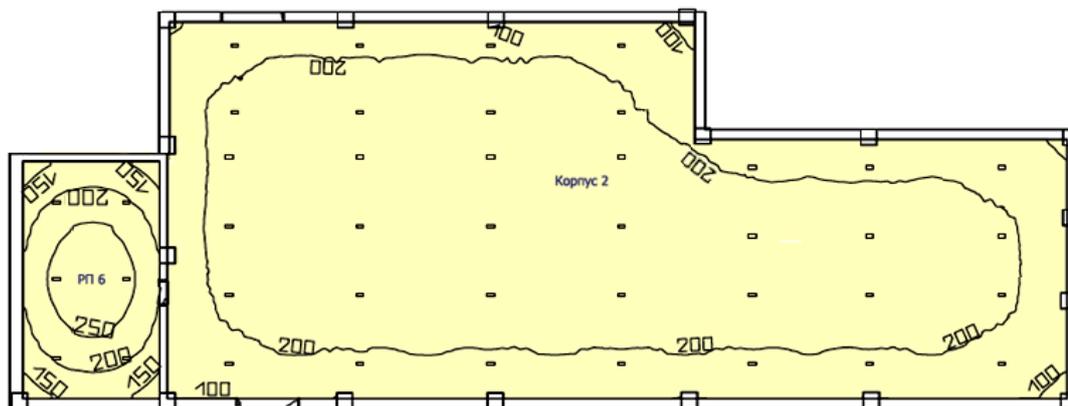


Рисунок 4- Результаты расчета по корпусу №2

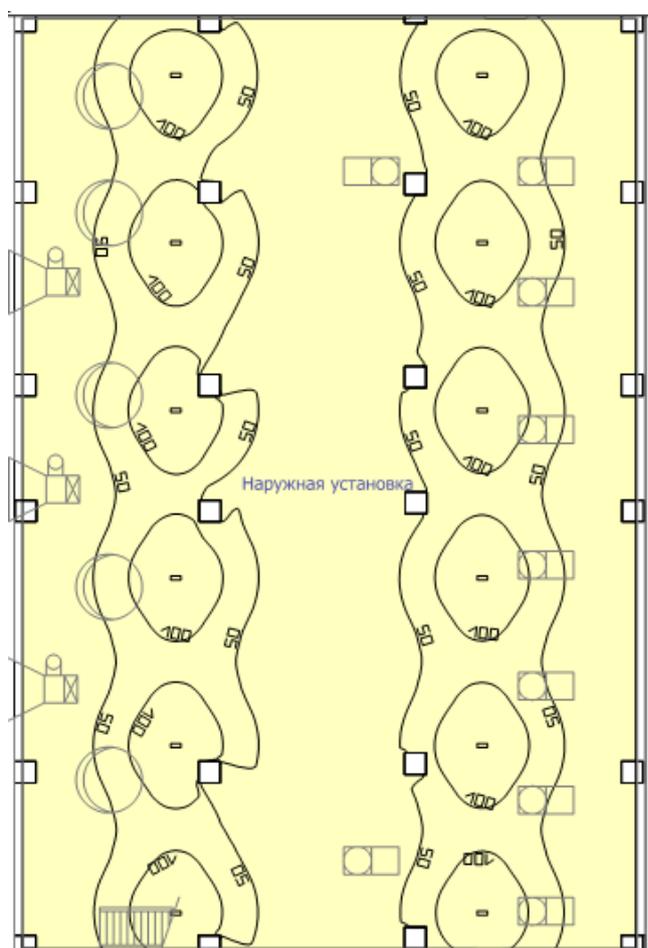


Рисунок 5- Результаты расчета освещенности по НУ №1

Полученные значения для простоты восприятия результатов занесены в таблицу 4 для каждого помещения.

Таблица 4 – Полученные значения освещенности

Помещение	Е _{ср} , лк	Е _{min} , лк	Е _{max} , лк	Е _{min} /Е _{ср}
1	2	3	4	5
Отделение выделения	153	100	163	0,65
ПС-45 КТП1/2	252	106	313	0,42
Кладовая	125	62,6	174	0,5
Электро-мастерская	315	133	389	0,42
Слесарная мастерская	360	201	320	0,63
РП2/3	231	142	186	0,46
Насосное отделение	180	89,6	219	0,5
Насосные установки	160	83,3	214	0,52
РП 6	233	127	311	0,55
Отделение дегазации	154	816	182	0,53
Наружные установки №1	53,5	16,05	195	0,3
Вспомогательное помещение корпуса №2	224	68,5	262	0,31

Как было указано ранее, в корпусах отсутствует аварийное освещение, но его необходимо спроектировать в целях безопасности сотрудников в случаях перебоя питания и, следовательно, отключения света.

В этом случае необходимо создать освещение для безопасной эвакуации персонала. Светильники аварийного освещения устанавливаются над лестницами и над дверьми, указывая людям путь эвакуации.

Производитель используемых светильников имеет возможность предоставить модификацию светильников с блоком аварийного питания, гарантирующего работу осветительного оборудования в случаях отключения общего электроснабжения.

Результаты расчетов, выполненных с помощью программы, внесены в таблицу Приложения Б.

2.4 Выбор трансформаторов ТП (КТП)

При выборе силовых трансформаторов главным образом обращают внимание на категорию электроснабжения потребителя и технико-экономическим расчетом.

Цеха БК входят во вторую категорию электроснабжения как предприятие, простой технологического процесса которого может привести к денежным убыткам. Следовательно, следует выбирать двухтрансформаторную подстанцию.

Выбор номинальной мощности, на которую будет рассчитана будущая ТП, производится из расчета обеспечения питанием всех электроприемников и их мощностей подводимых к подстанции. Она выбирается по величине средней мощности за наиболее загруженную смену, что позволяет избежать завышения значения мощности при использовании в расчете при максимальной нагрузке.

В этом случае число и мощность трансформаторов можно определить по $S_{см}$ из того предположения, что в сети низкого напряжения осуществлена полная компенсация реактивной мощности до $\cos\phi$ равному единице, и тогда $S_{см} = P_{см}$:

$$S_H \geq \frac{P_{см}}{N \cdot K_3}, \quad (2.13)$$

где N – целое число трансформаторов;

K_3 - коэффициент загрузки трансформатора, который принимается для второй категории равным 0,7.

Предварительно проверка по допустимой перегрузке выбранных трансформаторов осуществляется по соотношению

$$1,3 \cdot S_H \geq P_P, \quad (2.14)$$

где P_p – расчетная активная мощность в целом по КТП, кВт.

Условие допустимой перегрузки выбранных трансформаторов выполняется.

При проектировании стоит отдавать предпочтение наибольшим образком комплексным трансформаторным подстанциям, что позволит компактно разместить необходимое оборудование в закрытом внутрицеховом помещении.

Для соответствия выбранных трансформаторов проводится проверка по коэффициенту загрузки K_3 . В данном случае производится расчет действительного коэффициента загрузки трансформаторов при условии полной компенсации реактивной мощности:

$$K_3 = \frac{P}{N \cdot S_{н.тр}}. \quad (2.15)$$

Расчет трансформаторов по аналогичным формулам для КТП занесен в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчет параметров трансформаторов

Расчетные параметры	КТП №1	КТП №2
1	2	3
$S_n \geq \frac{P_{см}}{N \cdot K_3}, \text{кВА}$	$S_n \geq \frac{1555,53}{2 \cdot 0,7} = 1111,1 \text{ кВА}$	$S_n \geq \frac{2017,35}{2 \cdot 0,7} = 1700,34 \text{ кВА.}$
$S_n, \text{кВА}$	Выбираются два трансформатора ТМЗ на 1600 кВА напряжением 10/0,4	Выбираются два трансформатора ТМЗ на 2500 кВА напряжением 10/0,4

1	2	3
$1,3 \cdot S_n \geq P_p$	$1,3 \cdot 1600 \geq 1742,20,$ $2080 \geq 1742,20.$	$1,3 \cdot 2500 \geq 2380,47,$ $3250 \geq 2380,47.$
$K_3 = \frac{P_p}{N \cdot S_{н.тр}}, о.е.$	$K_3 = \frac{1742,20}{2 \cdot 1600} = 0,54$	$K_3 = \frac{2380,47}{2 \cdot 2500} = 0,48$

По рассчитанному коэффициенту загрузки, можно сделать вывод, что два трансформатора типа ТМЗ-1600/10/0,4 и ТМЗ-2500/10/0,4 которые входят в состав комплексной трансформаторной подстанции 2КТПП, рекомендуются к использованию.

2.5 Компенсация реактивной мощности

Компенсация реактивной мощности выполняется с помощью комплектных конденсаторных установок, устанавливаемых на каждой секции шин 0,4 кВ КТП. Так как трансформаторы в нормальном режиме работают раздельно, целесообразно определять мощность конденсаторной батареи отдельно для каждой секции шин КТП. Распределение нагрузки по секциям показано в таблице 6.

Требуемая мощность конденсаторной установки определяется посредством двух условий:

- пропускной способностью трансформаторов КТП;
- обеспечением заданного коэффициента мощности на шинах КТП для выполнения баланса реактивной мощности в целом по предприятию.

Таблица 6- Распределение нагрузки по секциям

Тип нагрузки	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , КВА
1	2	3	4	5	6
КТПП1					
1 секция Силовая нагрузка	792,19	657,05	892,19	743,44	1165,55
2 секция Силовая нагрузка	763,34	669,27	919,61	795,59	1218,91
КТПП2					
3 секция Силовая нагрузка	955,62	700,99	1214,66	891,12	1509,41
Осветительная	6,59	1,34	6,59	1,34	6,73

1	2	3	4	5	6
Итого по секции 3	962,21	702,33	1239,71	896,21	1516,13
4 секция Силовая нагрузка	961,70	697,25	1198,35	870,49	1483,00
Осветительная	5,93	1,2	5,93	1,2	6,05
Итого по секции 4	967,64	698,46	1291,78	918,91	1489,06

Требуемая мощность конденсаторных батарей для одной секции шин по первому условию, квар:

$$Q_{ку.мп1} = Q_p - Q_1, \quad (2.16)$$

где Q_1 – реактивная мощность, которую можно передать через трансформатор с учетом требуемого коэффициента загрузки, квар,

$$Q_1 = \sqrt{(K_z \cdot S_{н.м})^2 - P_p^2}. \quad (2.17)$$

Требуемая мощность конденсаторных батарей для одной секции шин по второму условию, квар,

$$Q_{ку.мп2} = Q_p - Q_2, \quad (2.18)$$

где $Q_{\text{э}}$ – часть экономической реактивной мощности, потребляемой в часы максимальной нагрузок энергосистемы данной трансформаторной подстанции, квар,

$$Q_{\text{э}} = \operatorname{tg} \varphi_{\text{э}} \cdot P_p, \quad (2.19)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ - значение тангенса угла φ задаваемого энергосистемой.

Из двух значений требуемой мощности выбираем большее.

Для первой секции КТПП1, квар:

$$Q_1 = \sqrt{(0,7 \cdot 1600)^2 - 892,19^2} = 677,047,$$

$$Q_{\text{ку.тп1}} = 743,44 - 677,047 = 66,39,$$

$$Q_{\text{э}} = 0,4 \cdot 892,19 = 365,799,$$

$$Q_{\text{ку.тп2}} = 892,19 - 365,799 = 377,64.$$

Таким образом, для первой секции рекомендуется к использованию регулируемая конденсаторная установка КРМ-0,4-400 мощностью 400квар.

Для второй секции КТПП1, квар:

$$Q_1 = \sqrt{(0,7 \cdot 1600)^2 - 919,61^2} = 639,309,$$

$$Q_{\text{ку.тп1}} = 795,59 - 639,309 = 156,29,$$

$$Q_{\text{э}} = 0,4 \cdot 919,61 = 395,433,$$

$$Q_{\text{ку.тп2}} = 795,59 - 395,433 = 400,16.$$

Для второй секции КТПП1 также рекомендуется КРМ-0,4-400 мощностью 400квар.

Полная расчетная мощность с учетом компенсации, кВА,

$$S'_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{кв})^2}. \quad (2.20)$$

Для первой секции, кВА,

$$S'_{p1} = \sqrt{892,19^2 + (743,44 - 400)^2} = 956,012.$$

Для второй секции, кВА,

$$S'_{p2} = \sqrt{919,61^2 + (795,59 - 400)^2} = 1001,089.$$

Суммарная полная мощность по КТПП, кВА,

$$S'_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p1} + P_{p2})^2 + (Q_{p1} + Q_{p2} - \Sigma Q_{кв})^2}, \quad (2.21)$$

$$S'_{p\Sigma} = \sqrt{(892,19 + 919,61)^2 + (743,44 + 795,59 - 400 - 400)^2} = 1956,733.$$

Действительный коэффициент загрузки трансформаторов после компенсации реактивной мощности, о.е,

$$K_{з.д} = \frac{S'_p}{S_{н.т.}}. \quad (2.22)$$

Для первой секции шин,

$$K_{3,01} = \frac{956,012}{1600} = 0,597.$$

Для второй секции шин,

$$K_{3,02} = \frac{1001,089}{1600} = 0,626.$$

Проверка по допустимой перегрузке трансформаторов КТПП после компенсации реактивной мощности,

$$1,3 \cdot S_{н.т.} \geq S'_{p\Sigma}, \quad (2.23)$$

$$1,3 \cdot 1600 = 2080 \geq 1956,733.$$

Следовательно, выполняются все условия и рекомендуются к использованию конденсаторные установки КРМ-0,4-400 и 2КТПП №1 с трансформаторами ТМЗ-1600/10/0,4.

Для 2КТПП2 расчеты приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Расчет конденсаторной установки

Расчетные параметры	Расчетные значения для 2КТПП №2	
	3 секция	4 секция
1	2	3
$Q_1 = \sqrt{(K_3 \cdot S_{н.т.})^2 - P_p^2}, \text{квар}$	$\sqrt{(0,7 \cdot 2500)^2 - 1239,71^2} =$ $= 1235,157, \text{квар}$	$\sqrt{(0,7 \cdot 2500)^2 - 1291,78^2} =$ $= 1180,595, \text{квар}$
$Q_{ку.мп1} = Q_p - Q_1, \text{квар}$	$896,21 - 1235,157 =$ $= -338,95, \text{квар}$	$918,92 - 1180,595 =$ $= -261,68, \text{квар}$
$Q_3 = tg \varphi_3 \cdot P_p, \text{квар}$	$0,4 \cdot 1239,71 =$ $= 533,076, \text{квар}$	$0,4 \cdot 1291,78 =$ $= 555,465, \text{квар}$

1	2	3
$Q_{\text{ку.мп2}} = Q_p - Q_3, \text{квар}$	$896,21 - 533,076 =$ $= 363,13, \text{квар}$	$918,92 - 555,465 =$ $= 363,45, \text{квар}$
$S'_p = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ку}})^2},$ кВА	$\sqrt{1239,71^2 + (896,21 - 400)^2} =$ $= 1335,332, \text{кВА}$	$\sqrt{1291,78^2 + (918,92 - 400)^2} =$ $= 1392,111, \text{кВА}$
$S'_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p1} + P_{p2})^2 + (Q_{p1} + Q_{p2} - \Sigma Q_{\text{ку}})^2},$ кВА	$S'_{p\Sigma} = \sqrt{(1239,71 + 1291,78)^2 + (896,21 + 918,92 - 400 - 400)^2} =$ $= 2727,442, \text{кВА}$	
$K_{3,0} = \frac{S'_p}{S_{\text{н.т.}}}$	$\frac{1335,332}{2500} = 0,534$	$\frac{1392,111}{2500} = 0,557$
$1,3 \cdot S_{\text{н.т.}} \geq S'_{p\Sigma}$	$1,3 \cdot 2500 = 3250 \geq 2724,442$	

Выполняются все заданные условия и рекомендуются к установке КРМ-0,4-400 и 2КТПШ №2 с трансформаторами ТМЗ-2500/10/0,4.

2.6 Расчет короткого замыкания

Расчет короткого замыкания необходимо проводить для проверки установленного и выбранного электрического оборудования, аппаратов коммутации или защиты. Короткое замыкание рассчитывается для самого мощного и самого дальнего из электроприемников. Трехфазное короткое замыкание берется к расчетам, так как считается в большинстве случаев наиболее тяжелым режимом для оборудования.

Для 2КТПП №1 самый дальний и самый мощный электроприемник является одним и тем же двигателем мощностью 132 кВт. Для 2КТПП №2 эти ЭП разные: самый дальний мощностью 7,5 кВт, а самый мощный 160 кВт.

На рисунке № предоставлена схема для расчета токов короткого замыкания, а на рисунке № схема ее замещения.

Далее приводится методика и пример расчета тока короткого замыкания. Значения для каждой точки КЗ и комплексной трансформаторной подстанции записаны в таблице 8.

Расчет короткого замыкания для 2КТПП №1 производится по схеме, показанной на рисунке 6, схема замещения предоставлена на рисунке 7. Так как трансформатор тока ТА1 имеет первичный ток более 500 А, то сопротивлением можно пренебречь, в связи с относительно малой величиной.

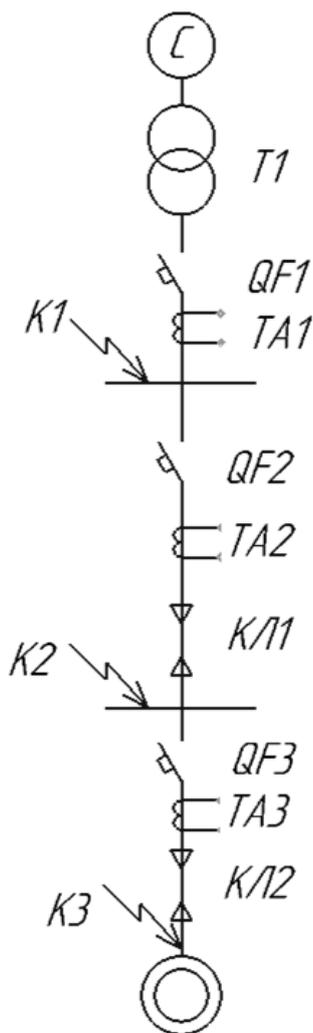


Рисунок 6 - Схемы для расчетов короткого замыкания 2КТПП №1

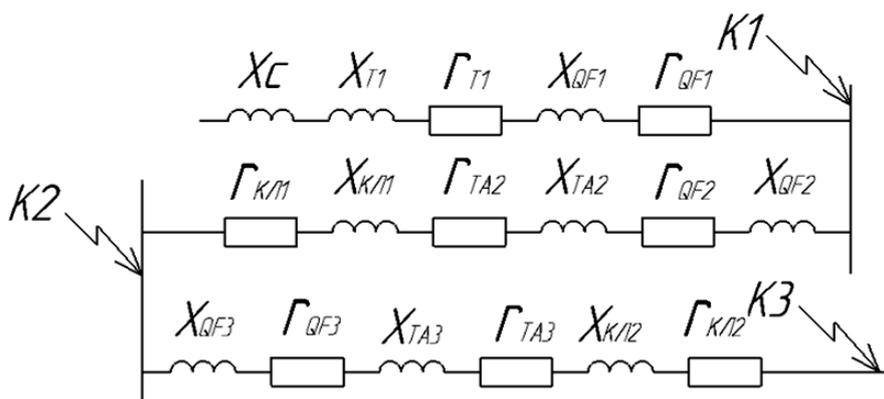


Рисунок 7 - Схемы замещения для 2КТПП №1

Расчет короткого замыкания производится после предварительного расчета сопротивлений элементов схемы замещения или нахождения

необходимых данных в технической документации соответствующего электрического оборудования.

Эквивалентное индуктивное сопротивление энергосистемы определяется по формуле:

$$x_c = \frac{U_{ст.нн}^2}{S_k} \cdot 10^{-3}, \quad (2.24)$$

где $U_{ср.ном}$ - среднее номинальное напряжение, кВ;

S_k - мощность короткого замыкания у выводов ВН трансформатора, МВА.

Активное и индуктивное сопротивления силового трансформатора определяются по следующим формулам:

$$r_T = \frac{P_K \cdot U_{нн}^2}{S_H^2} \cdot 10^6, \quad (2.25)$$

$$x_T = \sqrt{U_{к^2} - \left(\frac{P_K \cdot 100}{S_H}\right)^2} \cdot \frac{U_{нн}^2}{S_H} \cdot 10^4, \quad (2.26)$$

где S_H - номинальная мощность трансформатора, кВА;

P_K - потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт;

U_k - напряжение короткого замыкания трансформатора, %.

Соответствующие сопротивления для кабельной линии рассчитываются:

$$r_{кЛ} = r_0 \cdot l, \quad (2.27)$$

$$x_{кЛ} = x_0 \cdot l, \quad (2.28)$$

где l - длина кабельной линии, м;

r_0 – активное сопротивление линии, мОм;

x_0 – индуктивное сопротивление линии, мОм.

Расчет сопротивлений для элементов схемы замещения 2КТПП №1 приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Расчет сопротивлений электрооборудования

Расчетные параметры	Результаты расчетов
1	2
Система X_c , мОм	$\frac{400^2}{1000} \cdot 10^{-3} = 0,16, \text{ мОм}$
Силовой трансформатор r_T , $x_{T\text{мОм}}$.	$r_T = \frac{16,5 \cdot 0,4^2}{1600^2} \cdot 10^6 = 1,031, \text{ мОм}$ $x_T = \sqrt{6^2 - \left(\frac{16,5 \cdot 100}{1600}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1600} \cdot 10^4 = 5,911, \text{ мОм}$
Автоматический выключатель QF1, мОм	$r_{QF1} = 0,13, \text{ мОм},$ $x_{QF1} = 0,07 \text{ мОм}.$
Автоматический выключатель QF2, мОм	$r_{GF2} = 0,25, \text{ мОм},$ $x_{GF2} = 0,1 \text{ мОм}.$
Трансформатор тока ТА2, мОм	$r_{ТА2} = 0,11, \text{ мОм},$ $x_{ТА2} = 0,17 \text{ мОм}.$
Кабельная линия КЛ1, мОм	$r_{КЛ1} = 0,32 \cdot 18 = 5,76, \text{ мОм},$ $x_{КЛ1} = 0,064 \cdot 18 = 1,152 \text{ мОм}.$
Автоматический выключатель QF3, мОм	$r_{GF3} = 0,65, \text{ мОм},$ $x_{GF3} = 0,17 \text{ мОм}.$
Трансформатор тока ТА3, мОм	$r_{ТА3} = 0,67, \text{ мОм},$ $x_{ТА3} = 0,42 \text{ мОм}.$
Кабельная линия КЛ2, мОм	$r_{КЛ2} = 0,17 \cdot 210 = 35,7, \text{ мОм},$ $x_{КЛ2} = 0,061 \cdot 210 = 12,81 \text{ мОм}.$

Активное и индуктивное сопротивление для точки К1:

$$r_{\Sigma 1} = r_{T1} + r_{QF1}, \quad (2.29)$$

$$x_{\Sigma 1} = x_C + x_{T1} + x_{QF1}. \quad (2.30)$$

Сопротивления для точки К2:

$$r_{\Sigma 2} = r_{\Sigma 1} + r_{TA2} + r_{QF2} + r_{KL1}, \quad (2.31)$$

$$x_{\Sigma 2} = x_{\Sigma 1} + x_{KL1} + x_{TA2} + x_{QF2}. \quad (2.32)$$

Сопротивления для точки К3:

$$r_{\Sigma 3} = r_{\Sigma 2} + r_{TA3} + r_{QF3} + r_{KL2}, \quad (2.33)$$

$$x_{\Sigma 3} = x_{\Sigma 2} + x_{KL2} + x_{TA3} + x_{QF3}. \quad (2.34)$$

Полное сопротивление для каждой из трех точек рассчитывается по следующей формуле:

$$z_{\Sigma K} = \sqrt{r_{\Sigma K}^2 + x_{\Sigma K}^2}. \quad (2.35)$$

Ток трехфазного короткого замыкания каждой расчетной точки находится по следующей формуле:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_{H\ HH}}{\sqrt{3} \cdot z_K}. \quad (2.36)$$

Ударный ток:

$$i_{yK} = \sqrt{2} \cdot K_{yK} \cdot I_K^{(3)}, \quad (2.37)$$

где K_{yK} - ударный коэффициент, находится по следующим формулам:

$$K_{yK} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}, \quad (2.38)$$

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{r_\Sigma \cdot \omega}. \quad (2.39)$$

Результаты расчета тока трехфазного короткого замыкания и ударного тока указаны в таблице 9.

Таблица 9 - Результаты расчетов токов КЗ

Точки КЗ	Полученные значения суммарных сопротивлений			Ток трехфазного КЗ	Ударный ток
	$r_\Sigma, \text{МОм}$	$x_\Sigma, \text{МОм}$	$z_\Sigma, \text{МОм}$	$I_K, \text{кА}$	$i_{y0}, \text{кА}$
1	2	3	4	5	6
К1	1,144	6,141	6,247	36,97	81,413
К2	7,264	7,563	10,486	22,023	61,992
К3	44,284	20,963	48,971	4,716	13,199

Расчет токов короткого замыкания для второй 2КТПП происходит по аналогичному алгоритму. Для точек К1-К3 формулы (2.29-2.39) одинаковы для обеих комплексных трансформаторных подстанций. Расчет в точках К4-К5 схож, только содержит небольшие изменения. Общая схема и схема замещения показаны на рисунках 8 и 9 соответственно. Расчеты сопротивлений сведены в таблицу 10.

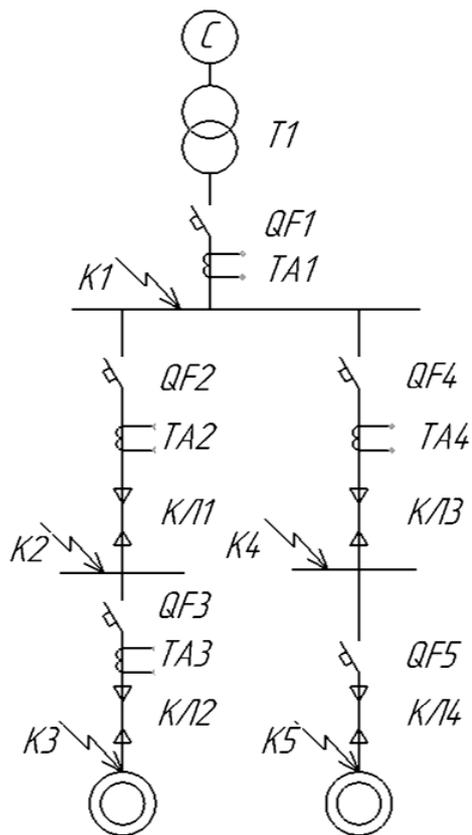


Рисунок 8 - Схемы для расчета короткого замыкания для 2КТПП №1

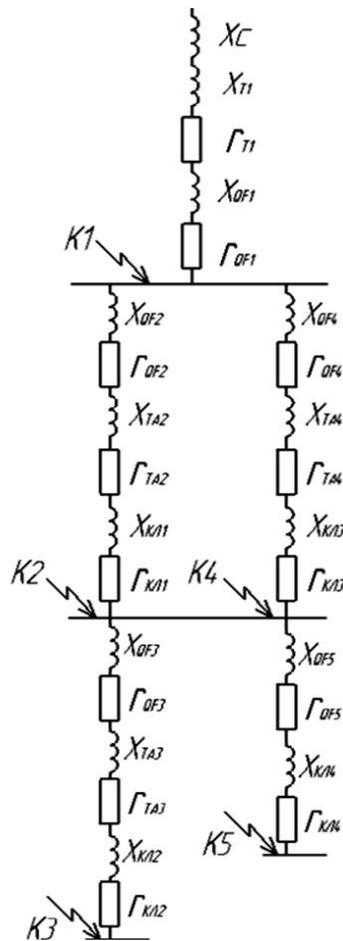


Рисунок 9 - Схемы замещения для 2КТПП №2

Таблица 10 - Расчет сопротивлений электрооборудования второй КТПП

Сопротивления элементов схемы	Результаты расчетов
1	2
Система X_c , мОм	$\frac{400^2}{1000} \cdot 10^{-3} = 0,16, \text{ мОм}$
Силовой трансформатор r_T, x_T мОм.	$r_T = \frac{24,0 \cdot 0,4^2}{2500^2} \cdot 10^6 = 1,5, \text{ мОм},$ $x_T = \sqrt{6^2 - \left(\frac{24 \cdot 100}{2500}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{2500} \cdot 10^4 = 3,791, \text{ мОм}$
Автоматический выключатель QF1, мОм	$r_{QF1} = 0,13, \text{ мОм},$ $x_{QF1} = 0,07 \text{ мОм}.$
Автоматический выключатель QF2, мОм	$r_{GF2} = 0,25, \text{ мОм},$ $x_{GF2} = 0,1 \text{ мОм}.$
Трансформатора тока ТА2, мОм	$r_{TA2} = 0,05, \text{ мОм},$ $x_{TA2} = 0,07 \text{ мОм}.$
Кабельная линия КЛ1, мОм	$r_{КЛ1} = 0,32 \cdot 22 = 7,04, \text{ мОм},$ $x_{КЛ1} = 0,064 \cdot 22 = 1,408 \text{ мОм}.$
Автоматический выключатель QF3, мОм	$r_{GF3} = 0,65, \text{ мОм},$ $x_{GF3} = 0,17 \text{ мОм}.$
Трансформатора тока ТА3, мОм	$r_{TA3} = 0,11, \text{ мОм},$ $x_{TA3} = 0,17 \text{ мОм}.$
Кабельная линия КЛ2, мОм	$r_{КЛ2} = 0,21 \cdot 85,8 = 18,018 \text{ мОм},$ $x_{КЛ2} = 0,056 \cdot 85,8 = 4,805 \text{ мОм}.$
Автоматический выключатель QF4, мОм	$r_{QF4} = 2,15, \text{ мОм},$ $x_{QF4} = 1,2 \text{ мОм}.$
Трансформатора тока ТА4, мОм	$r_{TA4} = 0,67, \text{ мОм},$ $x_{TA4} = 0,42 \text{ мОм}.$
Кабельная линия КЛ3, мОм	$r_{КЛ3} = 2,4 \cdot 85,2 = 0,204 \text{ Ом},$ $x_{КЛ3} = 0,084 \cdot 85,2 = 0,716 \text{ мОм}.$
Автоматический выключатель QF5, мОм	$r_{QF5} = 7, \text{ мОм},$ $x_{QF5} = 4,5 \text{ мОм}.$
Кабельная линия КЛ4, мОм	$r_{КЛ4} = 9,61 \cdot 66,25 = 0,637 \text{ Ом},$ $x_{КЛ4} = 0,098 \cdot 66,25 = 6,492 \text{ мОм}.$

Как было указано выше, расчеты активных и индуктивных суммарных сопротивлений точек К1-К3 происходят аналогично предыдущему случаю, а для точек К4, К5 формулы показаны ниже.

Сопротивления для точки К4, мОм:

$$r_{\Sigma 4} = r_{\Sigma 1} + r_{TA4} + r_{QF4} + r_{KL3}, \quad (2.40)$$

$$x_{\Sigma 4} = x_{\Sigma 1} + x_{TA4} + x_{QF4} + x_{KL3}. \quad (2.41)$$

Сопротивления для точки К2:

$$r_{\Sigma 5} = r_{\Sigma 4} + r_{QF5} + r_{KL4}, \quad (2.42)$$

$$x_{\Sigma 5} = x_{\Sigma 4} + x_{KL4} + x_{QF5}. \quad (2.43)$$

Таблица 11 - Результаты расчетов токов КЗ

Точки КЗ	Полученные значения суммарных сопротивлений			Ток трехфазного КЗ	Ударный ток
	$r_{\Sigma, мОм}$	$x_{\Sigma, мОм}$	$z_{\Sigma, мОм}$	$I_{к3}, кА$	$i_{уд}, кА$
1	2	3	4	5	6
К1	1,63	4,021	4,339	53,226	96,352
К2	8,97	5,599	10,574	21,84	61,282
К3	27,748	10,744	29,755	7,761	21,672
К4	208,45	6,357	208,547	1,107	2,694
К5	276,87	17,349	277,413	0,832	2,181

2.7 Выбор электрического оборудования

После произведенных расчетов следует подобрать для каждого электроприемника соответствующее ему электрическое оборудование, такое как защитная и коммутационная аппаратура.

Критерий выбора любой аппаратуры является соответствие его номинального напряжения напряжению сети:

$$U_{НОМ} \geq U_{СЕТИ,НОМ}. \quad (2.44)$$

Так же для автоматических выключателей, магнитных пускателей, рубильников соотношение таких параметров, как номинальный ток электрического устройства и длительного расчетного тока защищаемой линии:

$$I_{НОМ} \geq I_P, \quad (2.45)$$

$$I_P = \frac{P_H}{U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H \cdot \sqrt{3}}. \quad (2.46)$$

Магнитные пускатели, контакторы помимо первых двух пунктов, проверяются еще и по допустимой мощности электродвигателей, подключаемых к сети:

$$P_{под.доп} \geq P_{под.рас}. \quad (2.47)$$

Для автоматических выключателей важно срабатывать в тяжелых условиях, таких как короткое замыкание. В соответствии с этим, при выборе происходит сравнение динамического тока аппарата с ударным током короткого замыкания:

$$i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}} \quad (2.48)$$

По этим же параметрам (кроме допустимой мощности) выбираются и трансформаторы тока.

Помимо этого необходимо не срабатывать в начальные пусковые моменты, для чего происходит проверка по максимальному кратковременному току.

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{п}} \quad (2.49)$$

Для выбора сечения кабеля по условиям нагрева пиками нагрузки сравниваются расчетный и допустимый тока для проводника с учетом условий его прокладки.

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}} \quad (2.50)$$

Все выбранное оборудование внесено в таблицы приложения В.

2.8 Расчет заземления

Заземление необходимо выполнять на предприятиях и не только, с целью уменьшения возможного напряжения прикосновения из-за износа изоляции или другого рода повреждений.

У заземлителей взятых к использованию должны быть размеры не менее: круглая сталь(стержни) - в диаметре 10 мм²и длиной 1,5-2 м; стальная полоса 4x40 мм².

Удельное сопротивление грунта стержневых(вертикальных)заземлителей $\rho_{расч}$ Ом·м рассчитывается с использованием коэффициента сезонности K , который для города Тольятти, находящегося во второй климатической зоне, равен 1,8:

$$\rho_{расч} = \rho_{зр} \cdot K, \quad (2.51)$$

где $\rho_{зр}$ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$$\rho_{расч.в} = 50 \cdot 1,8 = 90, Ом \cdot м. \quad (2.52)$$

Удельное сопротивление горизонтальных или полосовых заземлителей, при коэффициенте сезонности 4,5:

$$\rho_{расч.г} = 50 \cdot 4,5 = 225, Ом \cdot м. \quad (2.53)$$

Сопротивление растекания тока одного вертикального заземлителя:

$$R_0 = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.в}}{L} \cdot \left(\lg \left(\frac{2L}{d} \right) + 0,5 \lg \left(\frac{4T + L}{4T - L} \right) \right), \quad (2.54)$$

где L – длина вертикального заземлителя, принятого 5 м;

d – диаметр, 18мм;

T – расстояние от середины стержня до поверхности земли, м.

$$T = \left(\frac{L}{2}\right) + t, \quad (2.55)$$

где t – заглубление стержня, которое принимается равным 0,7 м с учетом влияния различных климатических условий.

$$T = \left(\frac{5}{2}\right) + 0,7 = 3,2, \text{ м},$$

$$R_0 = \frac{0,366 \cdot 90}{5} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 5}{0,018}\right) + 0,5 \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5}\right) \right) = 20,423, \text{ Ом}.$$

После расчета сопротивления растекания вертикального заземлителя следует рассчитать количество необходимых стержней.

$$n_B = \frac{R_0}{\eta_B \cdot R_3}, \quad (2.56)$$

где η_B – коэффициент спроса вертикальных заземлителей(стержней), принимается 0,65;

R_3 – необходимая величина искусственного заземлителя.

Последнее значение находится по формуле

$$R_3 = \frac{R_{ep}}{100} \cdot R_{уст}, \quad (2.57)$$

где $R_{уст}$ – сопротивление установки, которое в соответствии с ПУЭ на напряжение 380/220 устанавливается в размере не менее 4 Ом.

$$R_3 = \frac{50}{100} \cdot 4 = 2 \text{ Ом},$$

$$n_B = \frac{20,423}{0,65 \cdot 2} = 62,839.$$

Число стержней принимается в количестве 63 шт.

При этом значении длина горизонтального заземлителя будет равняться:

$$L_T = a \cdot n_B = 5 \cdot 62,839 = 315 \text{ м}, \quad (2.58)$$

При $a=5$, так как расположение заземлителей по контуру.

В соответствии с этим значением рассчитывается сопротивление растекания горизонтального заземлителя (стальной полосы):

$$R_T = \frac{0,366 \cdot \rho_{расг} \cdot K_2}{L_2 \cdot \eta_2} \cdot \left(\lg \left(\frac{2 \cdot L_2^2}{b \cdot t} \right) \right), \quad (2.59)$$

где η_2 – коэффициент спроса стальной полосы, расположенной по контуру, 0,4;

b – ширина полосы, 0,04 м.

$$R_T = \frac{0,366 \cdot 225 \cdot 4,5}{315 \cdot 0,4} \cdot \left(\lg \left(\frac{2 \cdot 315^2}{0,012 \cdot 0,7} \right) \right) = 6,99 \text{ Ом}.$$

После необходимо рассчитать уточненное значение сопротивления растекания вертикальных электродов с учетом горизонтальных заземлителей:

$$R_B = \frac{R_\Gamma \cdot R_3}{R_\Gamma - R_3}, \quad (2.60)$$

$$R_B = \frac{6,99 \cdot 2}{6,99 - 2} = 2,802 \text{ Ом.}$$

Зная это значение, можно найти уточненное количество вертикальных заземлителей:

$$n'_B = \frac{R_0}{\eta_B} \cdot R_B, \quad (2.61)$$

$$n'_B = \frac{20,423}{0,65} \cdot 2,802 = 82,92.$$

Итого применяется к использованию вертикальные заземлители в количестве 83 шт., сталь круглая Ст3пс5 $\varnothing=18$ мм длиной 5 метров, и сталь полосовая Ст3пс5 сечением 5х40 мм длиной 315 метров. Шаг расположения вертикальных заземлителей 5 метров.

Сопротивление заземляющего устройства составляет 2,8 Ом, что соответствует требованиям гл.1.7 ПУЭ.

2.9 Расчет молниезащиты

Расчет производится для самого высокого строения БК-6, это наружная установка №1 высотой 18 метров. Применяется к расчетом молниеотводы стержневого типа.

Защитное действие молниеотвода основано на общеизвестном свойстве молнии поражать прежде всего наиболее высокие и хорошо заземленные металлические конструкции.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой менее 150м представляет собой конус, габариты которого рассчитываются по следующим формулам:

Зона А:

$$h_0 = 0,85 \cdot h, \quad (2.62)$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h, \quad (2.63)$$

$$r_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right), \quad (2.64)$$

где h_0 -вершина конуса защиты, м;

r_0 – радиус зоны защиты уровне земли, м;

h_x – высота защищаемого сооружения, м;

r_x – радиус горизонтального сечения зоны защиты на высоте h_x от уровня земли, м.

Зона защиты двойного стержневого молниеотвода рассчитывается при $L \leq h$:

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot h) \cdot (L - h), \quad (2.65)$$

$$r_x = r_0 \cdot \left(1 - \frac{h_x}{h_c} \right), \quad (2.66)$$

$$r_c = r_0, \quad (2.67)$$

Где L – расстояние между молниеотводами, м;

h_c – высота зоны защиты между молниеотводами, м;

r_c – ширина общей зоны защиты, м;

r_{cx} – ширина горизонтальной общей зоны защиты на высоте защищаемого объекта, м.

Главное условие наличия совместной зоны защиты между двумя молниеотводами является ширина горизонтальной общей защиты r_{cx} больше нуля.

Высота защищаемого объекта, как оговаривалось ранее, 18 метров, высота молниеотвода берется величиной 24,5 м. Расчет остальных параметров приведен ниже.

$$h_0 = 0,85 \cdot 24,5 = 20,825,$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot 24,5) \cdot 24,5 = 25,749,$$

$$r_x = (1,1 - 0,002 \cdot 24,5) \cdot \left(24,5 - \frac{18}{0,85} \right) = 5,938.$$

$$h_c = 20,825 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot 24,5) \cdot (24 - 24,5) = 20,914,$$

$$r_x = 25,749 \cdot \left(1 - \frac{18}{20,914} \right),$$

$$r_c = 25,749.$$

Молниезащита полностью покрывает необходимую защищаемую площадь, следовательно, рекомендуется к использованию двойного стержневого молниеотвода высотой 24,5 м на расстоянии 24 м друг от друга.

Заключение

В выпускной бакалаврской работе произведена реконструкция электрического оборудования, входящего в производственные корпуса цеха БК-6 химического предприятия ООО «ТольяттиКаучук».

Выполнено технико-экономическое сравнение нового электрического оборудования разных производителей, такого как асинхронные электродвигатели, коммутационная и защитная аппаратура, для обоснованного выбора оборудования к использованию.

С помощью расчетной программы спроектировано общее электрическое освещение мощностью 16,61 кВт. Так же были установлены светильники с блоком автоматического питания для эвакуационного освещения в местах направления к выходу или лестниц.

Выполнен расчет электрических нагрузок, при котором для первой и второй 2КТПП соответственно:

- Активная нагрузка: 1742,20; 2385,29 кВт;
- Реактивная нагрузка: 1485,47; 1709,63 квар;
- Полная нагрузка: 2289,51; 2934,7 кВА.

Произведен расчет и выбор силовых трансформаторов, а так же комплексной трансформаторной подстанции. К использованию применяются две комплексные подстанции типа 2КТПП с трансформаторами ТМЗ 1600/6/0,4 и ТМЗ 2500/6/0,4.

Рассчитана и выполнена компенсация реактивной мощности конденсаторными установками КРМ-0,4-400 на каждую секцию подстанции №45, запитывающей цеха БК-6.

Рассчитан ток короткого замыкания на трех точках: у электроприемника (самого дальнего и самого мощного), на шинах распределительного пункта, на шинах трансформатора с низкой стороны. По полученным значениям

произведена проверка на стойкость выбранного оборудования к трехфазному КЗ и ударному току.

К использованию на предприятии применяются вертикальные заземлители в количестве 83 шт и горизонтальные длиной 315 метров. Они были выбраны по произведенного расчета заземления, в результате которого сопротивление заземляющего устройства не превышает 4 Ом. Исполнение вертикальных заземлителей - сталь круглая Ст3пс5, $\varnothing=18$ мм длиной 5 метров; горизонтальные заземлители - сталь полосовая Ст3пс5 сечением 5x40 мм длиной. Шаг расположения вертикальных заземлителей 5 метров.

Выполнен расчет молниезащиты наружной установки №1, в результате которого выбирается к использованию двойной молниеотвод высотой 24,5 метра на расстоянии друг от друга 24 метра.

Список использованных источников

1. Российская федерация. Законы. Об электроэнергетике [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 18 декабря 2015г.: по состоянию на 26 марта 2003г.]. – М. АО «Кодекс».
2. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений/Б.И. Кудрин.- М.: Интермет Инжиниринг 2007. – 672 с.; ил. – ISBN 5-89594-135-4.
3. Оборудование для управления и защиты электродвигателей. Автоматические выключатели, контакторы и реле перегрузки. [Текст] :технический каталог / - 2015. – 65с.
4. Рожин, А.Н. Внутрицеховое электроснабжение [Текст] : учеб.пособие для выполнения курсового и дипломного проектов /А.Н. Рожин, Н.С. Бакшаева.- Киров: ИЗД-воВятГУ, 2006. – 258с.
5. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Текст] : учеб.-метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. - Тольятти: ТГУ, 2007. – 54 с.
6. Вахнина, В.В Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия [Текст] : метод.указания по курсовому проектированию / В.В. Вахнина, В.Л. Горячева, Ю.В. Степкина. - Тольятти: ТГУ, 2008. – 67с.
7. Каталог световой продукции [Текст]: каталог / Eflight энергоэффективные системы освещения. – Тольятти, 2016. – 82с.
8. ГОСТ Р 55710-2013.Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. [Текст] – введ.2014–07–01. –М. :Стандартинформ, 2014.
9. СП 52.13330.2011.Естественное и искусственное освещение. [Текст] – Взамен СНиП 23-05-95; введ.2011–05–20. –М. :Минрегион России, 2011.
10. ГОСТ 21.608-2014.Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей

документации внутреннего электрического освещения. [Текст] – Взамен ГОСТ 21.608-84.введ.2015–07–01. –М. :Стандартинформ, 2015.

11. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования [Текст] – М.:НЦ ЭНАС, 2002. – 152с.

12. ГОСТ 16372-03.Межгосударственный стандарт. Машины электрические вращающиеся. Допустимые уровни шума [Текст] – Взамен ГОСТ 16372-84; введ.2003–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2003.

13. Правила устройства электроустановок [Текст] : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 8.06.02 : ввод.в действие с 01.01.03. – 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

14. Подстанции комплектные трансформаторные [Электронный ресурс] URL:<http://www.electroshield.ru>. (Дата обращения: 18.05.2016).

15. Оборудование для управления и защиты электродвигателей [Электронный ресурс] URL:<http://www.abb.ru>. (Дата обращения: 2.04.2016).

16. Низковольтное оборудование для распределения электроэнергии [Электронный ресурс] URL:<http://www.schneider-electric.ru/ru>. (Дата обращения: 21.04.2016).

17. Ерошенко, Г.Н., Кондратьева, Н.П. Эксплуатация электрооборудования [Текст]: Учебник / Г.Н.Ерошенко, Н.П.Кондратьева. - М.: Инфра-М, 2014.

18. Карауш, С.А. Расчет зон защиты молниеотводов [Текст]: Методические указания к практическим занятиям и курсовому проектированию / С.А. Карауш. - Томск.: Изд-во ТГУАС, 2004 – 2 с.

19. Харечко, В.Н. Рекомендации по молниезащите зданий [Текст]: справочник / В.Н. Харечко. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2002. – 176с.

20. Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст]: справочник / И.Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.

21. Pitt D. ISO 50001: The key to energy efficiency [Text] / D. Pitt // - USA, ER: Electrical Review.2012. – 210 p.

22. Miles S. Reaching the heights with LED lighting [Text] / S. Miles // - USA, ER: Electrical Review,2015 – 65p.
23. Hickey R. Electrical Engineer's Portable Handbook [Text]: Handbook / R. Hickey— USA, McGraw-Hill Education, 2002. – 609p.
24. IEEE. Electric Power Systems in Commercial Building [Text] / IEEE – USA, Institute of Elictrical and Electronics Engineers, 2001 – 768p.
25. Hasanbeigi A. Guidelines for Conducting an Energy Audit in Industrial Facilities [Text] : Industrial Energy Audit Guidebook /A.Hasanbeigi. – USA, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2010. – 85p.

Приложение А – Сравнение асинхронных электродвигателей

Модель ЭД	Мощность, кВт.	Номин. частота вращения, об/мин	Длина конца вала, мм	Диаметр конца вала, мм	Высота оси вращения вала, мм	КПД, %	Коэф. Мощности	Ном. ток при 380 В	Ном. момент, Нм	$\frac{H_{п}}{H_{ном}}$	Ip/In ом	$\frac{H_{макс}}{H_{ном}}$	Динам. момент	Средний уровень звукового давления Lpa	Уровень звуковой мощности и Lwa	Класс энергоэффективности	Степень защиты	Метод охлаждения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4A100L-8	1,5	675	60	28	100												IP44	
5AMX112MA8	2,2	700	50	22	80	79	0,7	6	29,6	2	4,8	2,5	0,024	50	60		IP 55	IC014
1LE1002-1BD2	1,5	700	60	28	112	75,9	0,7	4,2	20	1,9	3,4	2,1	0,0186	63	75	eff2/ie1	IP 55	IC 411
4AM-160S-8	7,5	725	110	42	160												IP44	
7AVEC160L8ei1	7,5	725	110	42	160	82	0,72	19,3	98,8	1,6	5	2,2	0,11	58	69	eff2/ie1	IP 55	IC014
1LE1002-1DD4	7,5	715	110	42	160	83,5	0,7	18,6	100	1,7	3,8	2,2	0,0772	63	75	eff2/ie1	IP 55	IC 411
4AM-180-M8	15	720	110	55	180												IP44	
5AMX180M8	15	730	110	55	180	88	0,78	33,2	196	1,6	5,3	2,2	0,27	63	74	-	IP 55	IC014
1LG6 207-8AB	15	730	110	55	200	89,3	0,8	30,5	198	2,3	5,3	2,6	0,357	66	79	-	IP 55	IC 411
4АМИ200L8	22	732	140	60	200												IP44	
5A200L8	22	735	140	60	200	90	0,77	48,2	286	2	6,2	2,6	0,46	61	72	-	IP 55	IC014
1LG6-223-8AB	22	730	110	55	225	91,6	0,81	43	288	2,4	5,8	2,8	0,658	58	71	-	IP 55	IC 411
АО3-400М-10	160	600	210	100	400												IP44	
5AMH315M8	132	740	170	90	315	94,3	0,82	259	1704	1,7	5,7	2,5	6,03	65	77	-	IP 55	IC014
1LG6-317-8AB	110	740	170	80	315	94,8	0,84	200	1420	2,4	6,4	2,6	4,52	64	77	-	IP 55	IC 411
4AMX90L6 (4A-100S8)	1,5	940 (1000)	50 (60)	24 (28)	90 (100)												IP44	
5A80MA6	1,1	930	50	22	80	71	0,69	3,4	11,3	2	4,5	2,3	0,0048	55	64	-	IP 55	IC014
1LE1003-1AC4	1,5	970	60	28	100	82,5	0,76	3,45	15	1,9	6,9	3	0,014	59	71	ie3	IP 55	IC 411
AMP-112M-6	2,2	1000	80	32	112												IP44	
5AMX112MA6	3	950	80	32	112	81	0,8	7	30,2	2,3	5,5	2,6	0,024	52	62	-	IP 55	IC014

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1LE1003-1BC2	2,2	970	60	28	112	84,3	0,8	4,7	22	2,3	6,8	3,4	0,014	59	71	ie3	IP 55	IC 411
AIPM132-S6	5,5	960	80	38	132												IP44	
5AMX132S6	5,5	960	80	38	132	84,5	0,8	12,4	54,7	2	5,8	2,5	0,048	61	71	-	IP 55	IC014
1LE1002-1CC3	5,5	950	80	38	132	85	0,8	12,4	55	2,5	5,2	2,8	0,0273 4	63	75	ie3	IP 55	IC 411
AIP-132M-6	7,5	960	80	38	132												IP44	
5AMX132M6	7,5	960	80	38	132	85,5	0,8	16,7	74,6	2,2	6,3	2,8	0,067	61	71	-	IP 55	IC014
1LE1003-1DC2	7,5	980	110	42	160	89,1	0,78	15,6	73	1,7	6,3	3,1	0,098	67	79	ie3	IP 55	IC 411
AO2-52-6	7,5	965	80	160													IP44	
7AVEC160M6ie 2	7,5	960	110	42	160	86	0,79	16,8	74,6	2,1	7,5	3	0,011	62	73	eff2/ie1	IP 55	IC014
1LE1003-1DC2	7,5	980	110	42	160	89,1	0,78	15,6	73	1,7	6,3	3,1	0,098	67	79	ie3	IP 55	IC 411
AO2-61-6	10	970	110	48	160												IP44	
7AVEC160L6ie1	11	970	110	48	160	87	0,81	23,7	108	1,9	6,1	2,5	0,011	62	73	eff2/ie1	IP 55	IC014
1LE1003-1DC4	11	975	110	42	160	90,3	0,8	22	108	1,8	6,1	3	0,12	67	79	ie3	IP 55	IC 411
4A-160S-6	11	970	110	48	160												IP44	
7AVEC160L6ie1	11	970	110	48	160	87	0,81	23,7	108	1,9	6,1	2,5	0,011	62	73	eff2/ie1	IP 55	IC014
1LE1003-1DC4	11	975	110	42	160	90,3	0,8	22	108	1,8	6,1	3	0,12	67	79	ie3	IP 55	IC 411
AO2-72-6	22	965	110	48	200												IP44	
5A200LB6K	22	975	110	48	200	90,5	0,83	42,3	216	2,2	6	2,2	0,41	64	75	-	IP 55	IC014
1LG6207-6AA	22	978	110	55	200	91,9	0,82	42	215	2,4	5,6	2,4	0,362	59	72	-	IP 55	IC 411
4A-80A-4 (4A-80B-4 AIP80B-4)	1,1 (1,5)	1400 (1400)	50	22	80												IP44	

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5A80MA4	1,1	1410	50	22	80	73	0,79	2,9	7,5	2	4,8	2,3	0,0034	55	64	-	IP 55	IC014
1LE1003-0EB0	1,1	1440	50	24	90	84,1	0,78	2,4	7,3	2,9	6,9	3,6	0,0036	56	68	ie3	IP 55	IC 411
АД-90-L4 (АИР-100-S4, АИР-100L-4, АО2-31-4)	2,2	1500	50 (60)	24 (28)	90 (100 112)												IP44	
5A90LK4	1,5	1410	50	24	90	75	0,81	3,6	10,2	1,9	5	2,2	0,0036	55	64	-	IP 55	IC014
1LE1003-1AB4	2,2	1465	60	24	100	86,7	0,83	4,4	14,3	2,1	7,6	3,6	0,014	60	72	ie3	IP 55	IC 411
4A-100S4 (АО2-32-4, АОЛФ2-32-4)	3	1400	60	28	100 (112)												IP44	
5AM112M4 (5AMX112M4)	5,5	1440	80	32	112	86	0,83	11,7	36,5	2,6	6,7	2,9	0,02	55	65	-	IP 55	IC014
1LE1003-1AB5	3	1460	60	24	100	87,7	0,83	5,9	19,6	2,3	7,3	3,7	0,014	60	72	ie3	IP 55	IC 411
4A-112-M4 (4A-132S4)	7,5	1500	80	32 (38)	112 (132)												IP44	
5AMX132S4	7,5	1450	80	38	132	87,5	0,85	15,3	49,4	2,1	7	2,8	0,032	65	75	-	IP 55	IC014
1LE11003-1CB2	7,5	1470	80	38	132	90,4	0,84	14,3	48,7	2,4	7,4	3,5	0,049	64	76	ie3	IP 55	IC 411
АО2-52-4	10	1460	80	38	160												IP44	
7AVEC160M4ie 2	11	1450	110	42	160	91	0,82	22,4	72,4	2,5	7,5	3	0,07	63	74	eff2/ie1	IP 55	IC014
1LE1003-1DB2	11	1475	80	38	132	91,4	0,84	20,5	71	2,2	6,9	3,2	0,083	65	77	ie3	IP 55	IC 411
АО-101-4М	125	1470	170	90	400												IP44	
6A315M4	132	1485	170	80	280	95,8	0,88	226	849	2,3	7,5	2,2	2,7	75	87	-	IP 55	IC014
1LG6 313-4AA	132	1488	170	80	315	96,1	0,88	225	847	2,7	7,3	2,9	2,88	68	81	-	IP 55	IC 411
4A112M2	5,5	2900	80	32	112												IP44	
5AM112M2	7,5	2895	80	32	112	87,5	0,89	14,6	24,7	2,9	7,5	3,3	0,0131	67	77	-	IP 55	IC014

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1LE1003-1CA1	7,5	2950	80	38	132	90,1	0,92	13,1	24,3	1,9	8,3	3,9	0,031	68	80	ie3	IP 55	IC 411
AO2-42-2	7,5	2910	80	32	132												IP44	
5AM112M2	7,5	2895	80	32	112	87,5	0,89	14,6	24,7	2,9	7,5	3,3	0,0131	67	77	-	IP 55	IC014
1LE1003-1CA1	7,5	2950	80	38	132	90,1	0,92	13,1	24,3	1,9	8,3	3,9	0,031	68	80	ie3	IP 55	IC 411
4A132M2	11	2900			132												IP44	
5AMX132M2	11	2915	80	38	132	88,5	0,9	21	36	2,5	8	3,3	0,024	71	81	-	IP 55	IC014
1LE1003-1DA2	11	2955	80	42	160	91,2	0,89	19,6	35,5	2,4	7,9	3,8	0,053	70	82	ie3	IP 55	IC 411
4AM-200-M2	37	2900	110	60	200												IP44	
5A200M2	37	2940	110	55	200	93	0,9	67,2	120	2,3	7,4	3	0,13	76	87	-	IP 55	IC014
1LG6 207-2AA	37	2960	110	55	200	94,1	0,89	64	119	2,5	7,2	3,3	0,182	71	84	-	IP 55	IC 411
BAO-62-8	10	730	110	42	180													
BA160M8	11	725	110	48	160	86	0,73	26,6	145	1,6	5	2,2	0,18	60	71	-	IP 54	IC0141
1MJ6186-8CB	11	725	110	42	180	85,5	0,7	26,5	145	2	5	2,2	0,21	60	73	-	IP 55	IC 411
BAO-51-6	5,5	960	80	38	160													
BA132S6	5,5	960	80	38	132	85	0,8	12,3	54,7	2	6,5	2,4	0,048	64	74		IP 54	IC0141
1MJ6134-6CA	5,5	950	80	40	132	83,1	0,76	12,6	55	2,2	5,4	2,5	0,025	63	75	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-52-6	7,5	970	80	38	160													
BA132M6	7,5	960	80	38	132	85,5	0,81	16,5	74,6	2,2	6,5	2,5	0,067	64	74		IP 54	IC0141
1MJ6163-6CA	7,5	960	80	38	160	84,7	0,72	17,8	75	2,1	5,1	2,6	0,041	66	78	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-071-4	0,3	1400	30	14	80													
BA80MA4	1,1	1420	50	22	80	74	0,8	2,8	7,4	2,1	5	2,4	0,0034	55	64		IP 54	IC0141
1MJ6080-4CA	0,55	1375	40	18	80	69,4	0,79	1,45	3,8	2,3	4,7	2,4	0,0015	47	58		IP 55	IC 411

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
BAO-22-4	1,5	1470	50	22	100													
BA80MB4	1,5	1410	50	22	80	75	0,81	3,8	10,1	2,1	5	2,4	0,0036	55	64		IP 54	IC0141
1MJ6097-4CA	1,5	1420	50	22	90	77,2	0,8	3,5	10	2,2	5,8	2,6	0,0035	48	60	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-42-4	5,5	1500	80	32	132													
BA112M4	5,5	1440	80	32	112	86	0,83	11,7	36,5	2,5	7	3	0,02	55	65		IP 54	IC0141
1MJ6130-4CA	5,5	1450	80	32	132	84,7	0,83	11,3	36	2,4	6,9	3,3	0,018	62	74	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-51-4	7,5	1470	80	38	160													
BA132S4	7,5	1440	80	38	132	87,5	0,86	15,1	49,7	2,1	7	2,6	0,032	68	78		IP 54	IC0141
1MJ6133-4CA	7,5	1450	80	38	132	86	0,84	15	49	2,7	7,7	3,3	0,024	62	74	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-71-4	22	1450	110	48	200													
BA180S4	22	1460	110	55	180	90	0,84	44,2	144	1,7	7	2,7	0,16	73	84		IP 54	IC0141
1MJ6186-4CA	22	1460	110	48	180	89,9	0,85	41,5	144	2,3	7,1	3	0,15	63	76	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-82-4	55	1470	140	60	250													
BA225M4	55	1475	140	65	225	93	0,86	105	356	2,3	6,5	2,5	0,5	73	84		IP 54	IC0141
1MJ7253-4CA	55	1480	140	60	250	92,1	0,87	99	355	2,6	6,7	2,6	0,79	65	79	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-42-2	7,5	2900	80	32	132													
BA112M2	7,5	2900	80	32	112	88	0,88	14,7	24,7	2,5	7,5	3,3	0,0131	67	77		IP 54	IC0141
1MJ6131-2CA	7,5	2930	80	32	132	86	0,89	14,1	24	2,3	6,9	2,6	0,021	68	80	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-52-2	13	2970	80	38	160													
BA160S2	15	2930	110	42	160	90	0,88	28,8	48,5	2,2	7	2,9	0,039	77	88		IP 54	IC0141
1MJ6164-2CA	15	2930	80	38	160	88,7	0,91	27	49	2,2	7,2	3,1	0,04	70	82	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-62-2	17	2940	110	42	180													

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
BA160M2	18,5	2930	110	42	160	90	0,89	35,1	60,3	2,4	7	3	0,045	77	88		IP 54	IC0141
1MJ6166-2CA	18,5	2930	110	42	160	89,3	0,91	33	60	2,4	7,7	3,3	0,052	70	82	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-71-4	22	2970	110	48	200													
BA180S2	22	2910	110	48	180	88	0,89	42,7	72,2	2	7	2,7	0,063	80	91		IP 54	IC0141
1MJ6183-2CA	22	2940	110	48	200	89,9	0,88	40	71	2,5	6,9	3,2	0,077	70	83	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO-72-2	30	2940	110	48	200													
BA180M2	30	2925	110	48	180	90,5	0,85	59,5	97,9	2,2	7,5	3	0,076	80	91		IP 54	IC0141
1MJ6206-2CA	30	2940	110	48	200	90,7	0,89	54	97	2,4	6,5	2,8	0,14	71	84	eff2/ie1	IP 55	IC 411
BAO82-2	55	2980	140	60	250													
BA225M2	55	2955	110	55	225	93	0,9	101	178	2,1	6,9	2,7	0,21	83	94		IP 54	IC0141
1MJ7253-2CB	55	2965	140	60	250	94	0,92	96	177	2,1	6,9	2,8	0,45	75	89	eff2/ie1	IP 55	IC 411

Приложение Б – Расчет силовых нагрузок

Наименование ЭП	Кол -во	P_n , кВт	$P_{уст}$, кВт	m	k_n	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВА р	$n_э$	K_M	P_{max}	Q_{max}	S_{max}	I_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Пресс	6	5,5-18,5	61,00		0,70	0,80	0,75	42,70	32,03						
Л-730	1	3	3,00		0,70	0,83	0,67	2,10	1,41						
Инструментальная	1	2,2	2,20		0,12	0,40	2,29	0,26	0,60						
Наждак	1	2,2	2,20		0,24	0,65	1,17	0,53	0,62						
Электромастерская	1	10	10,00		0,13	0,50	1,73	1,30	2,25						
Кран №2	1	71,5	71,50		0,15	0,50	1,73	10,73	18,58						
Токарный станок	1	10	10,00		0,13	0,50	1,73	1,30	2,25						
Слесарная мастерская	2	5	10,00		0,12	0,40	2,29	1,20	2,75						
РП4 5ЩСУ Ввод 1	14	71,5-1,1	169,90	>3	0,35		1,01	60,12	60,49	5,00	1,88	113,02	113,72	160,33	243,59
Конвейер	8	0,75-10	32,15		0,55	0,75	0,88	17,68	15,59						
Пресс	6	5,5-22	22,00		0,70	0,80	0,75	15,40	11,55						
Кран №1	1	71,5	71,50		0,15	0,50	1,73	10,73	18,58						
Задвижка	2	2,2	4,40		0,65	0,83	0,67	2,86	1,92						
РП4 5ЩСУ Ввод 2	16	71,5-0,75	163,05	>3	0,87		1,06	142,4 5	150,91	5,00	1,85	263,54	279,18	383,91	583,30
Насос	1	125	125,00		0,70	0,88	0,54	87,50	47,23						
РП-4 Н-726/1,2	2	125	125,00		0,70		0,54	87,50	47,23	1,00	1,00	87,50	47,23	99,43	151,07
Пикетировочная машина	2	11,0-55	66,00		0,30	0,84	0,65	19,80	12,79						

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Питатель шнековый	1	3	3,00		0,65	0,78	0,80	1,95	1,56						
Привод мешательного аппарата	1	4	4,00		0,55	0,60	1,33	2,20	2,93						
Насос	1	40	40,00		0,70	0,80	0,75	28,00	21,00	4,11					
РП-4 УСТАНОВКА "ШРЕДЕР"	5	3,0-55	113,00	>3	0,46		0,74	51,95	38,29	5,00	1,62	84,16	62,03	104,55	158,84
Скребковое устройство	1	40	40,00		0,55	0,60	1,33	22,00	29,33						
Мешалки растворителей	1	132	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/1	2	40-132	172,00	>3	0,55		1,33	94,60	126,13	2,00	1,00	94,60	126,13	157,67	239,55
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						
Мешалки растворителей	1	132	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/2	2	70-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,10	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						
Мешалки растворителей	1	132	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/3	2	70-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,10	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						
Мешалки растворителей	1	132	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/4	2	70-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,10	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Мешалки растворителей	1	132	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/5	2	70-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,1 0	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						
Мешалки растворителей	1	1,5	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/6	2	70-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,1 0	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						
Мешалки растворителей	1	55	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/7	2	70-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,1 0	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Скребковое устройство	1	70	70,00		0,55	0,60	1,33	38,50	51,33						
Мешалки растворителей	1	5,5	132,00		0,55	0,60	1,33	72,60	96,80						
РП-4 1АЩ Л-52/8	2	40-132	202,00	<3	0,55		1,33	111,1 0	148,13	2,00	1,00	111,10	148,13	185,17	281,33
Электрозадвижка	1	0,4-1,5	1,90		0,65	0,83	0,67	1,24	0,83						
Насосы	3	55-75	205,00		0,70	0,80	0,75	143,5 0	107,63						
Концентратор	1	55	55,00		0,54	0,90	0,48	29,70	14,38	6,98					
РП2 ШЩ№2 ВВОД№1	5	0,4-75	261,90	>3	0,67		0,70	174,4 4	122,84	7,00	1,27	221,53	156,01	270,95	411,67
Электрозадвижка	1	0,3	0,30		0,65	0,83	0,67	0,20	0,13						
Насосы	2	75	205,00		0,70	0,80	0,75	143,5 0	107,63						

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Концентратор	1	55	55,00		0,54	0,90	0,48	29,70	14,38	6,94					
РП2 ШЩ№2 ВВОД№1	4	0,3-75	260,30	>3	0,67		0,70	173,40	122,14	4,00	1,46	253,16	178,32	309,66	470,48
КТШ1	62	0,3-132	2679,15	>3	0,58		1,09	1562,15	1704,95	41	1,12	1749,61	1909,55	2589,88	3934,92
Насос	1	125	125,00		0,70	0,88	0,54	87,50	47,23						
РП-4 Н-726/1,2	1	125	125,00		0,70		0,54	87,50	47,23	1,00	1,00	87,50	47,23	99,43	151,07
Отжимная машина	2	160	320,00		0,65	0,84	0,65	208,00	134,35						
Концентратор	3	8,5-13	31,50		0,54	0,90	0,48	17,01	8,24						
Сушильная камера	4	2,2-40,7	61,40		0,70	0,95	0,33	42,98	14,13						
Виброподъемник	1	10	10,00		0,35	0,80	0,75	3,50	2,63						
	1	2,2	2,20		0,70	0,83	0,67	1,54	1,03						
Распределительный конвейер	1	7,5	7,50		0,30	0,84	0,65	2,25	1,45						
Приточная система	2	7,5-10	17,50		0,20	0,75	0,88	3,50	3,09						
Вытяжная система	1	15	15,00		0,65	0,80	0,75	9,75	7,31						
Упаковка	1	11	11		0,16	0,5	1,7321	1,76	3,04840						
Отжимная машина малая	2	2,2	4,40		0,60	0,83	0,67	2,64	1,77						
РП-4 13ЩСУ ЛК-4/2	18	2,2-160	480,50	>3	0,61		0,60	292,9	177,05	6,00	1,29	377,88	228,40	441,54	670,85
Отжимная машина	2	160	320,00		0,65	0,84	0,65	208,0	134,35						
Пресс	1	55	55,00		0,60	0,78	0,80	33,00	26,48						

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Сушильная камера	4	2,2-18,5	39,20		0,70	0,95	0,33	27,44	9,02						
Виброподъемник	1	10	10,00		0,35	0,80	0,75	3,50	2,63						
Задвижка	1	3	3,00		0,65	0,83	0,67	1,95	1,31						
Распределительный конвейер	1	7,5	7,50		0,30	0,84	0,65	2,25	1,45						
Приточная система	2	7,5-11	18,50		0,20	0,75	0,88	3,70	3,26						
Концентратор	3	7,5-11	26,00		0,54	0,90	0,48	14,04	6,80						
Отжимная машина малая	2	2,2	4,40		0,60	0,83	0,67	2,64	1,77						
Вытяжная система	1	7,5	7,50		0,65	0,80	0,75	4,88	3,66						
РП-4 14ЦСУ ЛК-4/1	18	2,2-160	491,10	>3	0,61		0,63	301,4 0	190,73	6,00	1,29	388,80	246,04	460,11	699,07
Насосы	12	4,0-75	360,05		0,70	0,80	0,75	252,0 4	189,03						
Задвижка	2	0,6-1,5	2,10		0,65	0,83	0,67	1,37	0,92						
Калорифер растворов	2	1,5	3,00		0,60	0,88	0,54	1,80	0,97						
Принудительный насос	1	0,6	0,60		0,30	0,50	1,73	0,18	0,31						
Мачтовый подъемник	1	3	3,00		0,60	0,80	0,75	1,80	1,35						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Мешательный аппарат	7	3,0-22	74,50		0,55	0,60	1,33	40,98	54,63						
РП2 ЦСУ №1 ВВОД №1	25	0,6-75	443,25	>3	0,67		0,83	298,1 6	247,21	11,00	1,30	387,60	321,37	503,50	764,99

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Эл.з. паротушения сушильных камер	4	0,4	1,60		0,65	0,83	0,67	1,04	0,70						
Насосы	12	4,0-75	380,00		0,70	0,80	0,75	266,00	199,50						
Мешательный аппарат	2	11	22,00		0,70	0,83	0,67	15,40	10,35						
Электроталь	1	4,5	4,50		0,50	0,70	1,02	2,25	2,30						
РП2 ЩСУ №1 ВВОД №2	19	0,4-75	408,10	>3	0,70		0,75	284,69	212,84	10,00	1,16	330,24	246,90	412,33	626,47
Вытяжные машины	2	5,5	11,00		0,70	0,85	0,62	7,70	4,77						
Пресс	1	22	22,00		0,70	0,80	0,75	15,40	11,55						
Принудительный насос	6	1,5-18,5	42,00		0,20	0,75	0,88	8,40	7,41						
Автоматическая вытяжка	2	10	20,00		0,60	0,80	0,75	12,00	9,00						
РП2 ЩСУ №6 ВВОД №2	11	1,5-22	95,00	>3	0,46		0,75	43,50	32,73	8,00	1,52	66,12	49,75	82,75	125,72
Принудительный насос	4	1,5-7,5	18,00		0,20	0,75	0,88	3,60	3,17						
Вытяжные машины	2	5,5	11,00		0,70	0,85	0,62	7,70	4,77						
Вытяжная система	3	5,5-7,5	20,50		0,70	0,85	0,62	14,35	8,89						
Автоматические вытяжки	1	10	10,00		0,60	0,80	0,75	6,00	4,50						
Пикетировочная машина	1	3	3,00		0,30	0,84	0,65	0,90	0,58						
Электрозадвижка паротушения сушильных камер	3	0,3-1,5	2,90		0,65	0,83	0,67	1,89	1,27						
РП2 ЩСУ №6 ВВОД №1	14	0,3-10	65,40	>3	0,35		0,66	23,14	15,24	13,00	1,52	35,17	23,17	42,11	63,98
Насосы	5	1,5-22	40,90		0,70	0,80	0,75	28,63	21,47						
Электроталь	1	4	4,00		0,50	0,70	1,02	2,00	2,04						
Концентратор	1	55	55,00		0,54	0,90	0,48	29,70	14,38						

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Скребковое устройство	1	40	40,00		0,55	0,60	1,33	22,00	29,33						
РПЗ ЩСУ №2 ВВОД №1	8	1,5-55	139,90	>3	0,59		0,82	82,33	67,23	5,00	1,41	116,09	94,80	149,87	227,71
Насосы	7	1,5-22	33,80		0,70	0,80	0,75	23,66	17,75						
Скребковое устройство	1	55	55,00		0,55	0,60	1,33	30,25	40,33						
Концентратор	1	55	55,00		0,54	0,90	0,48	29,70	14,38						
Лебедка наружной установки	1	16	16,00		0,20	0,58	1,40	3,20	4,49						
РПЗ ЩСУ №2 ВВОД №2	10	1,5-55	159,80	>3	0,54		0,89	86,81	76,96	6,00	1,51	131,08	116,21	175,18	266,15
Насосные установки	18	4,0-55	368,00		0,70	0,80	0,75	257,60	193,20						
Приточная система	1	1,5	1,50		0,20	0,75	0,88	0,30	0,26						
Электрозадвижка	3	0,6	1,80		0,65	0,83	0,67	1,17	0,79						
РП6 ЩСУ №10 ВВОД №1	22	1,5-55	371,30	>3	0,70		0,75	259,1	194,25	13,00	1,15	297,93	223,39	372,38	565,77
Насосные установки	16	4,0-55	349,50		0,70	0,80	0,75	244,65	183,49						
Приточная система	1	2,2	1,50		0,20	0,75	0,88	0,30	0,26						
Электрозадвижка	1	0,55	0,55		0,65	0,83	0,67	0,36	0,24						
РП6 ЩСУ №10 ВВОД №2	18	0,55-55	351,55	>3	0,70		0,75	245,3	183,99	13,00	1,15	282,10	211,59	352,64	535,78
Освещение ЩСО №1	100	0,103	10,3	-	0,64	0,98	0,20	6,59	1,34			6,59	1,34	6,73	10,22
ЩСО №2	38	0,103	3,91		0,64	0,98	0,20	2,50	0,51			2,50	0,51	2,56	3,88
ЩСО №3	72	0,103	7,42		0,64	0,98	0,20	4,75	0,96			4,75	0,96	4,84	7,36
ЩСО №4	42	0,103	4,33		0,64	0,98	0,20	2,77	0,56			2,77	0,56	2,83	4,29
КТП2	164	0,3-160	2839,74	>3	0,71		0,72	2021,43	1448,84	35,50	1,18	2385,29	1709,63	2934,7	4458,82

Приложение В

Приложение В1 – Выбор электрооборудования

Электроприемник	Рн, кВт	Ин, А	Пусковое устройство (Pn/In)	Автоматический выключатель	Марка кабеля
1	2	3	4	5	6
1LE1003-1DC4	11	29,84	AF30-30 (15/32)	Acti-9-ic60n A9F79132	АВВГ 4x6
1LE1003-1DC2	7,5	16,41	AF16-30 (7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79120	АВВГ 4x2,5
1LE1003-1AB5	3	6,24	AF09-30 (4/9)	Acti-9-ic60n A9F79110	АВВГ 4x1,5
1LE1003-1AB4	2,2	4,85	AF09-30 (4/9)	Acti-9-ic60n A9F79106	АВВГ 4x1,5
2В-132S-6	5,5	11,05	AF12-30 (5,5/12)	Acti-9-ic60n A9F79113	ВБШВнг 4x2,5
1LE1003-1DC4	10	24,35	AF11(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79125	АВВГ 4x4
5AM-112-M-8	2,2	8,35	AF09-30 (4/9)	Acti-9-ic60n A9F79110	АВВГ 4x2,5
1LE1003-1BC2	2,2	8,26	AF09-30 (4/9)	Acti-9-ic60n A9F79110	АВВГ 4x2,5
1LE1003-1DB2	10	19,88	AF11-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79120	АВВГ 4x2,5
АИМ-112-M4	5,5	12,58	AF16- 30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79113	АВВГ 4x2,5
1LE11003-1CB2	7,5	14,91	AF12- 30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79116	АВВГ 4x2,5
1LG6 313-4AA	132	239,9	AF132- 30(132/265)		АВВГ 4x150
ВА-160S-8	7,5	14,55	AF12- 30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79116	ВБШВнг 4x2,5
1LG6 207-8AB	15	29,09	AF30-30(15/32)	Acti-9-ic60n A9F79132	АВВГ 4x6
1К-82-Д8	8,5	19,22	AF11-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79120	АВВГ 4x2,5
М-71Д-800	13	14,55	AF15-30(15/32)	Acti-9-ic60n A9F79116	АВВГ 4x2,5
АИМ-90L4	2,2	5,44	AF09-30 (4/9)	Acti-9-ic60n A9F79106	АВВГ 4x2,5
1LG4220-4AA61-Z	40,7	73,92	AF96-30(45/96)	Acti-9-ic60n A9F79180	АВВГ 4x25
1MJ7253-4CA	55	94,41	AF116- 30(55/100)	Acti-9-ic60n A9F791100	ВБШВнг 4x25
АИМ100S2	2,2	10,01	AF12- 30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79113	ВБШВнг 4x2,5
ВА132S4	7,5	15,23	AF16- 30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79116	ВБШВнг 4x2,5

1	2	3	4	5	6
BA160S8	7,5	17,43	AF16-30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79120	ВБШВНГ 4x2,5
1MJ6163-6CA	7,5	18,84	AF26-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79120	ВБШВНГ 4x2,5
BA180M8	11	26,62	AF26(15/32)	Acti-9-ic60n A9F79132	ВБШВНГ 4x4
АИМР160S6	11	24,29	AF26-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79125	ВБШВНГ 4x4
1LE1002-1DD4	7,5	19,61	AF26-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79120	АВВГ 4x2,5
1LE1003-1DA2	11	20,63	AF26-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79125	АВВГ 4x4
1LE1003-1CA1	7,5	13,76	AF16-30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79116	АВВГ 4x2,5
1MJ7253-2CB	40	70,28	AF96-30(45/96)	Acti-9-ic60n A9F79180	ВБШВНГ 4x16
1MJ6183-2CA	22	42,68	AF52-30(22/53)	Acti-9-ic60n A9F79150	ВБШВНГ 4x6
1LE1003-1AC4	1,5	3,66	AF09-30(4/9)	Acti-9-ic60n A9F79104	АВВГ 4x1,5
1MJ6134-6CA	5,5	13,25	AF16-30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79116	ВБШВНГ 4x2,5
1MJ6130-4CA	5,5	11,84	AF12-30(5,5/12)	Acti-9-ic60n A9F79113	ВБШВНГ 4x2,5
ВАФ-61-6	10	25,12	AF26-30(11/26)	Acti-9-ic60n A9F79132	ВБШВНГ 4x4
1MJ3141-2CA	55	95,62	AF116-30(55/100)	Acti-9-ic60n A9F791100	ВБШВНГ 4x25
1LE1002-1CC3	5,5	12,28	AF16-30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79113	АВВГ 4x2,5
1MJ6206-2CA	30	56,28	AF65-30(30/65)	Acti-9-ic60n A9F79163	ВБШВНГ 4x10
1LG6207-6AA	22	44,79	AF52-30(22/53)	Acti-9-ic60n A9F79150	АВВГ 4x10
1LG6 207-2AA	37	67,19	AF80-30(37/80)	Acti-9-ic60n A9F79180	АВВГ 4x10
1LE1002-1BD2	1,5	4,2	AF09-30(4/9)	Acti-9-ic60n A9F79106	АВВГ 4x2,5
1MJ6131-2CA	7,5	14,89	AF16-30(7,5/18)	Acti-9-ic60n A9F79116	ВБШВНГ 4x2,5

Приложение В2 – Выбор оборудования для 2КТПП

	Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Номинальный ток теплового расцепителя, А
1	2	3	4
РП4 5ЩСУ В1	ВА – СЭЩ –В АН-06D	400	250
РП4 5ЩСУ В2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	400	250
РП-4 Н-726/1,2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	200	160
РП-4 ЩСУ 3 "ШРЕДЕР"	ВА – СЭЩ –В АН-06D	200	160
РП2 2ШЩ В№1	ВА – СЭЩ –В АН-06D	630	630
РП2 2ШЩ В№2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	630	630
РП-4 13ЩСУ	ВА – СЭЩ –В АН-08D	800	800
РП-4 14ЩСУ	ВА – СЭЩ –В АН-08D	800	800
РП2 ЩСУ №1 В№1	ВА – СЭЩ –В АН-08D	800	800
РП2 ЩСУ №1 В№2	ВА – СЭЩ –В АН-08D	800	800
РП2 ЩСУ №6 В №2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	200	160
РП2 ЩСУ №6 В№2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	200	160
РП3 ЩСУ №2 В№1	ВА – СЭЩ –В АН-06D	400	250

1	2	3	4
РПЗ ЩСУ №2 В №2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	400	400
РП6 ЩСУ №10 В №1	ВА – СЭЩ –В АН-06D	630	630
РП6 ЩСУ №10 В №2	ВА – СЭЩ –В АН-06D	630	630
2КТПП №1	ВА – СЭЩ –В АН-20D	2000	2000
2КТПП №1	ВА – СЭЩ –В АН-25D	2500	2500