

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра «Энергетика»

Чан Фэнци

Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения завода

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

И.о. заведующего кафедрой
доктор PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев
" 21 " 05 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: " Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения
завода"

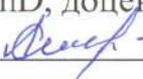
по специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Выполнил

Чан Фэнци

Рецензент

Доктор PhD, доцент АУЭС

 Алмуратова Н. К.
" " 2019 г.

Научный руководитель

доктор PhD, ассистент профессор

 Сарсенбаев Е. А.
" 21 " 05 2019 г.

Алматы 2019
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра «Энергетика»

5B071800 – Электроэнергетика

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой
доктор PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев
" 1 " 09 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: *Чан Фэнци*

Тема: *Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения завода*

Утверждена приказом проректора № 1912-б от «1» апреля 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта «6» мая 2019 г.

Исходные данные к дипломному проекту: Исходные расчетные данные по заводу, в том числе: осветительная нагрузка, силовая нагрузка и схема предприятия.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) Расчет электрических нагрузок завода;

б) Расчет показателей надежности электроснабжения;

в) Технико-экономический расчет;

г) Электробезопасность

Перечень графического материала: представить в виде презентации.

Рекомендуемая основная литература: 20 наименований.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

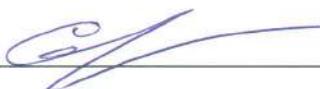
| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю и консультантам | Примечание |
|--|---|------------|
| Расчет электрических нагрузок завода | 11.04.2019 | <i>нет</i> |
| Расчет показателей надежности электроснабжения | 18.04.2019 | <i>нет</i> |
| Технико-экономический расчет | 25.04.2019 | <i>нет</i> |
| Электробезопасность | 02.05.2019 | <i>нет</i> |

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименования разделов | Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|------------------------------|--|-------------------|---|
| Основная часть | Сарсенбаев Е. А. доктор PhD | <i>11.04.19</i> |  |
| Технико-экономический расчет | Сарсенбаев Е. А. доктор PhD | <i>18.04.19</i> |  |
| Электробезопасность | Сарсенбаев Е. А. доктор PhD | <i>25.04.19</i> |  |
| Нормоконтролер | Балгаев Н.Е. доктор PhD | <i>21.05.2019</i> |  |

Научный руководитель _____

 Сарсенбаев Е. А.

Задание принял к исполнению обучающийся *Чан Фэнци* Чан Фэнци

Дата

"1" "04" 2019 г.

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Чан Фэнци

Название: Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения завода.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:8,4

Коэффициент подобия 2:0,3

Тревога:277

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

..... 21.07.15

Дата

..... 

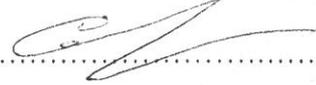
Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

допуска к защите

21.05.13



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Чан Фэнци

Название: Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения завода.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:8,4

Коэффициент подобия 2:0,3

Тревога:277

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

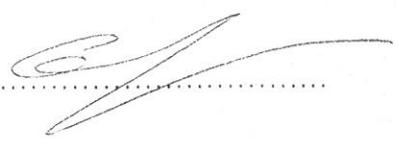
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

21.05.19

Дата


.....

Подпись Научного руководителя

РЕЦЕНЗИЯ

на _____ дипломную работу _____
(наименование вида работы)

Чан Фэнци
(Ф.И.О. обучающегося)

5B071800 - Электроэнергетика
(шифр и наименование специальности)

На тему: Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения завода

Выполнено:

- а) графическая часть на _____ слайдах
б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В дипломной работе произведено проектирование электроснабжения завода для тракторных запчастей. Рассчитана осветительная и силовая нагрузка на 0,4 кВ. На основании этих расчетов выбрано 12 цеховых трансформаторов типа ТМЗ-1000/10 и проведена компенсация реактивной мощности на 0,4 кВ батареями конденсаторов типа УКЗ-0,38-75 УЗ. Полная мощность завода составила $S_p = 20174,4$ кВА.

Произведен расчет трехфазных токов короткого замыкания на шинах ГПП, выбраны защитная и коммутационная аппаратура, силовые кабели, контрольно-измерительная аппаратура.

В специальной части проведен расчет качества напряжения и предложены меры для его улучшения.

Спроектированная система электроснабжения завода запчастей для тракторов удовлетворяет ряду требований: высокая надежность и экономичность, безопасность и удобство в эксплуатации, обеспечено требуемое качество электроэнергии, соответствующие уровни напряжения

Замечания:

- 1) в расчетно-пояснительной записке встречаются грамматические и орфографические ошибки

Оценка работы

Дипломная работа заслуживает оценки хорошо 80%, а дипломник Чан Фэнци академической степени бакалавр техники и технологий по специальности 5B071800 - Электроэнергетика

Рецензент
доктор Рнб, доцент АХЭС
(должность, ученая степень, звание)

« _____ »
(подпись)

Алмуратова Н.К.

2019 г.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)
Чан Фэнци
(Ф.И.О. обучающегося)
5B071800 – Электроэнергетика
(шифр и наименование специальности)

Тема: Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения завода

Чан Фэнци приступил к выполнению дипломной работы в соответствии с графиком.

В дипломной работе произведено проектирование электроснабжения завода.

Представлены сведения по технологии производства и основному электрооборудованию, а также по экономической части и охране труда.

Выполнен полный расчет электрических нагрузок; обоснованы схемы внешнего и внутреннего электроснабжения; произведен технико-экономический расчет вариантов внешнего электроснабжения и выбран наиболее рациональный вариант; месторасположение, типы и мощности трансформаторных подстанций; составлена картограмма нагрузок; выбрана коммутационная и защитная аппаратура; выполнен расчет показателей надежности системы электроснабжения.

В экономической части произведен расчет прироста прибыли в результате сокращения перерывов в электроснабжении.

В разделе безопасности и охраны труда представлены сведения по электробезопасности, пожаробезопасности, промышленной санитарии; произведен расчет заземляющего устройства цеха.

Считаю, что дипломная работа заслуживает оценки «хорошо» 85%. А Чан Фэнци присвоения академической степени «бакалавр техники и технологий» по специальности 5B071800 – Электроэнергетика.

Научный руководитель

Доктор, ассистент профессора
(должность, уч. степень, звание)


(подпись) Сарсенбаев Е.А.

«21» 05 2019 г.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе произведено проектирование электроснабжения завода. Представлены сведения по технологии производства и основному электрооборудованию, а также по экономической части и охране труда.

Технико-экономическое обоснование было выполнено с использованием внешних источников электропитания, и был выбран наиболее разумный вариант. Расположение подстанции, тип и мощность, а также карта нагрузки, выбранные устройства защиты, сдвига и расчет надежности электросистемы представлены в собранном виде. Рост прибыли был рассчитан экономически в результате снижения отключений электроэнергии.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста электр станциясының құрылысы жүргізілді. Өндіріс технологиясы және негізгі электр жабдықтары, сондай-ақ экономикалық бөлік пен еңбекті қорғау туралы ақпарат ұсынылған.

Техникалық-экономикалық негіздеме сыртқы қуат көздерін пайдалану арқылы жүзеге асырылды және ең ақылға қонымды нұсқасы таңдалды. Қосалқы станцияның орналасқан жері, түрі мен көлемі, сондай-ақ жүктеме картасы, таңдалған қорғаныс, жылжымалы қондырғылар және электр жүйесінің сенімділігінің есебі жинақталған түрінде ұсынылады. Кірістің төмендеуі электр қуатын өшірудің салдарынан экономикалық тұрғыдан есептелді.

ABSTRACT

In the thesis work the design of the power plant was constructed. The information on production technology and basic electrical equipment, as well as on the economic part and labor protection are presented.

The feasibility study was carried out using external power sources, and the most reasonable option was chosen. The substation location, type and capacity, as well as the load map, selected protection, shear devices and the calculation of the electrical system reliability are presented in assembled form. Profit growth was calculated economically as a result of reduced power outages.

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|------|---|----|
| | Введение | 7 |
| 1 | Описание технологического процесса | 8 |
| 1.1 | Исходные данные по проектированию электроснабжения завода запчастей для тракторов | 11 |
| 1.2 | Расчет осветительной нагрузки | 13 |
| 1.3 | Расчет электрических нагрузок | 16 |
| 1.4 | Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности | 21 |
| 1.5 | Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП | 23 |
| 1.6 | Уточненное распределение $Q_{\text{нбк}}$ по цеховым ТП | 24 |
| 1.7 | Уточненный расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ | 25 |
| 1.8 | Расчет компенсации реактивной мощности на шинах напряжением выше 1 Кв | 26 |
| 1.9 | Сравнение вариантов внешнего электроснабжения | 29 |
| 1.10 | I вариант внешнего электроснабжения. ЛЭП 35 кВ | 31 |
| 1.11 | II вариант внешнего электроснабжения. ЛЭП 10 кВ | 37 |
| 1.12 | Выбор оборудования и расчет токов к.з. на стороне 10 кВ | 38 |
| 1.13 | Выбор выключателей и выключателей нагрузки | 42 |
| 1.14 | Выбор силовых кабелей отходящих линий | 46 |
| 1.15 | Выбор изоляторов | 50 |
| 2 | Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения предприятия | 52 |
| 2.1 | Основные показатели качества электроэнергии | 52 |
| 2.2 | Отклонение напряжения | 54 |
| 2.3 | Несинусоидальные кривые напряжения и тока | 63 |
| 3 | Экономическое сравнение вариантов электроснабжения завода | 67 |
| 3.1 | Вариант I. Расчёт ЛЭП 35 кВ | 67 |
| 3.2 | Вариант II. Расчет ЛЭП 10 кВ | 69 |
| 4 | Электробезопасность | 71 |
| 4.1 | Расчет заземления | 71 |
| 4.2 | Расчет молниезащиты | 72 |
| | Заключение | 76 |
| | Список использованной литературы | 77 |

ВВЕДЕНИЕ

Снабжение электрической энергией является одной из составляющих нашего государства. В настоящее время это невозможно сделать в отраслях или городах без электроснабжения. Одной из задач электроснабжения является подача электричества на каждый объект для нормальной работы и жизни.

В долгосрочной энергетической программе ожидается распространение энергосберегающих устройств и технологий в первую очередь.

В этом контексте большое значение имеет рационализация энергосбережения, в том числе снижение удельного энергопотребления и увеличение количества электроприборов в экономике.

Важной предпосылкой для этой работы является создание экономичной, высококачественной измерительной системы для потребления энергии промышленными компаниями.

Наиболее важными требованиями для построения рациональной электрической системы являются надежность, эффективность и качество электроэнергии в сети потребителей.

Надежность источника питания достигается за счет бесперебойной работы всех элементов в электросети и использования потребителем устройств релейной защиты, мониторинга и сигнализации. Качество гарантируется постоянством значений напряжения и частоты.

Важной подготовкой к энергосбережению в промышленности в настоящее время является использование энергосберегающих технологий (улучшение существующих и новых разработок).

Проблемы энергосбережения и экономии ресурсов также включают в себя улучшенные источники питания, поскольку внезапные отключения электроэнергии могут привести к значительным производственным потерям. Однако повышение надежности обычно связано с увеличением стоимости энергосистемы. В результате они обычно определяют оптимальный индекс надежности и выбирают тот, который оптимален для надежности энергосистемы.

С другой стороны, избыточность системы является фундаментальной предпосылкой надежности и должна зависеть от конкретной системы. С другой стороны, надежные избыточные системы могут получить некоторые функции, которые снижают их эффективность. В частности, профицитная экономика характеризуется высокими экономическими затратами на строительство и эксплуатацию.

На практике избыточность силы имеет эффект избыточности, улучшения структуры и материалов, из которых состоят элементы, их долговечности, повышения прочности, улучшения технического обслуживания, мониторинга и контроля.

1 Описание технологического процесса

Технологические процессы завода по производству запасных частей для тракторов затрагивают следующие цеха и участки:

Есть специальные места и особые роли в работе всей компании, есть менеджер, который отвечает за работу, координируемую исполнительным секретарем. Управленческую работу можно разделить на три направления: техническое, экономическое и производственное. Техническая деятельность направлена на улучшение технических производственных процессов, разработку и внедрение новых типов продуктов и процессов, поддержание функциональности оборудования и обеспечение безопасных условий труда.

Хозяйственная деятельность заключается в снижении себестоимости реализованной промышленной продукции, учета материалов и ресурсов, готовой продукции.

Производственная деятельность ограничивается организацией и контролем производственного цикла.

Основными направлениями деятельности Энергетического агентства являются следующие. Обеспечить производство энергии, тепла, сжатого воздуха, горячей и холодной воды, поддерживать рабочие условия и выполнять необходимый ремонт сети подачи воды и пара. Структура энергетического сектора состоит из котельной и компрессора. Котельная не только поставляет тепло в магазины и торговые помещения, но и обогревает село.

Ковка в легком положении прессования используется для гравировки изделий крупного автомобильного завода. Завод оснащен от 1000 до 6300 тонн прессов. Также устанавливается горизонтально-ковочный станок мощностью от 400 до 2000 тонн, где осуществляется изготовлениековки с удлиненными валами, такими как валы и валы с фланцами. В кольцепрокатном стане (KPS-250) можно прокатывать гладкую гладкую поковку для кольцевого кольцевого наружного кольца планетарных зубчатых колес и подшипников рельсов. Перфорация крепежных колпачков на этих подшипниках происходит в прессе с усилием 6300 тонн.

У кузнеца были установлены технические линии на основе молотка с падающей массой от 1 до 16 тонн. Это процесс формирования коленчатого вала для автомобильного двигателя. Все технические достижения в области газопламенного нагрева заготовок путем предварительного и окончательного тиснения имеют механизированные ковочные молоты.

В пресс-зале Sock была установлена автоматическая штамповочная линия с индукционным нагревом балки на основе прессы с усилием 2500 тонн и 4000 тонн автодорожного моста для дорожной техники, автобусов и тракторов.

Техническое оснащение цеха позволяет производить ковку не только титана, но и фасонной, гладкой и холоднокатанойковки из угля, угля, угля и нержавеющей стали. Его уникальный характер характеризуется наличием 400 тонн манипуляторов и прессов. И это позволяет производить кованые изделия весом до 1500 кг. Цех имеет овальные полы диаметром до 1400 мм, полулинзы,

полуворота и многое другое.

На нагревательной плите изделия изготовлены из углеродистой стали и специальных сплавов, отожженных, нормализованных, отвержденных, отвержденных, а вещества подвергаются химической обработке (нитрование, цемент и т. д.)

Литейный цех - это одна из мастерских, где изготавливаются отливки, которые изготавливаются в форме, когда продукт заполнен жидким сплавом. В среднем, около 40% по массе деталей машин производится путем литья, а в некоторых технических областях, например, в станках, доля литья составляет 80%. Из всех сделанных прогнозов машиностроение потребляет около 70%, металлообрабатывающая промышленность - 20%, а производство сантехники - 10%. Отливки используются в металлообрабатывающих станках, двигателях внутреннего сгорания, компрессорах, насосах, электродвигателях, паровых и гидравлических зубьях, прокатных станках, сельскохозяйственных машинах, вагонах, тракторах, локомотивах и грузовых вагонах. Значительная часть отливок, особенно цветных сплавов, потребляется космической промышленностью, оборонной промышленностью и производством оборудования. Широкое использование отливок объясняется тем, что их форма легче подходит к форме готового изделия, чем форма заготовки, изготовленной другими методами, такими как ковка. Во время литья могут быть получены вещества различной сложности с низким допуском, что снижает потребление металла, затраты на обработку и, наконец, стоимость продукта. От отливок до стен толщиной от одной десятой миллиметра до нескольких футов мы можем производить изделия практически любого веса, от нескольких граммов до сотен тонн. Основными сплавами, используемыми для производства отливок, являются серый чугун, чугун и легированный чугун (до 75% от общей массы отливок), углеродистая сталь и легированная сталь (более 20%) и цветные сплавы (медь, алюминий, цинк и магний).

Технические работы в литейном производстве выполняются работниками таких профессий, как моделирование, производители пресс-форм, производители баров, металлургические заводы и упаковщики.

Крупные литейные заводы состоят из нескольких отделов (отделов), каждое из которых осуществляет конкретные технические мероприятия.

Порошки, фрикционная паста, антипригарные покрытия, уплотнения, клеи и т. д. Изготавливаются в виде смесей и сердцевин. После надлежащего осмотра все эти материалы доставляются в форму и центральную часть.

В основном пространстве стержни изготовлены, высушены, окрашены антипригарным покрытием и перенесены в формовочные и монтажные бункеры.

Они изготавливаются, сушатся и собираются по мере необходимости в области литья и монтажа. Пресс-форма отливается в небольшом литейном цехе в том же отсеке, а форма отливается после охлаждения.

В плавильной камере сплав плавится с образованием сплава, имеющего необходимый химический состав и механические свойства. Расплав в ковше

подается на литейный замок.

Расплавленную пену заливают в ковш для разливки.

В камере КО отливка разрушается, и охлаждаемая форма удаляется, отливка удаляется и поршень освобождается.

В части для стирки ядро извлекается из отливки, а поверхность промывается смесью обожженного брикета и сердечника.

В режущей секции поля или ветви удаляются с поверхности литейной поверхности с помощью бойей или пневматического инструмента. Если отливка должна быть загрунтована, отлитые блоки сгруппированы в секции резки. В том же разделе отливка подвергается контролю, состоящему из контроля геометрических размеров отливки и ее качества.

В небольших масштабах, отдельные производства и мелкие литейные цеха, мастерские можно смутно разделить на секции. В этом случае производство, литье, сборка, литье и дробление литейного песка могут быть выполнены в камере. Контроль очистки, резки и розлива в разных отсеках.

Литье можно разделить на три основных типа: одиночное (малое), массовое производство и массовое производство.

Односерийное или мелкосерийное производство характеризуется тем, что несколько отливок выпускаются в количествах от одной отливки до нескольких частей и не делают одну и ту же отливку неопределенной или повторяющейся. В число отдельных производств входит производство веществ для запасных частей, мастерских по отливке для испытательных машин, станков и литейных заводов (экскаваторы, турбины, ковочные прессы, которые в конечном итоге производят несколько десятков тонн или более уникальных отливок) и многое другое).

Серийное производство характеризуется определенной частотой отливок из ограниченного или обширного ассортимента. Примером массового производства может быть отливка, которая производит отливку для станка.

Массовое производство характеризуется непрерывным выпуском ограниченного количества значительных отливок, таких как молдинги для автомобилей и тракторов.

Непрерывное производство оказывает большое влияние на организацию цеха отдела и всего бизнеса.

Частые изменения в номенклатуре отливок не могут быть механизированы, поэтому значительная часть технических операций выполняется вручную за один производственный период. Рабочие должны иметь высокую квалификацию в этом виде производства.

В массовом производстве можно назначить одну и ту же группу отливок по размеру, весу, механизации и автоматизации отдельных процессов. В этих случаях внедрение передовых технологий планируется для конкретных групп литья.

Массовое производство позволяет максимально автоматизировать и автоматизировать весь технологический процесс и сделать его максимально экономичным.

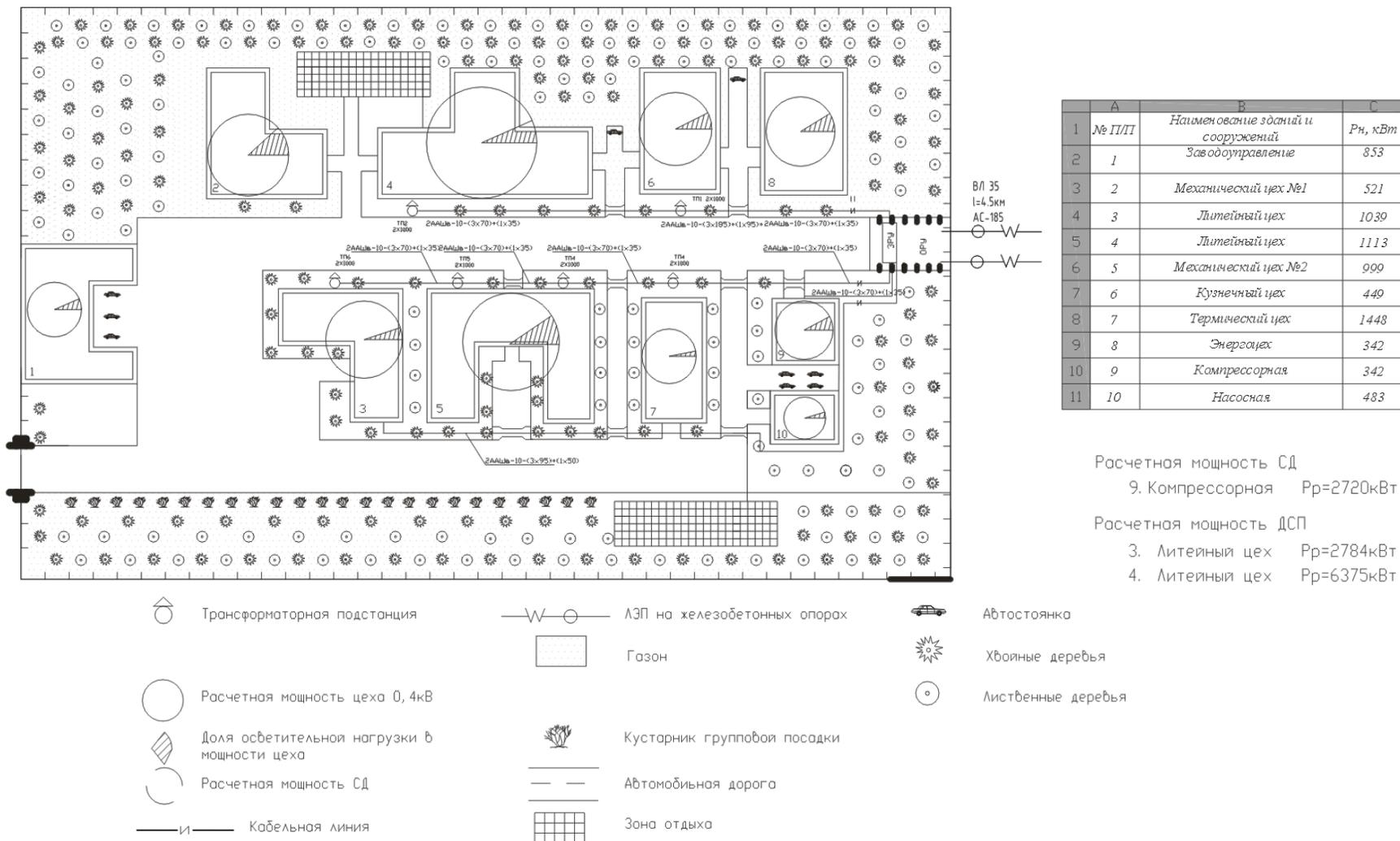
При обработке цехов, обработке деталей путем нарезания резанием с помощью токарного станка (одношпиндельный, многошпиндельный, башенный, вертикальный токарный и т. Д.) И деталей, изготовленных из холодного соединения с посадочной машиной, крепежные элементы изготавливаются без исключения. вы.

Насос используется в качестве базы для водоснабжения и сточных вод. Он также используется для проникновения воды и удаления воды из затопления.

Компрессорная газоприемная компрессорная станция. Полученный сжатый газ или воздух можно использовать в качестве энергоносителя, сырья (производство газа, отделенного от воздуха), криогенного активного вещества (азота). Компрессор состоит из компрессора и другого оборудования.

1.1 Исходные данные по проектированию электроснабжения завода запчастей для тракторов

Питание может быть осуществлено от ТЭЦ, на которой работают 4 турбогенератора с АРН мощностью 50 МВт, напряжением 10,5 кВ. Генераторы работают параллельно на две секции шин. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция из двух отдельно работающих трансформаторов мощностью по 25 МВА, напряжением 10,5/37. Расстояние от ТЭЦ до завода 4,5 км. Завод работает в две смены. Генеральный план завода приведен на рисунке 1.1.



**Рисунок 1 – Генеральный
план завода**

Таблица 1.1 – Электрические нагрузки по цехам завода

| Наименование цеха | Кол-во ЭП п | Установленная мощность, кВт | | | K_n | $\cos\phi$ | $tg\phi$ |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|------------------|-------|------------|----------|
| | | P_{min} | P_{max} | Суммарная, P_n | | | |
| Заводоуправление, столовая | 55 | 1 | 40 | 1550 | 0,5 | 0,9 | 0,47 |
| Механический цех №1 | 120 | 28 | 100 | 1400 | 0,3 | 0,7 | 1,02 |
| Литейный цех цветного литья | | | | | | | |
| 0,4 кВ | 50 | 5 | 40 | 1400 | 0,7 | 0,89 | 0,5 |
| ДСП 3т | 2 | 2300 | | 4600 | | 0,87 | 0,56 |
| Литейный цех черного литья | | | | | | | |
| 0,4 кВ | 50 | 4,8 | 40 | 1500 | 0,7 | 0,89 | 0,5 |
| ДСП 12т | 2 | 5883 | | 11766 | | 0,85 | 0,61 |
| Механический цех №2 | 150 | 1 | 100 | 2800 | 0,3 | 0,7 | 1,02 |
| Кузнечный цех | 40 | 4 | 200 | 600 | 0,45 | 0,75 | 0,88 |
| Термический цех | 100 | 5 | 95 | 2600 | 0,5 | 0,65 | 1,16 |
| Энергоцех | 20 | 5 | 40 | 500 | 0,6 | 0,8 | 0,75 |
| Компрессорная | 130 | 1 | 70 | 3300 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| 0,4 кВ | 15 | 5 | 40 | 500 | 0,6 | 0,8 | 0,75 |
| СД 10кВ | 4 | 800 | | 3200 | | 0,85 | 0,61 |
| Насосная | 12 | 40 | 100 | 600 | 0,7 | 0,8 | 0,75 |

Примечание: Коэффициенты использования (K_n) и мощности ($\cos\phi$) (ориентировочные) для отдельных корпусов, цехов, мастерских и складов находим по таблицам.

1.2 Расчет осветительной нагрузки

Расчет нагрузки на нагрузку при определении корпоративной нагрузки должен производиться от нагрузки освещения на квадратный метр производственной площади и фактора спроса.

Согласно этому методу, рассчитанная нагрузка освещения равна средней мощности света для слоя с наибольшей нагрузкой и определяется следующим уравнением:

$$P_{p0} = K_{c0} \cdot P_{y0}, \quad \text{кВт} \quad (1.1)$$

$$Q_{p0} = tg\phi \cdot P_{p0}, \quad \text{квар.} \quad (1.2)$$

где K_{c0} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки, числовые значения которого принимаются по таблицам.

$tg\varphi$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по известному $\cos\varphi$ осветительной установки.

P_{y0} – установленная мощность приемников освещения по цеху, отделу и т.п. определяется по удельной осветительной нагрузке 1 м^2 поверхности пола и известной производственной площади.

$$P_{y0} = \rho_0 \cdot F, \quad \text{кВт} \quad (1.3)$$

где ρ_0 – удельная расчетная мощность в кВт/м².

F – площадь пола производственного помещения в м².

Значение ρ_0 зависит от типа здания, выбранного в соответствии с каталогом. Степень освещения предприятия рассчитывается в следующем порядке в таблице 1.1.

1) Согласно общему плану компании, длина и ширина каждого производственного участка и каждого участка компании измеряется в метрах и рассчитывается в соответствии с объемом общего плана.

2) Рассчитывается площадь освещаемой зоны в каждом производственном помещении, а площадь наружного освещения в этой зоне рассчитывается как разница между всей площадью для всей компании и производственной площадью.

3) Для каждой коммерческой зоны выберите плотность нагрузки освещения на квадратный метр и рассчитайте установленную мощность приемника освещения, используя уравнение (1.3).

4) В соответствии с таблицей коэффициент потребности для нагрузки освещения определяется как функция объекта освещения, а рассчитанная нагрузка освещения рассчитывается в соответствии с уравнением (1.1).

Таблица 1.2 - Расчет осветительной нагрузки

| Наименование производственного помещения | Размеры помещ. м | | Площадь | ρ_0 | K_c | P_{y0} | P_{p0} | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | Q_{p0} |
|---|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------------------------|-----------|
| | Длина | Ширина | | | | | | | | |
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> |
| Заводоупра осветительной цехам завода машиностроения вление, столовая | | | 3162,2 | 0,016 | 0,7 | 50,5 | 35,3 | 0,9 | 0,5 | 17,6 |
| Механический цех №1 | | | 3678,3 | 0,013 | 0,95 | 47,8 | 45,4 | 0,9 | 0,5 | 22,7 |
| Литейный цех цветного литья | | | 4084,1 | 0,014 | 0,95 | 57,1 | 54,2 | 0,9 | 0,5 | 27,1 |
| Литейный цех черного литья | | | 5063,1 | 0,014 | 0,95 | 70,8 | 67,3 | 0,9 | 0,5 | 33,6 |
| Механический цех №2 | | | 6775 | 0,013 | 0,95 | 88 | 83,6 | 0,9 | 0,5 | 41,8 |
| Кузнечный цех | | | 2400 | 0,012 | 0,95 | 28,8 | 27,3 | 0,9 | 0,5 | 13,6 |
| Термический цех | | | 3428 | 0,012 | 0,85 | 41,1 | 39 | 0,9 | 0,5 | 19,5 |
| Энергоцех | | | 2400 | 0,013 | 0,95 | 31,2 | 29,6 | 0,9 | 0,5 | 14,8 |
| Компрессорная | | | 1165 | 0,016 | 0,7 | 18,6 | 13 | 0,9 | 0,5 | 6,5 |
| Насосная | | | 845,8 | 0,016 | 0,7 | 13,5 | 9,45 | 0,8 | 0,75 | 7 |
| Освещение территории | 465,7 | 300 | 139710 | 0,002 | 1 | 279,4 | 279,4 | 0,9 | 0,5 | 139,7 |

1.3 Расчет электрических нагрузок завода

Потребители электроэнергии являются первыми задачами в электроснабжении промышленной группы. В соответствии с потребителем энергии выбирается и тестируется электрооборудование системы электропитания, выбираются защитное устройство и система компенсации, определяются потери мощности и тока, рассчитанное отклонение и колебания напряжения.

Расчеты нагрузки на НПЗ сведены в таблицу 2.1.

Процедура 2.1 для расчета и заполнения таблицы.

Колонка 1 содержит количество семинаров согласно плану.

Название второго столбца электроприемника.

Третий ряд ряд электрических приемников.

Колонка 4 - минимальная мощность для этого электроприемника.

Колонка 5 - максимальная мощность электрического приемника этого.

Колонка 6 - Общий результат всех участников этого семинара.

Седьмой столбец определяет, как определить эффективное число n_3 получателей. Число m в столбце 7 определяется следующим уравнением:

$$m = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \quad (1.4)$$

Точное значение числа m не требуется, достаточно определить $m > 3$ или $m \leq 3$.

В графе 8 – значение коэффициента использования;

В графе 9 – значение коэффициента активной мощности;

В графе 10 – значение коэффициента реактивной мощности.

В графе 11 подсчитывается средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену, по формуле:

$$P_{см} = K_u \cdot P_n, \quad \text{кВт.} \quad (1.5)$$

В графе 12 подсчитывается средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену:

$$Q_{см} = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_{см}, \quad \text{квар.} \quad (1.6)$$

В графе 13 подсчитываем эффективное число электроприемников n_3 . Так как для всех цехов $m > 3$ и групповой коэффициент $K_u > 0,2$, то n_3 определяем по формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_n}{P_{\text{max}}} \quad (1.7)$$

Графа 14 – коэффициент максимума K_M определяется по таблицам в зависимости от эффективного числа электроприемников $n_{\text{э}}$ и средневзвешенного K_u .

Графа 15 – максимальная активная получасовая нагрузка от силовых электроприемников, рассчитывается по формуле:

$$P_P = K_M \cdot P_{CM}, \quad \text{кВт.} \quad (1.8)$$

Графа 16 – максимальная реактивная получасовая нагрузка от силовых электроприемников принимается равной:

$$\text{При } n_{\text{э}} \leq 10 \quad Q_P = 1,1 \cdot Q_{CM}, \quad \text{квар} \quad (1.9)$$

$$\text{При } n_{\text{э}} > 10 \quad Q_P = Q_{CM}, \quad \text{квар} \quad (1.10)$$

Графа 17 – максимальная полная расчетная нагрузка определяется по формуле:

$$S_P = \sqrt{P_P + Q_P}, \quad \text{кВА.} \quad (1.11)$$

Таблица 1.3 – Расчет силовых нагрузок по цехам завода

| Наименование цеха | Кол-во ЭП <i>n</i> | Установленная мощность | | | <i>m</i> | <i>K_и</i> | $\cos \varphi$ | $\operatorname{tg} \varphi$ | Сред. мошн. | | <i>N_э</i> | <i>K_м</i> | Расчетные нагрузки | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | <i>P_{min}</i> кВт | <i>P_{max}</i> кВт | $\Sigma Pн$ кВт | | | | | <i>P_{см}</i> кВт | <i>Q_{см}</i> квар | | | <i>P_p</i> кВт | <i>Q_p</i> квар | <i>S_p</i> кВА |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Заводоуправление, Столовая | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 55 | 1 | 40 | 1550 | >3 | 0,5 | 0,9 | 0,47 | 775 | 364,2 | 55 | 1,1 | 852,5 | 364,2 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 35,3 | 17,6 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 887,3 | 381,8 | 966 |
| Механический цех №1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 120 | 28 | 100 | 1400 | >3 | 0,3 | 0,7 | 1,02 | 420 | 428,4 | 28 | 1,24 | 520,8 | 428,4 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 45,4 | 22,7 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 566,2 | 451,1 | 724 |
| Литейная цветная | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 50 | 5 | 40 | 1400 | >3 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 980 | 490 | 50 | 1,06 | 1038, 8 | 490 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 54,2 | 27,1 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 1093 | 517,1 | 1209,1 |
| Литейная черная | | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 1.3

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|------|------|------|----|------|--------|--------|--------|
| а) силовая нагрузка | 50 | 4,8 | 40 | 1500 | >3 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 1050 | 525 | 50 | 1,06 | 1113 | 525 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 67,3 | 33,6 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 1180,3 | 558,6 | 1305,8 |
| Механический цех №2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 150 | 1 | 100 | 2800 | >3 | 0,3 | 0,7 | 1,02 | 840 | 856 | 56 | 1,19 | 999,6 | 856,8 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 83,6 | 41,8 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 1083,2 | 898,6 | 1407,4 |
| Кузнечный цех | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 40 | 4 | 200 | 600 | >3 | 0,4 | 0,7 | 0,88 | 270 | 237 | 6 | 1,66 | 448,2 | 261,3 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 27,3 | 13,6 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 475,5 | 275 | 549,2 |
| Термический цех | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 100 | 5 | 95 | 2600 | >3 | 0,5 | 0,6 | 1,16 | 1300 | 1508 | 55 | 1,11 | 1443 | 1508 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 39 | 19,5 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 1482 | 1527,5 | 2128,2 |
| Энергоцех | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 20 | 5 | 40 | 500 | >3 | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 300 | 225 | 20 | 1,14 | 342 | 225 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 29,6 | 14,8 | |

Продолжение таблицы 1.3

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----|----|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|-----|----|------|-------|-------|-------|
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 371,6 | 239,8 | 442,2 |
| Компрессорная | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 15 | 5 | 500 | 150 | >3 | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 300 | 225 | 15 | 1,14 | 342 | 225 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 29,6 | 14,8 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 371,6 | 239,8 | 442,2 |
| Насосная | | | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая нагрузка | 12 | 40 | 100 | 600 | <3 | 0,7 | 0,8 | 0,75 | 420 | 315 | 12 | 1,15 | 483 | 315 | |
| б) осветительная нагрузка | | | | | | | | | | | | | 9,45 | 7 | |
| ИТОГО | | | | | | | | | | | | | 492,4 | 322 | 588,3 |
| Освещение территории | | | | | | | | | | | | | 279,4 | 139,7 | 312,3 |
| Итого по заводу на шинах 0,4 кВ | | | | | | | | | | | | | 8283 | 5551 | 9971 |

1.4 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности

Выбор количества трансформаторов зависит от размера и типа электрической нагрузки, общей нагрузки на систему компании и требований к производству, проектированию, строительству и эксплуатации. Кроме того, необходимо учитывать конфигурацию производственного оборудования, расположение технологического оборудования, условия окружающей среды, условия охлаждения, требования безопасности для противопожарной защиты и электричества и тип используемого электрического оборудования.

Количество трансформаторов и мощность могут быть выбраны на основе удельной плотности нагрузки (кВА / м²) и соответствующей нагрузки на объект (кВА). Если удельная плотность составляет 0,2, 3, 0,3 кВА / м² или более, а общая нагрузка составляет 3000 ÷ 4000 кВА, рекомендуется использовать заводской трансформатор мощностью 1600-2500 кВА. Для удельных нагрузок и суммарных нагрузок ниже заданного значения наиболее экономичным является трансформатор 400-630-1000 кВА.

Определите минимальное количество зарядных трансформаторов с учетом полной компенсации реактивной мощности шины 0,4 кВ.

$$N_{\min \text{ mp}} = \frac{P_{p0,4}}{S_{н.мп} \cdot K_3} + \Delta N, \quad (1.12)$$

где $P_{p0,4} = 8283$ кВт – определили в таблице 3;

$K_3 = 0,8$ – так как завод относится ко II категории потребителя;

Принимаем $S_{н.мп} = 1000$ кВА

ΔN – добавка до ближайшего большего числа.

$$N_{\min \text{ mp}} = \frac{8283}{1000 \cdot 0,8} = 10,3 + 0,7 = 11.$$

По зонам определим дополнительное число трансформаторов $m = 1$ [3, рисунок 2.131]., отсюда:

$$N_{\text{мп.эк}} = N_{\min \text{ mp}} + m, \quad (1.13)$$

$$N_{\text{мп.эк}} = 11 + 1 = 12.$$

Определим наибольшую реактивную мощность, которую целесообразно передать через все 12 трансформаторов:

$$Q_T = \sqrt{(N_{тр.эк} \cdot S_{н.тр} \cdot K_3)^2 - P_{р0,4}^2}, \quad (1.14)$$

$$Q_T = \sqrt{(12 \cdot 1000 \cdot 0,8)^2 - 8283^2} = 4853 \text{ квар.}$$

Отсюда мощность НБК равна:

$$Q_{НБК1} = Q_{P0,4} - Q_T, \quad (1.15)$$

$$Q_{НБК1} = 5551 - 4853 = 698 \text{ квар.}$$

Определим дополнительную мощность НБК по условию потерь:

$$Q_{НБК2} = Q_{P0,4} - Q_{НБК1} - \gamma \cdot S_{н.тр} \cdot N_{тр.эк}, \quad (1.16)$$

где $\gamma = f(K_1, K_2)$ -расчетный коэффициент, определяется по [3, рис.2.133],

K_1 - коэффициент, зависящий от количества смен;

K_2 =определяется из [3, таблица 2.191].

Тогда:

$$Q_{НБК2} = 5551 - 698 - 0,55 \cdot 1000 \cdot 12 = -1747 \text{ квар.}$$

Если $Q_{НБК2} < 0$, то принимаем $Q_{НБК2} = 0$, тогда:

$$Q_{НБК\Sigma} = Q_{НБК1} + Q_{НБК2} \quad (1.17)$$

$$Q_{НБК\Sigma} = 698 + 0 = 698 \text{ квар.}$$

Определи мощность $Q_{НБК}$ на один трансформатор:

$$Q_{НБК} = 698 / 12 = 58 \text{ квар.}$$

Выбираем батарею типа УКЗ-0,38-75 УЗ

1.5 Распределение низковольтных нагрузок по цеховым ТП

Определим коэффициент загрузки для ТП по формуле:

$$K'_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{н.тр}}, \quad (1.18)$$

где n – число трансформаторов на ТП.

Нескомпенсированную реактивную мощность на ТП определим по формуле:

$$Q_{неском} = Q_{рТП} - Q_{фНБК\ ТП} \quad (1.19)$$

Расчетные значения сведем в таблицу 2.2

Таблица 1.4 – Распределение низковольтных нагрузок по ЦТП

| <u>№ТП, S_{н.тр.}, Q_{НБК}</u> | <u>№ цехов</u> | <u>P_{р 0,4}, кВт</u> | <u>Q_{р 0,4}, квар</u> | <u>S_{р 0,4}, кВА</u> | <u>K_з</u> |
|--|----------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ТП1 (2x1000) | 2 | 566,2 | 451,1 | | |
| ТП2 (2x1000) | 4 | 1180,3 | 558,6 | | |
| <u>ΣS_н =4000 кВА</u> | 6 | 475,5 | 275 | | |
| | 8 | 371,6 | 239,8 | | |
| освещение территории | | 279,4 | 139,6 | | |
| | | 2873 | 1664,1 | | |
| <u>Q_{НБК} = 4x75</u> | | | -300 | | |
| | | 2873 | 1364,1 | 3180,3 | 0,79 |
| ТП3 (2x1000) | 1 | 887,8 | 381,8 | | |
| ТП4 (2x1000) | 3 | 1093 | 517,1 | | |
| ТП5 (2 x1000) | 5 | 1083,2 | 898,6 | | |
| ТП6 (2 x1000) | 7 | 1482 | 1527,5 | | |
| <u>ΣS_н =8000 кВА</u> | 9 | 371,6 | 239,8 | | |
| | 10 | 492,4 | 322 | | |
| | | 5410,3 | 3886,3 | | |
| <u>Q_{НБК} = 8x75</u> | | | -600 | | |
| | | 5410,3 | 3286,3 | 6330,4 | 0,79 |

1.6 Уточненное распределение $Q_{\text{НБК}}$ по цеховым ТП

Распределим $Q_{\text{НБК}} = 698$ квар на реактивные нагрузки ТП.

$$\frac{Q_{p0,4}}{Q_{\text{НБК}}} = \frac{Q_{p\text{ТП}}}{Q_{\text{НБК ТП}}}, \quad (1.20)$$

Отсюда:

$$Q_{\text{НБК ТП}} = \frac{Q_{p\text{ТП}} \cdot Q_{\text{НБК}}}{Q_{p0,4}}. \quad (1.21)$$

Таблица 1.5 – Уточненное распределение $Q_{\text{НБК}}$ по ТП

| <u>№ТП</u> | <u>Q_{рТП}</u> | <u>Q_{НБК.рТП}</u> | <u>Q_{Ф.НБК по ТП}</u> | <u>Q_{НЕСКОМП}</u> | |
|------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------|
| ТП1-2 | 1664,1 | 209,2 | (4x75) | 300 | 1364,1 |
| ТП3-4-5-6 | 3886,3 | 488 | (8x75) | 600 | 3286,3 |
| ИТОГО | 5550,4 | 697,2 | | 900 | 4650,4 |

1.7 Уточненный расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ

Необходимо низковольтную нагрузку 0,4 кВ привести к шинам 10 кВ, для этого надо рассчитать потери в цеховых трансформаторах.

Таблица 1.6 – Трансформатор типа ТМЗ-1000-10

| Паспортные данные трансформатора | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <u>S_н, кВА</u> | <u>I_{х.х}, %</u> | <u>U_{к.з}, %</u> | <u>P_{х.х}, кВт</u> | <u>P_{к.з}, кВт</u> |
| 1000 | 1,2% | 5,5% | 1,9 | 10,8 |

Рассчитаем потери в ЦТП, по формулам:

$$P_T = P_x + P_{кз} \cdot K_3^2; P_T = n \cdot P_T; \quad (1.22)$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_n + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_n \cdot K_3^2; Q_T = n \cdot Q_T. \quad (1.23)$$

Таблица 1.7 – Расчет потерь в ЦТП

| Расчет потерь в ЦТП | | | | |
|---------------------|---|------|----------------------|-----------------------|
| №ТП | n | Kз | P _г , кВт | Q _г , квар |
| ТП1, ТП2 | 4 | 0.79 | 31,7 | 185,3 |
| ТП3÷ТП6 | 8 | 0,79 | 63,4 | 370,6 |
| ИТОГО | | | 95,1 | 556 |

1.7.1 Расчет высоковольтных нагрузок по заводу

Определим расчетные мощности синхронных двигателей
 $P_{pсд}$ и $Q_{pсд}$ определим по формулам:

$$P_{pсд} = P_{нсд} \cdot K_з; \quad P_{pсд} = P_{pсд} \cdot n; \quad (1.24)$$

$$Q_{pсд} = \text{tg} \cdot P_{pсд}; \quad Q_{pсд} = Q_{pсд} \cdot n. \quad (1.25)$$

Определение расчетной мощности ДСП-10 кВ

$$P_{p_{дсп}} = N \cdot S_H \cdot \cos \varphi \cdot k_з \quad Q_{p_{дсп}} = N \cdot S_H \cdot \cos \varphi \cdot k_з \cdot \text{tg} \varphi \quad (1.26)$$

Таблица 1.8 – Расчетная мощность СД-10 кВ

| Определение расчетной мощности СД-10 кВ | | | | | | | |
|---|---|------|------|-----------------|------------------------|------------------|-------------------------|
| $P_{нсд}$, кВт | N | Kз | cosφ | $P_{pсд}$, кВт | $\Sigma P_{pсд}$, кВт | $Q_{pсд}$, квар | $\Sigma Q_{pсд}$, квар |
| 800 | 4 | 0.85 | 0,85 | 680 | 2720 | 414,7 | 1659 |

Потери мощности в трансформаторах ДСП

$$\Delta P_{mp_{дсп}} = 0.02 \cdot S_{нmp} \quad \Sigma \Delta P_{mp_{дсп}} = N \cdot \Delta P_{mp_{дсп}} \quad (1.27)$$

$$\Delta Q_{mm_{дсп}} = 0.1 \cdot S_{нmp} \quad \Sigma \Delta Q_{mm_{дсп}} = N \cdot \Delta Q_{mm_{дсп}} \quad (1.28)$$

Таблица 1.9 – Расчетная мощность ДСП-10 кВ

| Определим расчетную мощность ДСП-10 кВ | | | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <u>S_{нДСП}, кВА</u> | <u>n</u> | <u>Kз</u> | <u>cos</u> | <u>P_{рДСП}, кВт</u> | <u>Q_{рДСП}, квар</u> | <u>P_{тдсп}, кВт</u> | <u>Q_{тдсп}, квар</u> |
| 2000 (3Т) | 2 | 0,8 | 0,87 | 2784 | 1559 | 80 | 400 |
| 5000 (12Т) | 2 | 0,75 | 0,85 | 6375 | 3888,7 | 200 | 100 |
| ИТОГО | 4 | | | 9159 | 5447,7 | 280 | 1400 |

1.8 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах напряжением выше 1 кВ

Составляется уравнение баланса реактивной мощности на шинах 10 кВ относительно $Q_{ВБК}$:

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Sigma Q_{тр} + Q_{р ДСП} + Q_{тр ДСП} + Q_{рез} - Q_{э} - Q_{НБК} - \Sigma Q_{рсд}, \quad (1.29)$$

где $Q_{э}$ - входная реактивная мощность задается энергосистемой как экономически оптимальная реактивная мощность, которая может быть передана предприятию в период наибольшей нагрузки энергосистемы, определяется по формуле:

$$Q_{э} = 0,25 \cdot P_p = 0,23 \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_{тр} + P_{тдсп} + \Delta P_{дсп} + P_{рсд}), \quad (1.30)$$

$$Q_{э} = 0,25 \cdot 828395,19159 + 280 + 27205134,2 \text{ квар};$$

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot Q_p = 0,1 \cdot (Q_{p0,4} + Q_{тдсп} + Q_{дсп} + Q_{тр}), \quad (1.31)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \cdot 5551556 + 5447,7 + 1401295,4 \text{ квар}.$$

Отсюда:

$$Q_{ВБК} = 5551 + 5447,7 + 556 + 1400 + 1295,45134,2 - 1659 - 900 = 6557 \text{ квар}.$$

Выбираем 2 батареи марки УКЛ-10,5-900 УЗ (на ДСП 3Т)
и 2 батареи марки УКЛ-10,5-2700 УЗ (на ДСП 12Т)

Таблица 1.10 – Уточненный расчет силовых нагрузок по заводу запчастей для тракторов

| №ТП | № цехов | N | Pн.min, кВт | Pн.max, кВт | □Pн, кВт | Ки | Pсм, кВт | Qсм, квар | nэ | Км | Pр, кВт | Qр, квар | Sp, кВА | Кз |
|---------------------|---------|-----|-------------|-------------|----------|------|----------|-----------|-----|------|---------|----------|---------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| ТП1 (2x1000) | 2 | 120 | 28 | 100 | 1400 | 0,3 | 420 | 428,4 | 28 | 1,24 | 520,8 | 428,4 | | |
| ТП2 (2x1000) | 4 | 50 | 4,8 | 40 | 1500 | 0,7 | 1050 | 525 | 75 | 1,06 | 1113 | 525 | | |
| | 6 | 40 | 4 | 200 | 600 | 0,45 | 270 | 237,6 | 6 | 1,66 | 448,2 | 261,3 | | |
| | 8 | 20 | 5 | 40 | 500 | 0,6 | 300 | 225 | 25 | 1,14 | 342 | 225 | | |
| Силовая | | 230 | 4 | 200 | 4000 | 0,51 | 2040 | 141,6 | 40 | 1,13 | 2305,2 | 141,6 | | |
| Осветительная | | | | | | | | | | | 149,6 | 84,7 | | |
| Осв.территории | | | | | | | | | | | 279,4 | 139,6 | | |
| QHБK | | | | | | | | | | | | -300 | | |
| Итого по ТП1,2 | | | | | | | | | | | 2734,2 | 66 | 2735 | 0,68 |
| ТП3(2x1000) | 1 | 55 | 1 | 40 | 1550 | 0,5 | 775 | 364,2 | 78 | 1,1 | 852,5 | 364,2 | | |
| ТП4(2x1000) | 3 | 50 | 5 | 40 | 1400 | 0,7 | 980 | 490 | 70 | 1,06 | 1038,8 | 490 | | |
| ТП5(2x1000) | 5 | 150 | 1 | 100 | 2800 | 0,3 | 840 | 856,8 | 56 | 1,19 | 999,6 | 856,8 | | |
| ТП6(2x1000) | 7 | 100 | 5 | 95 | 2600 | 0,5 | 1300 | 1508 | 55 | 1,11 | 1443 | 1508 | | |
| | 9 | 15 | 5 | 40 | 500 | 0,6 | 300 | 225 | 25 | 1,14 | 342 | 225 | | |
| | 10 | 12 | 4 | 100 | 600 | 0,7 | 420 | 315 | 12 | 1,15 | 483 | 315 | | |
| Силовая | | 382 | 1 | 100 | 9450 | 0,48 | 4615 | 3759 | 189 | 1,05 | 4845,7 | 3759 | | |
| Осветительная | | | | | | | | | | | 251,1 | 127,8 | | |
| QHБK | | | | | | | | | | | | -600 | | |
| Итого по ТП 3,4,5,6 | | | | | | | | | | | 5096,8 | 3286,8 | 6064,6 | 0,75 |
| Итого 0,4 кВ | | | | | | | | | | | 7831 | 3352,8 | | |
| ΣΔPт, ΣΔQт | | | | | | | | | | | 95,1 | 556 | | |
| Итого 0,4 кВ к 10кВ | | | | | | | | | | | 7926,1 | 3908,8 | | |

Продолжение таблицы 1.10

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|---|------|------|-------|--|--|--|--|--|-------|--------|---------|--|
| Литейный цех | 3,4 | 4 | 2300 | 5883 | 16366 | | | | | | 9159 | 5447 | | |
| Компрессорная | 9 | 4 | 800 | 800 | 3200 | | | | | | 2720 | -1659 | | |
| ΣΔPтдсп, | | | | | | | | | | | 280 | 1400 | | |
| ΣΔQтдсп | | | | | | | | | | | | | | |
| ВБК | | | | | | | | | | | | | -7200 | |
| Итого по заводу | | | | | | | | | | | 20085 | 1897,4 | 20174,4 | |

1.9 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

При решении проблем с промышленной оптимизацией энергопотребления необходимо сравнить ряд альтернатив. Многофакторный характер промышленного энергетического проекта определяет выполнение технико-экономических расчетов (ТЕЖ). Исходя из этого, определяют оптимальную схему преобразования, параметры электрической сети и их элементов. Значение этого положения связано с тем, что более трети валовых национальных инвестиций расходуется на добычу, переработку, транспортировку и хранение энергетических ресурсов, а также на производство, передачу, распределение и потребление всех видов энергии.

Технические и финансовые расчеты доступны для выбора:

1) Быть рациональным с точки зрения технико-экономических показателей, энергетического планирования бизнеса и всей компании.

2) Технически и экономически целесообразное количество трансформаторов на основных станциях и трансформаторов, тока и режимов работы.

3) Разумное системное напряжение для определения уровня инвестиций, потребления цветных металлов, потерь мощности и эксплуатационных расходов.

4) Электрооборудование, изоляторы и зарядные устройства.

5) Шины, шины и кабельные жилы в зависимости от многих технических и экономических факторов.

6) Если уместно, укажите мощность вашего собственного силового агрегата и генератора.

7) Способ и способ добавления распределительной сети с учетом удобства использования всего энергоменеджмента.

8) Экономически выгодные средства компенсации реактивной мощности и размещения компенсационных устройств.

Когда система FER промышленного масштаба должна соответствовать определенным условиям для сопоставимости:

1) Технически сравнивать только взаимозаменяемые варианты при оптимальных условиях эксплуатации с оптимальными параметрами, которые характеризуют каждый рассматриваемый вариант.

2) Экономия. Таким образом, расчет сравниваемых альтернатив связан с одинаковой доступностью одного и того же уровня цен и предполагаемого уровня технологического развития с учетом тех же экономических показателей, которые характеризуют каждый рассматриваемый вариант.

Для сравнения выполнимости вариантов мощности тракторного завода рассмотрим два варианта.

Эта электростанция была поставлена ТЭЦ. Он использует четыре турбогенератора с АВР 50 МВт и напряжением 10,5 кВ. Генератор работает параллельно с двумя секциями шин. ТЭЦ имеет два отдельных действующих трансформатора по 25 МВА и трансформаторную станцию с напряжением 10,5

/ 37 соответственно. Расстояние от отопительного оборудования до оборудования 4,5 км. Система работает в две смены.

Провести технико-экономическое обоснование следующих планов энергоснабжения:

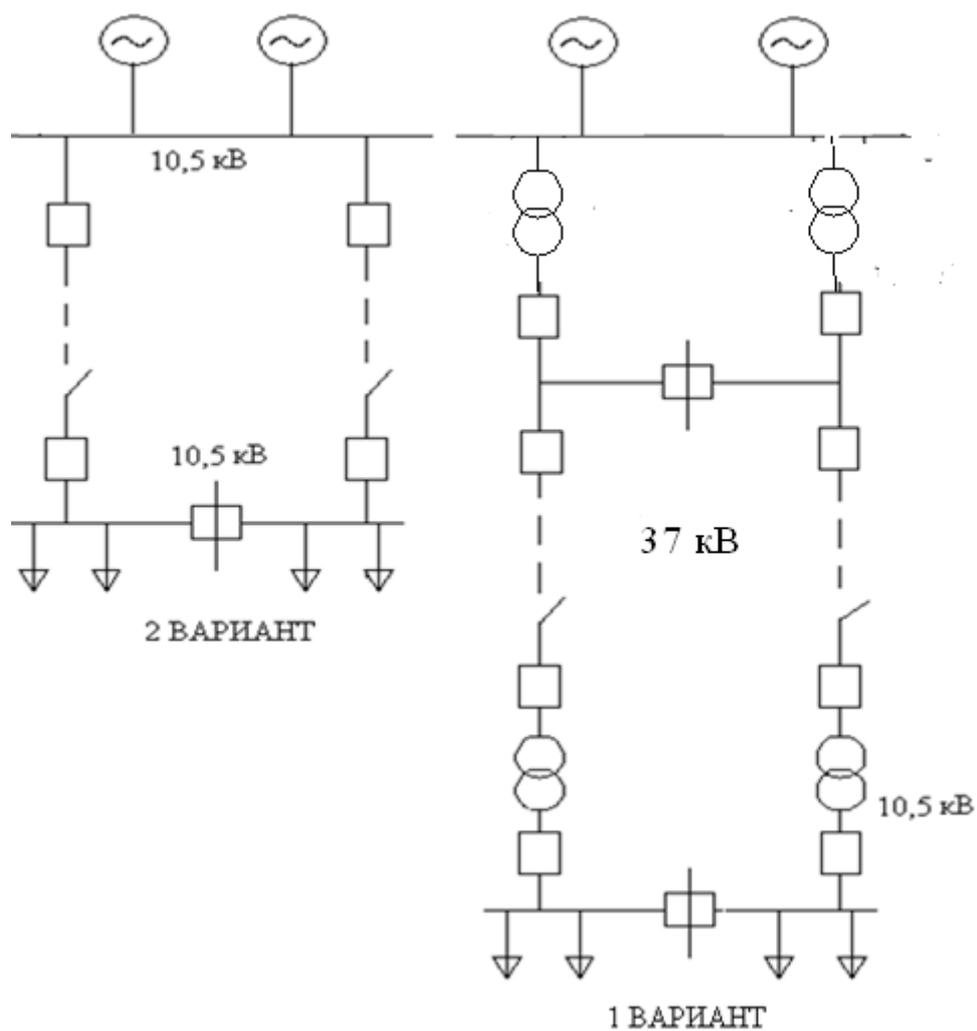


Рисунок 2 – Варианты внешнего электроснабжения

1.10 I вариант внешнего электроснабжения. ЛЭП 35 кВ

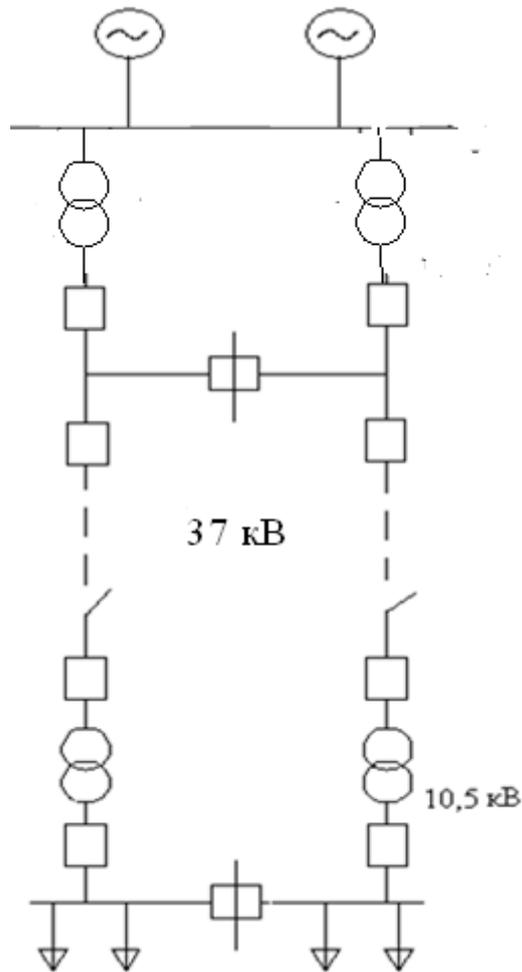


Рисунок 3 – I вариант схемы электроснабжения

Выбираем для ГПП два трансформатора мощностью по 16000 кВА типа ТД-16000/35 с паспортными данными:

$$S_H = 16000 \text{ кВА}; U_B = 37 \text{ кВ}; U_H = 10,5 \text{ кВ}; P_{XX} = 18 \text{ кВт};$$

$$P_{K3} = 90 \text{ кВт}; U_{K3} = 8\%; I_{XX} = 0,75\%.$$

Капитальные вложения в 1 трансформатор: $K_{\text{трГПП}} = 2790000 \text{ руб}$

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_9^2}, \quad (1.32)$$

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{20085^2 + 5134,2^2} = 20730,8.$$

$$K_3 = \frac{S_{p\Gamma\Pi\Pi}}{2 \cdot S_{H.\Gamma p}}, \quad (1.33)$$

$$K_3 = \frac{20730,8}{2 \cdot 16000} \approx 0,65.$$

Определим потери мощности трансформаторов ГПП:

$$P_{\text{трГПП}} = 2 \cdot (P_{XX} + P_{K3} \cdot K_3^2), \quad (1.34)$$

$$P_{\text{трГПП}} = 2 \cdot (18 + 90 \cdot 0,65^2) = 91,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{трГПП}} = 2 \cdot (Q_{XX} + Q_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot \left(\frac{I_{XX}}{100} S_{\hat{I}} + \frac{U_{\hat{E}\zeta}}{100} S_{\hat{I}} \cdot \hat{E} \frac{2}{\zeta} \right), \quad (1.35)$$

$$Q_{\text{трГПП}} = 2 \cdot \left(\frac{0,75}{100} \cdot 16000 + \frac{8}{100} \cdot 16000 \cdot 0,65^2 \right) = 660,8 \text{ квар}.$$

Определим годовые потери электроэнергии в трансформаторах ГПП:

$$W_{\text{трГПП}} = 2 \cdot (P_{XX} \cdot T_B + P_{K3} \cdot K_3^2), \quad (1.36)$$

$$W_{\text{трГПП}} = 2 \cdot (18 \cdot 4000 + 90 \cdot 4590,2 \cdot 0,65^2) = 493084,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}.$$

где $T_B = 4000$

$$\tau = (0,124 + 4000/10000) \cdot 8760 \text{ч} = 4590,2 \text{ч}.$$

Определим мощность проходящей по ЛЭП 37 кВ:

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{трГПП}})^2 + Q_3^2}, \quad (1.37)$$

$$S_{\text{ЛЭП}} = \sqrt{(20085 + 91,2)^2 + 5134,2^2} = 20819 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.38)$$

$$I_p = \frac{20819}{2\sqrt{3} \cdot 37} = 162,5 \text{ А}.$$

$$I_{ав} = 2I_p, \quad (1.39)$$

$$I_{ав} = 2 \cdot 162,5 = 325 \text{ А.}$$

Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I \cdot P}{j_{\text{э}}}, \quad (1.40)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{162,5}{1,1} = 147,7 \text{ мм}^2.$$

Принимаем АС-150 с $I_{\text{дон}} = 320 \text{ А}$.

Капитальные вложения в ЛЭП: $K_{\text{ЛЭП}} = 1200000 \text{ руб/км}$

Проверим по пропускной способности:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{раб}} \quad [320 \text{ А} > 162,5 \text{ А}];$$

$$I_{\text{дон. ав.}} \geq I_{ав} \quad [1,3 \cdot 320 \text{ А} > 325 \text{ А}].$$

Рассчитаем потери ЭЭ в ЛЭП:

$$R = l \cdot r_0 = 4,5 \cdot 0,17 = 0,76 \text{ Ом};$$

$$W_{\text{ЛЭП}} = 2 \cdot 3 I_p^2 R \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 3 \cdot 162,5^2 \cdot 0,76 \cdot 4590,2 \cdot 10^{-3} = 522717,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}.$$

Расчет токов к.з. ЛЭП 35 кВ

Рассчитаем токи КЗ в относительных единицах, составив схему замещения.

$$S_{\text{б}} = 1000 \text{ МВА}; U_{\text{б1}} = 37 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{б1}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б1}}}, \quad (1.41)$$

$$I_{\text{б1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15,6 \text{ кА}.$$

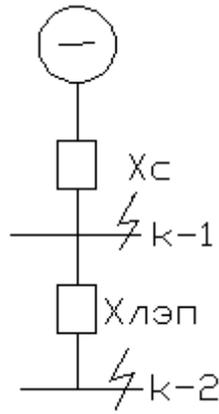


Рисунок 4 – Схема замещение ЛЭП 35 кВ

$$X_{mp.c} = \frac{U_{квн} \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{н.мп.с}}, \quad (1.42)$$

$$X_{mp.c} = \frac{8 \cdot 1000}{100 \cdot 25} = 3,2 \text{ о.е.};$$

$$X_{лэп 37} = l \cdot x_0 \frac{S_{\delta}}{U_{cp}^2}, \quad (1.43)$$

$$X_{лэп 37} = 4,5 \cdot 0,37 \cdot \frac{1000}{37^2} \approx 1,21 \text{ о.е.};$$

$$I_{к1} = \frac{I_{\delta 1}}{X_{мп.с}}, \quad (1.44)$$

$$I_{к1} = \frac{15,6}{3,2} = 4,8 \text{ кА};$$

$$I_{к2} = \frac{I_{\delta 1}}{X_{мп.с} + X_{лэп}}, \quad (1.45)$$

$$I_{к2} = \frac{15,6}{3,2 + 1,21} = 3,53 \text{ кА};$$

$$i_{y\delta 1} = \sqrt{2} \cdot I_{к1} \cdot k_{y\delta}, \quad (1.46)$$

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot 4,8 \cdot 1,8 = 12,2 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2} \cdot k_{y\partial}, \quad (1.47)$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot 3,53 \cdot 1,8 = 8,9 \text{ кА};$$

$$S_{\kappa 1} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{\kappa 1}, \quad (1.48)$$

$$S_{\kappa 1} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 4,8 = 307,6 \text{ МВА};$$

$$S_{\kappa 2} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{\kappa 2}, \quad (1.49)$$

$$S_{\kappa 2} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 3,53 = 226,2 \text{ МВА};$$

Определим коэффициент долевого участия завода тяжелого машиностроения в мощности трансформаторов системы:

$$\gamma_{\text{тр}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}}{2 \cdot S_{\text{н.тр.с}}}, \quad (1.50)$$

$$\gamma_{\text{тр}} = \frac{20730,8}{2 \cdot 25000} = 0,41.$$

Долевым участием в потерях пренебрегаем

Выбор оборудования на 35 кВ

Выключатели В1 и В2 выбираем по $I_{\text{ав.тр.с}}$.

$$I_{\text{ав.тр.с}} = 2 \cdot I, \quad (1.51)$$

$$I_{\text{ав.тр.с}} = 2 \cdot 390,6 = 781,2 \text{ А},$$

$$I = I_{\text{ав.тр.с}} / 2 \quad (1.52)$$

$$I = 390,6 \text{ А}.$$

Выбираем выключатель типа МКП – 35 – 1000 - 20У1.

Паспортные данные выключателя: $I_H = 1000 \text{ А}$, $I_{отк} = 20 \text{ кА}$, $I_{дин} = 52 \text{ кА}$.
Капитальные вложения в 1 выключатель 210000 тг

$$U_H \geq U_{н.с.} [35 \geq 35 \text{ кВ}];$$

$$I_H \geq I_{авар.} [1000 \geq 781,2 \text{ А}];$$

$$I_{дин.} \geq I_{уд.к1} [26 \geq 12,2 \text{ кА}];$$

$$I_{отк.} \geq I_{к1} [20 \geq 4,8 \text{ кА}].$$

Выбор секционного выключателя В3 и выключателей В4,В5,В6,В7:
Выбираем выключатель типа ВЭ-35-630-20У1

Таблица 1.11 – Проверка на пропускной способности

| Паспортные данные | Расчетные данные В3 | Расчетные данные В4, В5 | Расчетные данные В4, В5 |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| $U_{ном}=35\text{кВ}$ | $U_{ном}=35\text{кВ}$ | $U_{ном}=35\text{кВ}$ | $U_{ном}=35\text{кВ}$ |
| $I_{ном}=630 \text{ А}$ | $I_p=162,5 \text{ А}$ | $I_{ав.лэп}=325 \text{ А}$ | $I_{ав.лэп}=325 \text{ А}$ |
| $I_{скв}=26\text{кА}$ | $I_{у_{к-1}}=12,2\text{кА}$ | $I_{у_{к-1}}=12,2\text{кА}$ | $I_{у_{к-2}}=8,9\text{А}$ |
| $I_{терм.ст.}=20\text{кА}$ | $I_{к-1}=4,8\text{кА}$ | $I_{к-1}=4,8\text{кА}$ | $I_{к-2}=3,53\text{А}$ |

Разъединители Р1, Р2:

$$I_{р.лэп} = 162,5 \text{ А}; I_{авар.лэп} = 325 \text{ А}$$

Выбираем разъединители типа: РНД(З) - 35/1000У1

Паспортные данные разъединителя: $I_H = 1000 \text{ А}$, $I_{дин} = 63 \text{ кА}$, $I_{терм} = 25 \text{ кА}$.

Капитальные вложения в 1 разъединитель 13650 тг.

$$U_{н.раз.} \geq U_{н.с.} [35 \geq 35 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.сис.} \geq I_{авар.лэп} [1000 \geq 325 \text{ А}];$$

$$I_{тер.} \geq I_{к2} [63 \geq 8,9 \text{ кА}];$$

$$I_{дин.} \geq I_{уд.к2} [25 \geq 3,53 \text{ кА}].$$

1.11 II вариант внешнего электроснабжения. ЛЭП 10 кВ

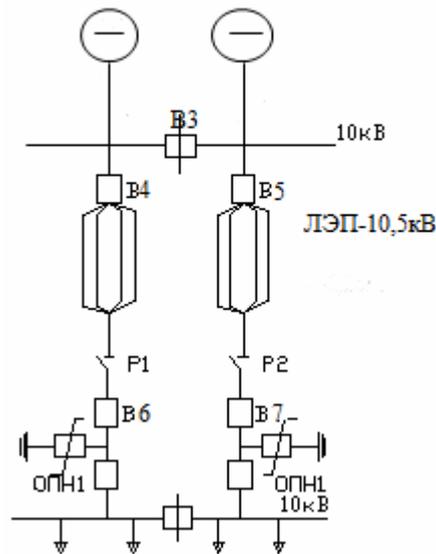


Рисунок 5 – II вариант схемы электроснабжения

Определим мощность проходящей по ЛЭП 10 кВ:

$$S_{ЛЭП} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.53)$$

$$S_{ЛЭП} = \sqrt{20085^2 + 5134^2} = 20730,8 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_{ЛЭП}}{2\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (1.54)$$

$$I_p = \frac{20730,8}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 570 \text{ А},$$

$$I_{ав} = 2I_p \quad (1.55)$$

$$I_{ав} = 2 \cdot 570 = 1140 \text{ А}.$$

Определим сечение по экономической плотности тока:

$$F_{э} = \frac{I_p}{j_{э}} \quad (1.56)$$

$$F_{э} = \frac{570}{1,1} = 518 \text{ мм}^2$$

Выбираем две цепи по 4хАС120, т.к. максимальное сечение для ЛЭП 6-

10кВ 120мм²

Принимаем АС-120 с $I_{дон} = 390$ А.

Проверим по пропускной способности:

$$I_{дон} \geq I_{раб} \quad [4 \cdot 390 \text{ А} > 570 \text{ А}];$$

$$I_{дон. ав.} \geq I_{ав} \quad [1,3 \cdot 4 \cdot 390 \text{ А} > 1140 \text{ А}].$$

Рассчитаем потери в ЛЭП:

$$R = l \cdot r_0 \quad (1.57)$$

$$R = 4,5 \cdot 0,27/4 = 0,27 \text{ Ом};$$

$$W_{ЛЭП} = 2 \cdot 3 I_P^2 R \cdot 10^{-3}$$

$$W_{ЛЭП} = 2 \cdot 3 \cdot 570^2 \cdot 0,27 \cdot 4590,2 \cdot 10^{-3} = 2415996 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}.$$

Расчет ударного токов к.з. ЛЭП 10 кВ

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot I_{к1} \cdot k_{y\partial}, \quad (1.58)$$

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot 31,4 \cdot 1,8 = 80 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot I_{к2} \cdot k_{y\partial}, \quad (1.59)$$

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot 11 \cdot 1,8 = 28 \text{ кА};$$

$$S_{к1} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{к1}, \quad (1.60)$$

$$S_{к1} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 31,4 = 571 \text{ МВА};$$

$$S_{к2} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{к2}, \quad (1.61)$$

$$S_{к2} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 11 = 200 \text{ МВА}.$$

Выбор оборудования на 10 кВ

Выключатели В4 и В5 выбираем по $I_{ав.ЛЭП}$.

$$I_{ав.лэп} = 2 \cdot 570 = 1140 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа ВЭ – 10 – 1600 - 31У1.
Паспортные данные выключателя: $I_n = 1600 \text{ А}$, $I_{отк} = 31,5 \text{ кА}$
Капитальные вложения в 1 выключатель 1545000 тг.

$$U_n \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_n \geq I_{авар.} [1600 \geq 1140 \text{ А}];$$

$$I_{дин.} \geq I_{уд.к1} [31,5 \geq 31,4 \text{ кА}].$$

Выбор секционного выключателя ВЗ:
Выбираем выключатель типа ВЭ – 10 – 630 – 31,5У1.
Паспортные данные выключателя: $I_n = 630 \text{ А}$, $I_{отк} = 31,5 \text{ кА}$
Капитальные вложения в 1 выключатель 1545000 тг.

$$U_n \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_n \geq I_{авар.} [630 \geq 570 \text{ А}];$$

$$I_{дин.} \geq I_{уд.к1} [31,5 \geq 31,4 \text{ кА}].$$

Разъединители Р1, Р2:
 $I_{р.лэп} = 570 \text{ А}$; $I_{авар.лэп} = 1140 \text{ А}$
Выбираем разъединители типа: РНД(З) - 10/2000 У1
Паспортные данные разъединителя: $I_n = 2000 \text{ А}$, $I_{дин} = 63 \text{ кА}$, $I_{терм} = 25 \text{ кА}$.
Капитальные вложения в 1 разъединитель 9750 тг.

$$U_{н.раз.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.сис.} \geq I_{авар.лэп} [2000 \geq 1140 \text{ А}];$$

$$I_{тер.} \geq I_{к2} [63 \geq 28 \text{ кА}];$$

$$I_{дин.} \geq I_{уд.к2} [25 \geq 11 \text{ кА}].$$

В экономическом разделе (8 пункт) мы произвели экономические сравнения вариантов электроснабжения завода. Наиболее оптимальным, экономически целесообразным оказался I вариант электроснабжения (35 кВ).

1.12 Выбор оборудования и расчет токов к.з. на стороне 10 кВ

Расчет токов короткого замыкания:

Токи КЗ в точках K_1 и K_2 рассчитаны выше:

$$X_{T.ЛПШ} = \frac{U_K \cdot S_{\bar{6}}}{100S_{H.T}}, \quad (1.62)$$

$$X_{T.ЛПШ} = \frac{8 \cdot 1000}{100 \cdot 16} = 5 \text{ о.е.};$$

$$I_{K3} = \frac{I_{\bar{6}}}{X_{тр.с} + X_{ЛЭП} + X_{т.зпп}}, \quad (1.63)$$

$$I_{K3} = \frac{55}{3,2 + 1,21 + 5} = 5,84 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} \cdot I_{K3} \cdot k_{y\partial}, \quad (1.64)$$

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} \cdot 5,84 \cdot 1,8 = 14,8 \text{ кА};$$

Ток подпитки от СД:

Выберем кабель до СД-10кВ:

Исходные данные: $P_{H.CД} = 800$ кВт; $\cos \varphi = 0,8$; $K_3 = 0,85$.

$$S_{H.CД} = \frac{P_{H.CД}}{\cos \varphi}, \quad (1.65)$$

$$S_{H.CД} = \frac{800}{0,8} = 1000 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_{H.CД} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (1.66)$$

$$I_p = \frac{1000 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10} = 49 \text{ А.}$$

а) по экономической плотности тока:

$$F_{\vartheta} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}} , \quad (1.67)$$

$$F_{\vartheta} = \frac{49}{1,4} = 35 \text{ мм}^2;$$

Принимаем кабель марки ААШВ-10-(3×70)+(1×35), $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$.
в) по нагреву рабочим током:

$$I_{\text{доп}} = 165 \text{ А} > I_p = 49 \text{ А}.$$

Для этого кабеля по справочным данным берем: $x_0 = 0,06 \text{ Ом /км}$.

$$x_{\text{кабСД-10}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср}}^2} , \quad (1.68)$$

$$x_{\text{кабСД-10}} = \frac{0,06 \cdot 114 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 10,5^2} = 0,06/2 = 0,03 \text{ о.е.}$$

$$x_{\text{СД-10}} = \frac{x_d'' \cdot S_{\text{б}}}{S_{\text{нСД}}} , \quad (1.69)$$

$$x_{\text{СД-10}} = \frac{0,2 \cdot 1000 \cdot 10^3}{1000} = 200/2 = 100 \text{ о.е.}$$

$$x_{\text{экв1}} = x_{\text{кабСД}} / 2 + x_{\text{СД}} / 2 , \quad (1.70)$$

$$x_{\text{экв1}} = 0,03 + 100 = 100,03 \text{ о.е.}$$

Ток КЗ от СД:

$$E_{\text{СД}} = E'' \cdot \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{б}}} , \quad (1.71)$$

$$E_{\text{СД}} = 1,1 \cdot \frac{10}{10,5} = 1,04.$$

$$I_{\Sigma \text{кз} \text{СД} -10} = \frac{E_{\text{СД}} \cdot I_{\text{б1}}}{x_{\text{экв1}}}, \quad (1.72)$$

$$I_{\Sigma \text{кз} \text{СД} -10} = \frac{1,04 \cdot 55}{100,03} = 0,57 \text{ кА}$$

Суммарный ток КЗ в точке К-3:

$$I_{\text{кз}\Sigma} = I_{\text{кз} \text{СД}} + I_{\text{кз}}, \quad (1.73)$$

$$I_{\text{кз}\Sigma} = 0,57 + 5,84 = 6,41 \text{ кА}$$

Суммарный ударный ток в точке К-3:

$$i_{\text{удк}\Sigma} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}\Sigma} \quad (1.74)$$

$$i_{\text{удк}\Sigma} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 6,41 = 16,3 \text{ кА}.$$

Мощность КЗ в точке К-3:

$$S_{\text{кз}\Sigma} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot I_{\text{кз}\Sigma} \quad (1.75)$$

$$S_{\text{кз}\Sigma} = 1,73 \cdot 10 \cdot 6,41 = 111 \text{ МВА}.$$

1.13 Выбор выключателей и выключателей нагрузки

Выбираем вводные и секционные выключатели на стороне 10 кВ.

$$S_{\text{р.зав}} = 20730,8 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{р.зав}} = \frac{S_{\text{р.зав}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \quad (1.76)$$

$$I_{\text{р.зав}} = \frac{20730,8}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 599 \text{ А}.$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot I_{\text{р.зав}} \quad (1.77)$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot 599 = 1198 \text{ А}.$$

Выбираем выключатель типа ВЭ-10-1600-31,5 УЗ.

Секционный выключатель:

$$I_{p.} = \frac{I_{ав}}{2}, \quad (1.78)$$

$$I_{p.} = \frac{1198}{2} = 599 \text{ А.}$$

Принимаем выключатель типа ВЭ-10-630-31,5 УЗ.

Таблица 1.12 – Проверка на пропускной способности выключателей

| | Вводные выключатели | | Секционный выключатель | |
|-----------------------|---------------------|------------|------------------------|------------|
| | Расчетные | Паспортные | Расчетные | Паспортные |
| $U_H, \text{ кВ}$ | 10 | 10 | 10 | 10 |
| $I_H, \text{ А}$ | 1198 | 1600 | 599 | 630 |
| $I_{отк}, \text{ кА}$ | 6,41 | 31,5 | 6,41 | 31,5 |

Выбор выключателей отходящих линий:

1. Магистраль ГПП-ТП1-ТП2

$$S_p = 3292 \text{ кВА.}$$

$$I_p = \frac{3292}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 95.$$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ – 10 – 630 – 31,5УЗ:

$$U_H \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_H \geq I_{ав} [630 \geq 190 \text{ А}];$$

$$I_{отк.} \geq I_{кз} [31,5 \geq 6,41 \text{ кА}].$$

Выключатели нагрузки выбираются по аварийному току:

$$I_p = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ А}$$

$$I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 57,8 = 115,6 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель нагрузки типа ВНР – 10/400-10зУЗУЗ

$$U_{н.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.} \geq I_{авар} [400 \geq 115,6 \text{ А}];$$

$$I_{отк. сп.} \geq I_{авар} [25 \geq 6,41 \text{ А}].$$

2. Магистраль ГПП-ТПЗ÷ТП6

$$S_p = 6583 \text{ кВА.}$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.79)$$

$$I_p = \frac{6583}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 190,2 \text{ Аю}$$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ – 10 – 630 – 20УЗ:

$$U_{н.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.} \geq I_{ав} [630 \geq 380,5 \text{ А}];$$

$$I_{отк.} \geq I_{кз} [20 \geq 6,41 \text{ кА}].$$

Выбираем выключатель нагрузки типа ВНР – 10/400-10зУЗ

$$U_{н.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.} \geq I_{авар} [400 \geq 380,5 \text{ А}];$$

$$I_{отк. сп.} \geq I_{авар} [21,5 \geq 6,41 \text{ А}].$$

3. Магистраль ГПП – СД_{10кВ}

4.

$$I_p = \frac{S_{нсд} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (1.80)$$

$$I_p = \frac{1000 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10} = 49 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ – 10 – 630 – 20УЗ:

$$U_{н.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.} \geq I_p [630 \geq 49 \text{ А}];$$

$$I_{отк.} \geq I_{кз} [20 \geq 6,41 \text{ кА}].$$

5. Магистраль ГПП-ДСП(3Т):

$$S_{pДСП} = \sqrt{(2784^2 + 80^2)} + \sqrt{(1559 + 400)^2} = 3470 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.81)$$

$$I_p = \frac{3022}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 100,2 \text{ А}.$$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ – 10 – 630 – 20У3:

$$U_{н.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.} \geq I_p [630 \geq 100,2 \text{ А}];$$

$$I_{отк.} \geq I_{кз} [20 \geq 6,41 \text{ кА}].$$

6. Магистраль ГПП-ДСП(12Т):

$$S_{pДСП} = \sqrt{(6375^2 + 200^2)} + \sqrt{(3888,7 + 1000)^2} = 8193,2 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.82)$$

$$I_p = \frac{8193,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 236,7 \text{ А}$$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ – 10 – 630 – 20У3:

$$U_{н.} \geq U_{н.с.} [10 \geq 10 \text{ кВ}];$$

$$I_{н.} \geq I_p [630 \geq 236,7 \text{ А}];$$

$$I_{отк.} \geq I_{кз} [20 \geq 6,41 \text{ кА}].$$

1.14 Выбор силовых кабелей отходящих линий

Выбор кабеля к магистрали ГПП-ТП1÷ТП2:

$$S_p = 3292 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.83)$$

$$I_p = \frac{3292}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 95 \text{ А}.$$

Аварийный ток равен: $I_{ав} = 2 \cdot 95 = 190 \text{ А}$;

а) по экономической плотности тока: $F_{э} = I_p / j_{эк} = 95 / 1,4 = 67,9 \text{ мм}^2$.

Принимаем кабель марки ААШВ-10-(3)+(1×35); $I_{доп} = 165 \text{ А}$;

б) проверим выбранный кабель по термической стойкости к $I_{кз}$, найдем минимальное сечение кабеля по $I_{кз}$:

$$F_{\min} = I_{кз} \cdot \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \cdot 6,41 \cdot \sqrt{0,6} = 59,5 \text{ мм}^2.$$

в) проверка по аварийному току: $I_{доп ав} = 1,3165 \cdot 190 = 250,1 \text{ А}$;

Выбранный кабель удовлетворяет всем условиям.

Выбор кабеля к магистрали ТП1-ТП2:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.84)$$

$$I_p = \frac{1646}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 47,5 \text{ А}.$$

$$F_{э} = \frac{I_p}{j_{эк}}, \quad (1.85)$$

$$F_{э} = \frac{47,5}{1,4} = 34 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×70+1×35) $I_{доп} = 165 \text{ А}$

$$I_{доп} = 165 \text{ А} > I_p = 47,5 \text{ А},$$

$$1,3 I_{\text{доп}} = 214,5 \text{ A} > I_{\text{ав}} = 95 \text{ A}.$$

Выбор кабеля к магистрали ГПП-ТПЗ÷ТП6:
= 6583 кВА

$$I_P = \frac{S_P}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\dot{\iota}}}, \quad (1.86)$$

$$I_P = \frac{6583}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 190,2 \text{ A}.$$

$$F_{\dot{y}} = \frac{I_{\delta}}{j_{\dot{y}\dot{e}}}, \quad (1.87)$$

$$F_{\dot{y}} = \frac{190,2}{1,4} = 136 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×185+1×95) $I_{\text{доп}} = 310 \text{ A}$

$$I_{\text{доп}} = 310 \text{ A} > I_P = 190,2 \text{ A},$$

$$1,3 I_{\text{доп}} = 403 \text{ A} > I_{\text{ав}} = 380,4 \text{ A}.$$

Выбор кабеля к магистрали ГПП-ТПЗ-ТП4:

$$I_P = \frac{S_P}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.88)$$

$$I_P = \frac{4937,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 142,6 \text{ A}.$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_P}{j_{\text{ЭК}}} \text{ мм}^2, \quad (1.89)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{142,6}{1,4} = 102 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×120+1×70) $I_{\text{доп}} = 240 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 240 \text{ А} > I_p = 142,6 \text{ А},$$

$$1,3 I_{\text{доп}} = 312 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 285,2 \text{ А}.$$

Выбор кабеля к магистрали ТП4-ТП5:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.90)$$

$$I_p = \frac{3291,5}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 95,1 \text{ А},$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (1.91)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{95,1}{1,4} = 68 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×70+1×35) $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 165 \text{ А} > I_p = 95,1 \text{ А},$$

$$1,3 I_{\text{доп}} = 214,5 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 190,2 \text{ А}.$$

Выбор кабеля к магистрали ТП5-ТП6:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.92)$$

$$I_p = \frac{1645,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 47,5 \text{ А},$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (1.93)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{47,5}{1,4} = 34 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×70+1×35) $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 165 \text{ А} > I_p = 47,5 \text{ А}.$$

Выбор кабеля к магистрали ГПП-ДСП 3т:

$$I_p = \frac{S_p}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.94)$$

$$I_p = \frac{3470}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 100,2 \text{ А},$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (1.95)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{100,2}{1,4} = 71,5 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×95+1×50) $I_{\text{доп}} = 205 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 205 \text{ А} > I_p = 100,2 \text{ А}.$$

Выбор кабеля к магистрали ГПП-ДСП 12т:

$$= , \quad (1.96)$$

$$= = 8193,2 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{N \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.97)$$

$$I_p = \frac{8193,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 236,7 \text{ А},$$

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (1.98)$$

$$F_{\text{э}} = \frac{236,7}{1,4} = 169 \text{ мм}^2.$$

Выбираем кабель марки ААШВ-10-(3×185+1×95) $I_{\text{доп}} = 510 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = 510 \text{ А} > I_p = 236,7 \text{ А}.$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.13 – Кабельный журнал.

Таблица 1.13 – Кабельный журнал

| Наименование Участка | S_p , кВА | Кол-во кабелей в трансее | Нагрузка | | По экономической плотности тока, мм ² | | Выбранный кабель | $I_{\text{доп}}$, А | F_{min} |
|------------------------|-------------|--------------------------|-----------|----------------------|--|----------------|----------------------|----------------------|------------------|
| | | | I_p , А | $I_{\text{доп}}$, А | j | $F_{\text{э}}$ | | | |
| ГПП-ТП1-ТП2 | 3292 | 2 | 95,1 | 190,2 | 1,4 | 68 | ААШВ-10-(3×70+1×35) | 165 | 59,5 |
| ТП1-ТП2 | 1646 | 2 | 47,5 | 92 | 1,4 | 34 | ААШВ-10-(3×70+1×35) | 165 | 59,5 |
| ГПП-ТП3÷ТП6 | 6583 | 2 | 190,2 | 380,4 | 1,4 | 136 | ААШВ-10-(3×185+1×95) | 310 | 59,5 |
| ТП3-ТП4 | 4937,2 | 2 | 142,6 | 285,2 | 1,4 | 102 | ААШВ-10-(3×120+1×70) | 240 | 59,5 |
| ТП4-ТП5 | 3291,5 | 2 | 95,1 | 190,2 | 1,4 | 68 | ААШВ-10-(3×70+1×35) | 165 | 59,5 |
| ТП5-ТП6 | 1645,7 | 2 | 47,5 | 95 | 1,4 | 34 | ААШВ-10-(3×70+1×35) | 165 | 59,5 |
| ГПП-ДСП(3т) | 3470 | 2 | 100,2 | - | 1,4 | 71,5 | ААШВ-10-(3×95+1×50) | 205 | 59,5 |
| ГПП-ДСП(12т) | 8193,2 | 2 | 236,7 | - | 1,4 | 169 | ААШВ-10-(3×185+1×95) | 510 | 59,5 |
| ГПП-СД _{10кВ} | 1000 | 2 | 49 | - | 1,4 | 35 | ААШВ-10-(3×70+1×35) | 165 | 59,5 |

1.15 Выбор изоляторов

Выберем изолятор для шины ГПП: И4-80 КУЛЗ $U_n=10\text{кВ}$, $F_{\text{разруш}}=4000\text{Н}$

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 4000 = 2400,$$

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-1} \cdot 14,8^2 \cdot 60}{100} = 22,7 \text{ Н},$$

$$2400 > 22,7 \text{ Н}$$

По приведенным расчетам составляем однолинейную схему

электроснабжения завода приведенную на рисунке 6.

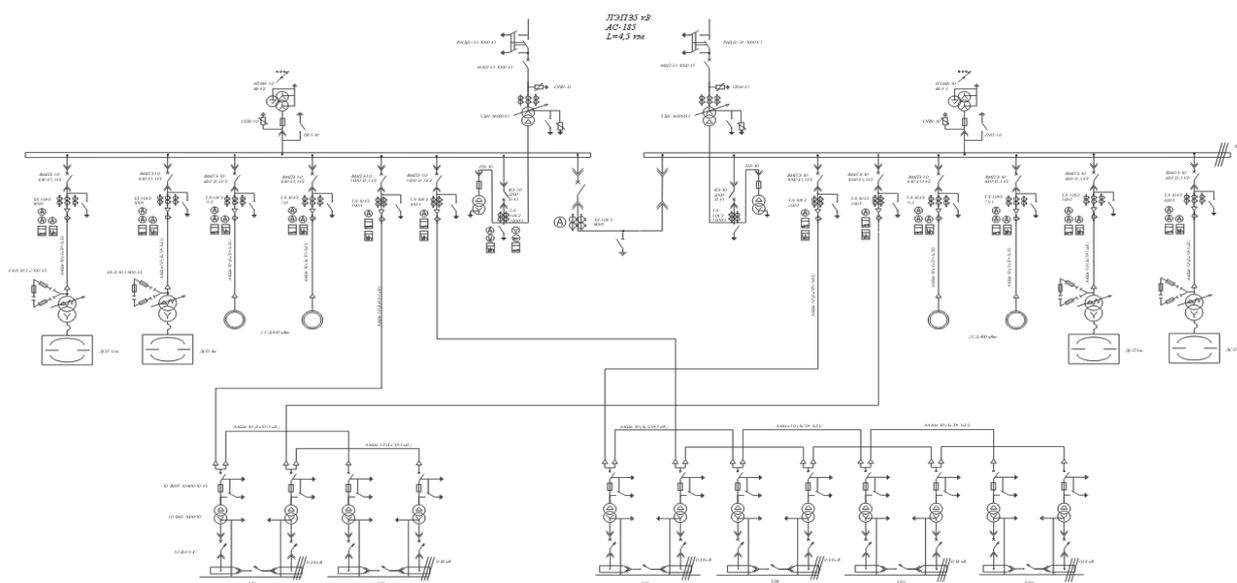


Рисунок 6 – Однолинейная схема электроснабжения завода

2 Обеспечение качества напряжения в системе электроснабжения предприятия

2.1 Основные показатели качества электроэнергии

Термин «качество электроэнергии» означает совместимость основных параметров системы электроснабжения с установленными стандартами для производства, передачи и распределения электрической энергии.

Количественные свойства настоящего качества представлены отклонениями напряжения и частоты, колебаниями напряжения и частоты, несинусоидальными коэффициентами в виде кривых напряжения и коэффициентов асимметрии напряжения основной частоты.

Отклонение частоты составляет в среднем более 10 минут с разницей между фактическим значением основной частоты и ее заданным значением. Отклонение частоты от установленного значения при нормальной работе допустимо в пределах $\pm 0,1$ Гц. Кратковременные отклонения могут достигать $\pm 0,2$ Гц.

Колебание частоты Разница между самым высоким и самым низким значениями основной частоты с достаточно быстрыми изменениями параметров положения, когда частота изменения частоты составляет 0,2 Гц или более в секунду. Изменение частоты не должно превышать 0,2 Гц, что находится за пределами допуска 0,1 Гц.

$$\delta f = f_{нб} - f_{нм} , \quad (2.1)$$

$$\delta f \% = \frac{f_{нб} - f_{нм}}{f_{ном}} 100\% . \quad (2.2)$$

Отклонение напряжения - разница между фактическим значением напряжения и номинальным значением сети. Происходит, когда рабочий режим относительно медленный и изменение напряжения составляет менее 1% в секунду.

$$\Delta U = U - U_n , \quad (2.3)$$

$$\Delta U \% = \frac{U - U_H}{U_H} 100\% . \quad (2.4)$$

При нормальных условиях эксплуатации отклонение напряжения допустимо в следующих пределах.

- 5-10 % О клеммах на двигателе и оборудовании для ввода в эксплуатацию и проверки.

-2,5 – 5 % - за подключение рабочего света.

Приблизительно 5% к клемме оставшегося приемника электрической

энергии.

В аварийной ситуации допустимо дополнительное падение напряжения на 5%.

Колебания напряжения рассчитываются с использованием следующих показателей:

1) величина изменения напряжения ΔU , то есть разность между самым высоким и самым низким среднеквадратичным значением напряжения, с относительно быстрым изменением параметра положения, если изменение напряжения составляет по меньшей мере 1% в секунду

$$\delta U \% = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_H} 100\% \quad (2.5)$$

1) Частотой изменений напряжения (1/с, 1/мин., 1/ч.)

$$F = m/T, \quad (2.6)$$

где m - количество изменений напряжения со скоростью изменения более 1% в секунду за время T .

3) Интервалом между следующими друг за другом изменений напряжения Δt_{kj}

Несинусоидальность напряжения сети характеризуется коэффициентом несинусоидальности (искажения) кривой напряжения, который определяется по формуле:

$$K_{nc} = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{\infty} U_v^2}}{U_1} 100\% \approx \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^{\infty} U_v^2}}{U_{ном}} 100\% , \quad (2.7)$$

где U_v - действующее значение напряжения v - й гармоники;

U_1 - действующее значение первой или основной гармоники.

Коэффициент несинусоидального напряжения не должен превышать 5% на клеммах конкретного приемника.

Симметрия напряжения - это неравенство между фазовым или линейным напряжением по амплитуде и углу сдвига между ними.

Нормализованный коэффициент асимметрии является обратным коэффициентом напряжения, который равен отношению обратного напряжения U_2 к линейному номинальному напряжению $U_{ном}$.

Эффективное значение коэффициента составляет 2%.

Если показатель качества превышает заявленные пределы, потребление энергии увеличивается, а потери в электрической системе снижаются, надежность электроприборов снижается, технология нарушается, производительность продукта ухудшается.

2.2 Отклонение напряжения

Каждый электрический приемник предназначен для работы при номинальном напряжении, и необходимо обеспечить нормальную работу, когда напряжение отклоняется от номинального напряжения на определенную величину. Изменение напряжения в этом диапазоне может изменить значения выходных параметров электрического приемника (температура системы отопления, яркость светильника, активный вал вала двигателя и т. Д.).

Основными причинами работы напряжения в системах напряжения предприятия являются изменения в состоянии приемников тока, изменения в режиме работы энергосистемы и большая индуктивность линии 6-10 кВ. Изменения напряжения на клеммах приемника вызывают изменения их технико-экономических показателей даже в установленных пределах.

Отклонение напряжения зависит от многих случайных и часто меняющихся факторов. Влияние отклонений напряжения зависит не только от размера, но и от продолжительности отклонения, а также от того, какая доля потребителя подвержена значительным отклонениям. Краткосрочные, но существенные, но колебания напряжения для отдельных потребителей не могут оправдать стоимость модернизации сети, которая может потребоваться для уменьшения или устранения этих несоответствий. Определенный анализатор статического напряжения используется для анализа положения напряжения в электрической сети.

Данные в таблице показывают изменения, которые показывают фактическую производительность двигателя. Если эти показатели отклоняются от номинального значения, это может повлиять на техническое оборудование, которое приводит в движение двигатель, и причинить экономический ущерб.

Исследования показали меньший ущерб от плохой напряженности.

Когда была установлена железная печь общей мощностью 280 кВт, был достигнут избыток в 65 000 кВтч / год со средним отклонением напряжения 3,86% от номинальной стоимости.

Отклонение напряжения на заводе на 2,87% для термической вулканизации обувного магазина приводит к дефектам, отклонение от 1 до 2% приводит к изменениям температуры нагрева и задержке производства, что приводит к повреждению свыше 5 млн. Тг. / Год

Электроплавильная печь ферросплавного завода мощностью 1000 кВА работает при номинальном напряжении с пропускной способностью 44 тонны кремния в сутки. Если снизить напряжение на 5–9%, грузоподъемность уменьшится до 38,8 тонны. Около 12%.

Понижение напряжения влияет на качество сварки. Цикл сварки увеличивается примерно на 20%, когда напряжение падает на 10%.

В сети, в которой установлены машины 2220 АТ-120-5, напряжение удерживается на 5% ниже номинального значения в течение одного часа и тем временем оставляет 131 м серой ткани.

1) Снижение напряжения в 6-7% электрической печи для отжига цветных металлов мощностью 3-225 кВт привело к избытку в 270 000 кВтч / год и расширению технического процесса.

2) Для ламп накаливания только на 1% выше номинального увеличит энергопотребление примерно на 1,5%, увеличит световой поток на 3,7% и сократит срок службы лампы на 14%. Увеличение напряжения на 3% сократит срок службы лампы на 30%, а напряжение на 5% сократит срок службы лампы в два раза. Увеличение срока службы люминесцентной лампы на 10% сократит срок ее службы на 20-30%.

3) Методы регулировки напряжения в электрической системе промышленного предприятия можно классифицировать следующим образом.

а) Правила использования шин на электростанциях и станциях технического обслуживания

На автобусной остановке путем изменения тока возбуждения генератора напряжение на пиковой нагрузке увеличивается, а напряжение на пиковой нагрузке уменьшается.

Регулировка напряжения шин с пониженным напряжением от 6 до 10 кВ может быть выполнена с помощью трансформаторов, конденсаторов, компенсаторов синхронизации и т. Д.

б) автономное регулирование

Выполнение индивидуальных настроек напряжения на всех линиях шины без шин является эффективным методом. В этом случае трансформатор с RNP, VDT и конденсатором может использоваться для продольной компенсации.

с) Общая регулировка напряжения включает в себя первый и второй методы управления.

д) Дополнительные ограничения по напряжению применяются, если невозможно обеспечить требуемое качество напряжения для некоторых потребителей энергии.

е) Контроль изменения цепи

В схемах питания принимаются меры для изменения размера и направления реактивной мощности и сопротивления отдельных секций, тем самым изменяя уровень напряжения в определенной точке сети.

Чтобы поддерживать уровни напряжения в допустимых пределах, можно использовать различные методы, которые можно разделить на две группы: те, которые не требуют установки специальных контроллеров и которые связаны с установкой таких устройств.

Первая группа событий:

-Рациональное построение электрической системы (с перенапряжением на линии электропередачи, с глубокими вводами, оптимальными трансформаторами нагрузки, использованием сетевых проводников и т. Д.).

Правильный выбор намоточных кранов для трансформаторов с невосприимчивыми намоточными механизмами (РВВ).

-Используйте переключки на напряжение до 1 кВ между зарядными трансформаторами.

- Уменьшите сопротивление внутренней системы питания, активировав параллельную работу трансформаторов GPP.

- Регулировка напряжения генератора от собственного источника питания
Использование возможности регулировки синхронного двигателя.

Вторая группа мер контроля напряжения включает в себя:

- Установка трансформатора с регулятором напряжения под нагрузкой (РНП) на главном трансформаторе

- Неиспользованный баланс единиц

- Выход специальных регуляторов напряжения

Контроль напряжения означает:

- Регулировка напряжения генератора

Изменить курс обмена

- Дополнительный трансформатор

- Линейный регулятор (трансформатор)

Индуктивный регулятор или потенциальный регулятор.

- Контактный автоматический регулятор напряжения

- синхронный двигатель

- Параллельно подключенная конденсаторная батарея

- Синхронный компенсатор

- компенсирующий преобразователь

- Статический источник реактивной мощности

- Сеть с минимальным сопротивлением

- Вертикальная коррекция

Реактор

Рассчитайте отклонение напряжения от коробки отбора мощности производителя трактора. Лето - это 80% зимы. Ежедневная минимальная нагрузка составляет 50% от максимальной.

Потери напряжения в ВЛ-37 кВ

АС – 185 $r_0=0,123$ Ом/км, $x_0=0,43$ Ом/км, длина до комбината $L=4,5$ км.

Активное сопротивление провода:

$$R = 0,123 \cdot 4,5 = 0,55 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление провода:

$$X = 0,43 \cdot 4,5 = 0,55 \text{ Ом}$$

Зима

Максимальная активная мощность, проходящая через одну ЛЭП:

$$P_{\text{макс}} = \frac{P_{\text{зав}} + \Delta P_{\text{т,ли}}}{2} \quad (2.8)$$

$$P_{\max} = \frac{20085 + 91,2}{2} = 10088,1 \text{ кВт},$$

где $P_{\text{зав}}$ – мощность завода, кВт;

- потери активной мощности в трансформаторе ГПП, кВт.

Минимальная активная мощность, проходящая через одну ЛЭП:

$$P_{\min} = \frac{10042 + 45,6}{2} = 5043,8 \text{ кВт},$$

где - минимальная суточная мощность, кВт;

$\Delta P_{\text{т.гпп.мин}}$ – минимальные потери активной мощности в трансформаторе ГПП, кВт.

Минимальная реактивная мощность, проходящая через одну ЛЭП:

$$Q_{\min} = \frac{2567,1}{2} = 1283,55 \text{ кВар}$$

Максимальные потери напряжения:

$$\Delta U_{\max} = \frac{10088,1 \cdot 0,55 + 2765,1 \cdot 1,93}{37} = 0,28 \text{ кВ},$$

$$\Delta U_{\% \max} = \frac{0,28}{37} \cdot 100\% = 0,81\%$$

Минимальные потери напряжения:

$$\Delta U_{\min} = \frac{5043,8 \cdot 0,55 + 1283,55 \cdot 1,93}{37} = 0,14 \text{ кВ},$$

$$\Delta U_{\% \min} = \frac{0,14}{37} \cdot 100\% = 0,37\%$$

Лето

$$P_{\max} = \frac{16068 + 80}{2} = 8074 \text{ кВт},$$

$$P_{\min} = \frac{8034 + 40}{2} = 4037 \text{ кВт},$$

$$Q_{\max} = \frac{4107,3}{2} = 2053,6 \text{ кВар},$$

$$Q_{\text{мин}} = \frac{2053,6}{2} = 1026,8 \text{ кВар},$$

$$\Delta U_{\text{макс}} = \frac{8074 \cdot 0,55 + 2053,6 \cdot 1,93}{37} = 0,22 \text{ кВ},$$

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = \frac{0,22}{37} \cdot 100\% = 0,59\%$$

$$\Delta U_{\text{мин}} = \frac{4037 \cdot 0,55 + 2053,6 \cdot 1,93}{37} = 0,16 \text{ кВ},$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = \frac{0,16}{37} \cdot 100\% = 0,43\%$$

4) Потери напряжения в трансформаторах ГПП
 Трансформатор ТДН – 16000/35, $\Delta P_{\text{кз}}=90$ кВт, $U_{\text{кз}}=8\%$.
 Коэффициенты загрузки трансформатора:
 Зимой – $\beta_{\text{макс}}=0,65$, $\beta_{\text{мин}}=0,32$
 Летом – $\beta_{\text{макс}}=0,52$, $\beta_{\text{мин}}=0,26$
 Потери напряжения:

(2.9)

где U_a , U_p – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ, %;
 $\cos \varphi$, $\sin \varphi$ – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора.

$$\Delta U_a = \frac{90}{16000} \cdot 100\% = 0,56\%$$

$$\Delta U_p = \sqrt{8^2 - 0,56^2} = 7,9\%$$

$$\cos \varphi = \frac{20085}{20730,8} = 0,97$$

Зима

$$\begin{aligned} \Delta U_{\% \text{ макс}} &= 0,65(0,56 \cdot 0,97 + 7,9 \cdot 0,24) + \frac{0,65}{200} (0,56 \cdot 0,24 + 7,9 \cdot 0,97)^2 = \\ &= 1,55\% \end{aligned}$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = 0,32(0,56 \cdot 0,97 + 7,9 \cdot 0,24) + \frac{0,32}{200}(0,56 \cdot 0,24 + 7,9 \cdot 0,97)^2 = 0,87\%$$

Лето

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = 0,52(0,56 \cdot 0,97 + 7,9 \cdot 0,24) + \frac{0,52}{200}(0,56 \cdot 0,24 + 7,9 \cdot 0,97)^2 = 1,22\%$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = 0,26(0,56 \cdot 0,97 + 7,9 \cdot 0,24) + \frac{0,26}{200}(0,56 \cdot 0,24 + 7,9 \cdot 0,97)^2 = 0,7\%$$

5) Потери напряжения в КЛ-10 кВ

Кабель – ААШВ-10-(3x70) , $r_0=0,326$ Ом/км, $x_0=0,083$ Ом/км, $l=430$ м

$$R = 0,326 \cdot 0,43 = 0,14 \text{ Ом},$$

$$X = 0,083 \cdot 0,43 = 0,035 \text{ Ом}.$$

Зима

$$P_{\text{ макс}} = \frac{2873 + 31,7}{2} = 1452,35 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{ мин}} = \frac{1436,5 + 15,8}{2} = 726,15 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ макс}} = \frac{1361,1}{2} = 682 \text{ кВар},$$

$$Q_{\text{ мин}} = \frac{682}{2} = 341 \text{ кВар},$$

$$\Delta U_{\text{ макс}} = \frac{1452,35 \cdot 0,14 + 682 \cdot 0,035}{9,85} = 0,023 \text{ кВ},$$

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = \frac{0,023}{9,85} \cdot 100\% = 0,23\%$$

$$\Delta U_{\text{ мин}} = \frac{726,1 \cdot 0,14 + 341 \cdot 0,035}{9,92} = 0,01 \text{ кВ},$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = \frac{0,01}{9,92} \cdot 100\% = 0,1\%$$

Лето

$$P_{\text{ макс}} = \frac{2298,4 + 25,3}{2} = 1168,1 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ мин}} = \frac{1149,2 + 12,65}{2} = 581 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ макс}} = \frac{1088,8}{2} = 544,4 \text{ кВар}$$

$$Q_{\text{ мин}} = \frac{544,4}{2} = 145 \text{ кВар}$$

$$\Delta U_{\text{ макс}} = \frac{1168,1 \cdot 0,14 + 544,4 \cdot 0,035}{9,88} = 0,018 \text{ кВ}$$

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = \frac{0,018}{9,88} \cdot 100\% = 0,18\%$$

$$\Delta U_{\text{ мин}} = \frac{581 \cdot 0,14 + 272,2 \cdot 0,035}{9,93} = 0,009 \text{ кВ}$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = \frac{0,009}{9,93} \cdot 100\% = 0,09\%$$

б) Потери напряжения в трансформаторах

Трансформатор ТМЗ-1000-10/0,4, $S_H=1000$ кВА, $\Delta P_{\text{ХХ}}=1,9$ кВт, $\Delta P_{\text{кЗ}}=10,8$ кВт, $I_{\text{ХХ}}=1,2\%$, $U_{\text{кЗ}}=5,5\%$

Коэффициенты загрузки трансформатора:

Зимой – $\beta_{\text{ макс}}=0,8$, $\beta_{\text{ мин}}=0,4$

Летом – $\beta_{\text{ макс}}=0,64$, $\beta_{\text{ мин}}=0,32$

Потери напряжения в цеховом трансформаторе:

$$\Delta U_a = \frac{10,8}{1000} \cdot 100\% = 1,08\%$$

$$\Delta U_p = \sqrt{5,5^2 - 1,08^2} = 5,3\%$$

$$\cos \varphi = \frac{2873}{3292} = 0,77$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,77^2} = 0,28$$

Зима

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = 0,8(1,08 \cdot 0,77 + 5,3 \cdot 0,28) = 1,7\%$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = 0,4(1,08 \cdot 0,77 + 5,3 \cdot 0,28) = 0,9\%$$

Лето

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = 0,64(1,08 \cdot 0,77 + 5,3 \cdot 0,28) = 1,4\%$$

$$\Delta U_{\% \text{ мин}} = 0,32(1,08 \cdot 0,77 + 5,3 \cdot 0,28) = 0,7\%$$

2) Потери напряжения в КЛ-0,4 кВ

$P_p=90$ кВт, $Q_p=50$ кВар

$$I_p = \frac{\sqrt{90^2 + 50^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 156,61 \text{ А}$$

Выбираем кабель ААШВ-0,4-(4х50), $I_{\text{доп}}=165$ А, $r_0=0,62$ Ом/км, $x_0=0,06$ Ом/км, $l=50$ м.

$$R = 0,22 \cdot 0,05 = 0,011 \text{ Ом}$$

$$X = 0,06 \cdot 0,05 = 0,003 \text{ Ом}$$

Зима

Мощность, проходящая через линию:

$P_{\text{макс}}=90$ кВт, $Q_{\text{макс}}=50$ кВар, $P_{\text{мин}}=45$ кВт, $Q_{\text{мин}}=25$ кВар

$$\Delta U_{\text{ макс}} = \frac{90 \cdot 0,011 + 50 \cdot 0,003}{0,37} = 3 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\% \text{ макс}} = \frac{3}{370} \cdot 100\% = 0,8\%$$

$$\Delta U_{\text{мин}} = \frac{45 \cdot 0,011 + 25 \cdot 0,003}{0,375} = 1,52 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\% \text{мин}} = \frac{1,52}{375} \cdot 100\% = 0,4\%$$

Лето

Мощность, проходящая через линию:

$P_{\text{макс}}=72$ кВт, $Q_{\text{макс}}=40$ кВар, $P_{\text{мин}}=36$ кВт, $Q_{\text{мин}}=20$ кВар

$$\Delta U_{\text{макс}} = \frac{72 \cdot 0,011 + 40 \cdot 0,003}{0,371} = 2,4 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\% \text{макс}} = \frac{2,4}{371} \cdot 100\% = 0,6\%$$

$$\Delta U_{\text{мин}} = \frac{36 \cdot 0,011 + 20 \cdot 0,003}{0,376} = 1,2 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\% \text{мин}} = \frac{1,2}{376} \cdot 100\% = 0,3\%$$

Таблица 2.1 – Отклонение напряжения в различных элементах сети

| Элементы сети | $\Delta U, \%$ | | | |
|--------------------|----------------|-------|-------|-------|
| | Зима | | лето | |
| | Макс | мин | макс | мин |
| <u>ВЛ 37 кВ</u> | -0,7 | -0,35 | -0,56 | -0,4 |
| <u>ГПП</u> | -1,5 | -0,8 | -1,2 | -0,7 |
| <u>КЛ (ГПП-ТП)</u> | -0,2 | -0,09 | -0,1 | -0,08 |
| <u>ТП</u> | -1,7 | -0,9 | -1,4 | -0,7 |
| <u>КЛ(ТП-ЩР)</u> | -0,8 | -0,4 | -0,6 | -0,3 |
| Итого | -4,9 | -2,54 | -3,86 | -2,18 |

По полученным результатам можем сделать вывод, что отклонение напряжения не выходит за пределы, установленные ГОСТом.

2.3 Несинусоидальные кривые напряжения и тока

На современных промышленных предприятиях существует множество нагрузок, в которых вольт-амперные характеристики являются нелинейными. К ним относятся тиристорные трансформаторы, оборудование для дуговой сварки и контактной сварки для плавки руд, газоразрядные лампы, дуговые стали и печи и так далее. Эти нагрузки потребляют ток от сетки, а кривая не является синусоидальной. Линеиное искажение кривой электропитания или несинусоидальное положение. Несинусоидальный режим влияет на работу силового оборудования, систем релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и связи. В результате экономические потери в основном обусловлены низкой энергоэффективностью, более низкой электробезопасностью и более низким сроком службы электроприборов.

Основными проблемами, составляющими содержание несинусоидальной задачи, являются:

Оценка электромагнитной совместимости источников гармоник и других нагрузок.

- Количественная оценка обертонов тока, генерируемых различными нелинейными нагрузками и ожиданиями мониторинга тока и напряжения в сети.

Уменьшение обертонов.

Гармоничные токи, протекающие через элементы сети, вызывают падение напряжения в сопротивлении этих элементов, которые в свою очередь перекрывают основное входное напряжение, что приводит к искажению свойств напряжения.

Обертоны в электрической системе компании нежелательны по нескольким причинам. Дополнительные потери в электрических машинах, трансформаторах и сетях. Трудно компенсировать реактивную мощность через конденсаторную батарею, что сокращает время изоляции электромеханических устройств. Нарушение автоматизации, дистанционного управления, работы со связью.

Когда асинхронный двигатель эксплуатируется с non-синусоидальным напряжением тока, фактор силы и осевой вращающий момент немножко уменьшены. Искажение кривой напряжения существенно влияет на начало и процесс ионизации в изоляции электрических машин и трансформаторов. В изолированных газовых включениях происходит ионизация, центром которой является образование космического заряда с последующей нейтрализацией. Нейтрализующий заряд связан с выделением энергии и воздействует на окружающие диэлектрические материалы: электрические, механические и химические. В результате происходит локальная деградация, что приводит к снижению потенциала, увеличению диэлектрических потерь и, в конечном счете,

уменьшению продолжительности жизни.

Наиболее яркий эффект обертонов сказывается на функционировании конденсаторной батареи. Конденсаторы, работающие на несинусоидальном напряжении, могут быстро выйти из строя из-за расширения или взрыва. Конденсатор выключается из-за перегрузки и гармонических токов, которые обычно возникают, когда сеть достигает одной из гармонических частот в резонансном положении.

Согласно ГОСТу, если конденсаторная батарея имеет гармоничный ток менее 30%, то конденсаторная батарея может работать длительное время. Однако в этих условиях, конденсаторы укорачиваются в течение длительного времени.

Если сеть не является синусоидальной, это ускорит старение изоляции электрических кабелей. Исследования гармоничных и синусоидальных линий с 6 до 8 кривыми напряжения. 5% показывает что течение утечки в втором случае, 36% на 2. 5 лет и 3. Через 5 лет после первых 43% больше. ,

Тока монитор напряжения может повлиять на электрические помехи. Индуцированные счетчики активной и реактивной мощности при несинусоидальных напряжениях и токах имеют значительные погрешности, достигающие 10%.

Наличие обертонов затруднительно, а в некоторых случаях делает невозможным использование схемы в качестве канала передачи информации. Гармоники влияют на производительность телеметрического устройства, и использование схемы в качестве канала связи между подмножеством контрольных точек может даже вызвать помехи.

Несинусоидальные напряжения влияют на работу клапана преобразователя и снижает качество тока.

Основные источники гармоник:

Нелинейность свойств напряжения дуги приводит к генерации гармоничных токов через печь. Форма кривой тока в печи во многом зависит от типа дуги в различные периоды плавки. В начале обратного потока ток в печи изменяется между положением холостого хода и коротким потоком, форма кривой тока значительно отличается от синусоидальной формы. С появлением жидкого металла плавка происходит по короткой дуге, а изменение тока относительно невелико. Форма кривой тока улучшается, приближая ее к синусовой волне. Гармоники, производимые дуговой печью, в три-четыре раза ниже, чем у того же преобразователя мощности. Это относится к времени плавления. По практическим соображениям, важно знать значение гармоник во время плавления.

Текущие обертоны рекомендуются для практических расчетов.

Текущие гармонические уровни 5,7,11 и 13 произведенные дуговой печью относительно низки. Их эквивалентное эффективное значение не превышает 10% от тока 1. Гармоничный ток дуговой печи также содержит необычные 2,3,4,6-в гармониках. Основной причиной генерации аномальных обертонов является непрерывное изменение условий горения дуги печи и выравнивание

короткого сопротивления сетки. Эквивалентное действующее значение гармонического тока тока из-за аномальных обертоны-1. Увеличивается в 82 раза.

На заводе запчастей для тракторов имеется 12 тонн двух ДСП и 3 тонны двух ДСП.

Рассчитайте несинусоидальный коэффициент ДСП 12т:

$$I_n = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 289 A ,$$

$$I_1 = \frac{289}{1^2} = 289 A ,$$

$$I_2 = \frac{289}{2^2} = 72,25 A ,$$

$$I_3 = \frac{289}{3^2} = 32,11 A ,$$

$$I_4 = \frac{289}{4^2} = 18 A ,$$

$$I_5 = \frac{289}{5^2} = 11,56 A ,$$

$$I_6 = \frac{289}{6^2} = 8 A ,$$

$$I_7 = \frac{289}{8^2} = 5,89 A ,$$

$$I_8 = \frac{289}{8^2} = 4,51 A ,$$

$$I_9 = \frac{289}{9^2} = 3,56 A ,$$

$$I_{10} = \frac{289}{10^2} = 2,89 A ,$$

$$I_{11} = \frac{289}{11^2} = 2,38 A ,$$

$$I_{12} = \frac{289}{12^2} = 2 A ,$$

$$I_{13} = \frac{289}{13^2} = 1,71 \text{ A},$$

$$K_{н.с.} = \frac{82,43}{289} = 0,28\%$$

Аналогично для ДСП 3 т. Результаты по рассчитанным данным приведены в таблице

$$I_n = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 115,6 \text{ A}$$

Таблица 2.2 – Расчетные данные

| Номер гармоники | Ток гармоники, А | Номер гармоники | Ток гармоники, А |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 2 | 28,9 | 8 | 1,8 |
| 3 | 12,84 | 9 | 1,42 |
| 4 | 7,22 | 10 | 1,15 |
| 5 | 4,62 | 11 | 0,95 |
| 6 | 3,21 | 12 | 0,8 |
| 7 | 2,35 | 13 | 0,68 |

$$K_{н.с.} = \frac{32,97}{115,6} = 0,28\%$$

По полученным результатам можем сделать вывод, что коэффициент несинусоидальности не выходит за пределы, установленные ГОСТом.

3 Экономическое сравнение вариантов электроснабжения завода

При экономическом расчете системы промышленного энергоснабжения необходимо учитывать определенные условия для сопоставимости альтернатив и, следовательно, одинаковых экономических условий на одном уровне цен и аккредитации на приемлемом уровне технического развития.

После сопоставимых сокращений для каждого варианта определяются сокращения инвестиций, эксплуатационных и общих затрат.

Если сравниваемые альтернативы имеют разные полномочия, следует также принимать во внимание математические прогнозы экономических потерь от доверия. Каждый рассматриваемый вариант должен соответствовать требованиям промышленной энергосистемы с использованием соответствующих директивных материалов, промышленных инструкций и OLC.

Финансовые расчеты используют не только подстанцию ИБП, но и интегрированные показатели стоимости (ИБП) элементов в системе электроснабжения (1 км от линии, трансформаторы, распределительные устройства и т. Д.). Поскольку у UPS нет предметов затрат, как правило, не разрешается определять фактическую стоимость строительства предмета. Исходя из этого, рекомендуется использовать ИБП как для сравнительного расчета, так и для расчета неэнергоемких компаний, где стоимость электрических компонентов ниже по сравнению с общей стоимостью строительства отрасли. Следует отметить, что при сравнении альтернатив данные для технических и финансовых расчетов должны поступать из одного или того же справочного источника.

Экономическая база для определения наиболее подходящей альтернативы - минимальная экономия средств.

Ежегодные эксплуатационные издержки состоят из стоимости потерь электроэнергии, амортизационных отчислений и эксплуатационных затрат:

Определим экономические показатели двух вариантов схемы внешнего электроснабжения, при питании напряжениями $U=35/10$ кВ

3.1 Вариант I. Расчет ЛЭП 35 кВ

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:

$$K_I = \sum K_{\text{трГПП}} + K_{\text{ЛЭП35}} + \sum K_B + \sum K_p \quad (3.1)$$

где: $K_{\text{трГПП}}$ – капитальные затраты на трансформаторов ГПП

$K_{\text{ЛЭП35}}$ - капитальные затраты на ЛЭП 35 кВ

K_B - капитальные затраты на выключатели

K_p – капитальные затраты на разъединители

$$\sum K_{\text{трГПП}} = N \cdot K_{\text{трГПП}} = 2 \cdot 2790000 = 5580000 \text{ тг,}$$

$$K_{ЛЭП35} = l \cdot K_{ЛЭП35} = 4,5 \cdot 1200000 = 5400000 \text{ тг,}$$

$$\sum K_{B4-B5} = N \cdot K_B = 2 \cdot 210000 = 420000 \text{ тг,}$$

$$\sum K_p = N \cdot K_p = 2 \cdot 13650 = 27300 \text{ тг,}$$

$$\sum K_{тр.с} = N \cdot K_{тр.с} = 2 \cdot 2340000 \cdot 0,41 = 1918808 \text{ тг,}$$

$$\sum K_{B1-B2} = N \cdot K_B = 2 \cdot 210000 \cdot 0,16 = 67200 \text{ тг,}$$

$$\sum K_{B3} = K_B = 210000 \cdot 0,08 = 16800 \text{ тг,}$$

$$\sum K_{B6-B7} = N \cdot K_B = 2 \cdot 210000 = 420000 \text{ тг,}$$

$$\sum K_I = 13850100 \text{ тг.}$$

Определим годовые издержки производства:

Амортизационные издержки:

$$I_{алэп} = E_{алэп} \cdot \sum K_{лэп} = 0,028 \cdot 5400000 = 151200 \text{ тг,}$$

$$I_{а.об} = E_{а.об} \cdot \sum K_{обор.} = 0,063 \cdot (K_{тр} + K_B + K_p) = 0,063(7498800 + 924000 + 27300) = 8450100 \text{ тг,}$$

$$I_{экс.обор} = E_{экс.обор} \cdot \sum K_{обор.} = 0,03 \cdot 8450100 = 253503 \text{ тг,}$$

$$I_{экс.ЛЭП} = E_{экс.ЛЭП} \cdot \sum K_{лэп} = 0,028 \cdot 5400000 = 151200 \text{ тг,}$$

$$I_{потерь\text{ЭЭ}} = C_0 (\sum W_{тр\text{ГПП}} + \sum W_{ЛЭП}) = 0,04 (493084,7 + 522717,4) = 6094800 \text{ тг кВтч/год.}$$

Суммарные издержки:

$$I = I_{лэп} + I_{а} + I_{э}, \quad (3.2)$$

$$\sum I_I = 151200 + 532350 + 151200 + 253503 + 6094800 = 7183050 \text{ тг.}$$

Определим суммарные затраты по I варианту:

$$Z_I = E \cdot \sum K_I + \sum I_I = 0,12 \cdot 13850100 + 7183050 = 8845050 \text{ т.}$$

3.2 Вариант II. Расчет ЛЭП 10 кВ

Определим капитальные затраты на выбранное оборудование:

$$\sum K_{II} = K_{ЛЭП10} + \sum K_B + \sum K_p, \quad (3.3)$$

$$K_{ЛЭП10} = l \cdot K_{ЛЭП10} = 4,5 \cdot 1320000 = 5940000 \text{ тг},$$

$$\sum K_{B3-B5} = N \cdot K_B = 5 \cdot 1545000 = 7725000 \text{ тг},$$

$$\sum K_p = N \cdot K_p = 2 \cdot 9720 = 19500 \text{ тг},$$

$$\sum K_{Г} = 13684500 \text{ тг}.$$

Определим годовые издержки производства:

Амортизационные издержки:

$$I_{aЛЭП} = E_{aЛЭП} \cdot \sum K_{ЛЭП} = 0,028 \cdot 5940000 = 166320 \text{ тг},$$

$$I_{a.об} = E_{a.об} \cdot \sum K_{обор.} = 0,063 \cdot (K_B + K_p) = 0,063(7725000 + 19500) = 487950 \text{ тг},$$

$$I_{экс.обор} = E_{экс.обор} \cdot \sum K_{обор.} = 0,03 \cdot 51630 = 7744500 \text{ тг},$$

$$I_{экс.ЛЭП} = E_{экс.ЛЭП} \cdot \sum K_{ЛЭП} = 0,028 \cdot 5940000 = 166320 \text{ тг},$$

$$I_{потерьЭЭ} = C_0 \sum W_{ЛЭП} = 0,04 \cdot 2415996 = 14496000 \text{ тг.кВтч/год}.$$

Суммарные издержки:

$$\sum I_{II} = 166320 + 487950 + 232350 + 166320 + 14496000 = 15549000 \text{ тг}.$$

Определим суммарные затраты по II варианту:

$$Z_{II} = E \cdot \sum K_{II} + \sum I_{II} = 0,12 \cdot 13684500 + 15549000 = 17191050 \text{ тг}.$$

Таблица 3.1 – Сравнение вариантов ЛЭП

| Вариант | U _н , кВ | ·K, тг | I, тг | З, тг |
|---------|---------------------|----------|----------|----------|
| I | 37 | 13850100 | 6857400 | 8519850 |
| II | 10,5 | 13684500 | 15549000 | 17191050 |

Из данной таблицы видно, что электроснабжение напряжением 35 кВ

является наиболее оптимальным и экономически целесообразным, по сравнению с напряжением 10 кВ.

4 Электробезопасность

4.1 Расчет заземления

Один из наиболее необходимых расчетов для завода является расчет заземления. Для расчета в тракторном заводе выбран механический цех. Необходимо рассчитать общее сопротивление контура выносного заземления ремонтного цеха, если в качестве заземлителей используется уголковая сталь с $d_{экс} = 7$ см и $l_3 = 300$ см, а удельное сопротивление грунта $\rho = 2 \cdot 10^4$ Ом·см.

Сопротивление одиночного заземлителя вертикального заглубленного в грунт:

$$\begin{aligned} R_3 &= \left[\frac{0,366 \cdot \rho}{l_3} \right] \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot l_3}{d}\right) + 5,0 \lg\left(\frac{4t + l_3}{4t - l_3}\right) \right] \\ &= \left[\frac{0,366 \cdot 2 \cdot 10^4}{300} \right] \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot 300}{7}\right) + 5,0 \lg\left(\frac{4 \cdot 220 + 300}{4 \cdot 200 - 300}\right) \right] \\ &= 51 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

где t - глубина заложения заземления в грунт ($t_1 = 70$ см) - расстояние от верхнего торца заземлителя до поверхности земли.

Необходимое количество заземлителей:

$$N = \frac{R_3 \cdot K_c}{R_{\text{д}} \cdot \eta_3} = \frac{51 \cdot 1,4}{4 \cdot 0,6} = 30,$$

где $K_c = 1,4$ - коэффициент сезонности для переходного периода года районов IV климатического пояса;

$\eta_3 = 0,6$ - коэффициент использования расположенных в один ряд заземлителей;

$R_{\text{д}} = 4$ Ом - допустимое сопротивление заземляющего устройства.

Длина соединительной полосы:

$$l_3 = 1,05 \cdot 2l_3 \cdot N = 1,05 \cdot 600 \cdot 300 = 18900 \text{ см},$$

и ее сопротивление:

$$\begin{aligned} R_{\text{л}} &= \left(\frac{0,366 \cdot \rho}{l_3} \right) \cdot \lg\left(\frac{2l_3^2}{b \cdot h}\right) = \left(\frac{0,366 \cdot 2 \cdot 10^4}{18900} \right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 18900^2}{4,8}\right) \\ &= 2,46 \text{ Ом} \end{aligned}$$

где $b = 0,6$ см и $h = 8$ см - толщина и ширина соединительной полосы соответственно.

Общее сопротивление заземляющего контура:

$$R_x = \frac{R_3 \cdot R_{II}}{R_3 \cdot \eta_{II} + N \cdot R_3 \cdot \eta_3} = \frac{51 \cdot 2,46}{51 \cdot 0,8 + 30 \cdot 2,46 \cdot 0,6} = 1,47 \text{ Ом.}$$

4.2 Расчет молниезащиты

Завод запасных частей для тракторов работает на когенерации в 4,5 км от завода. Электростанция от когенерации поступает на главную станцию и снижает напряжение для рационального использования внутреннего источника питания. Открытый выключатель оснащен специальными кабелями для максимального повреждения света. Для этой системы разработано устройство защиты от всплесков и заземления для главной редуцированной станции 35 кВ.

Для защиты источника питания от атмосферных перенапряжений, всплесков, защитных кабелей, отключений и расстояний.

Наиболее эффективный способ защиты проводников от прямых молний по всей длине - это использование кабелей. В то же время низкое сопротивление заземления опоры обеспечивает хорошее распространение тока всплески на землю и защиту линейной изоляции от различных перенапряжений. Опора линии 35 кВ должна быть заземлена.

Таким образом, все работы и оборудование классифицируются в соответствии с требованиями категории III.

Поскольку APS относится к категории I, молниезащита включает в себя:

а) от прямого удара молнии с помощью отдельных отводящих стержней и отводящих тросов, образующих требуемую защищенную зону.

б) Заземлите все металлические корпуса и зарядите их электростатическим зарядом.

в) От магнитного поля, возникающего как вторичный эффект всплески и индукции в цепи ЭМП - металлический мостовой элемент, который объединяет контуры одной системы.

Расчет молниезащиты (световод) учитывает необходимость получения определенной защитной зоны, которая представляет собой светозащитное помещение.

Расчетная защитная зона одностержневого затвора высотой 17 м представляет собой высотный конус с h_0 . Высота защищаемого объекта и горизонтальная часть защитной зоны вблизи земли представляют собой окружности с радиусами r_0 и r_x .

Радиус защитной зоны для каждой отдельной всплески и высота h_0 для самой маленькой зоны определяется по следующей формуле.

$$h_0 = 0,85 \cdot h, \quad (4.1)$$

$$h_x = 6,7, \quad (4.2)$$

$$r_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot \left(h - \frac{hx}{0,85}\right), \quad (4.3)$$

Для молниеотвода с $h=21,5$ м

$$h_o = 18,27 \text{ м}$$

$$h_x = 6,7 \text{ м}$$

$$r_o = 22,7 \text{ м}$$

$$r_x = 14,5 \text{ м}$$

Для молниеотвода с $h=19$ м

$$h_o = 16,15 \text{ м}$$

$$h_x = 6,7 \text{ м}$$

$$r_o = 20,17 \text{ м}$$

$$r_x = 11,8 \text{ м}$$

В графической части дипломного проекта представлена зона защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой

$$h_1 = 21,5 \text{ м и } h_2 = 19 \text{ м.}$$

Внешняя коробка передач 35 кВ

При расчете заземляющего устройства определяются тип, число, положение заземляющего устройства и площадь поперечного сечения заземляющего проводника. Так как почва, окружающая землю, не является однородной (присутствие песка, гравия и грунтовых вод оказывает существенное влияние на ее сопротивление), РУЕ определяет удельное сопротивление почвы путем прямых измерений в точке, где почва заземлена. Измеряя удельное сопротивление земли, получают самое важное значение, которое определяет сопротивление заземляющего устройства. Если данные измерений не существуют, для расчета используется рассчитанное сопротивление заземления (Ом · м).

Защитное заземление земли должно быть рассчитано на 35/10 кВ.

Размер привода 108 м. Нейтральная сеть 35 кВ заземлена, а сеть 10 кВ изолирована $(40 \cdot 32) = 144$ м.

Утверждено сопротивлением земли в точке сопротивления подстанции, ее значение составляет от 0,9 до 10 4 Ом · см. В качестве проводника естественного заземления можно использовать металлическую оболочку кабеля с сопротивлением $r_k = 1,8$ Ом и заземляющий кабель с сопротивлением $r_{tr} = 1,5$ Ом при 110 кВ.

Сопротивление интерфейса заземленной сети 110 кВ должно быть больше EIR 0,5 Ом.

Зная расчетное сопротивление земли, можно определить сопротивление одной земли с длиной l (м) и диаметром d (мм), определенной по формуле аппроксимации.

$$R_0 = (0,366 \cdot \frac{\rho}{L}) \cdot \lg\left(\frac{4L}{d}\right). \quad (4.4)$$

В расчетах можно пользоваться следующей формулой, которую мы и принимаем (при $l=12$ мм и $d=5$ м)

$$R_0 = 0,00227 \cdot \rho, \quad (4.5)$$

$$R_0 = 0,00227 \cdot 0,9 \cdot 104 = 20,4 \text{ Ом}.$$

Число вертикальных заземлителей определяется

$$n = \frac{R_0}{\eta \cdot R_3}, \quad (4.6)$$

где η – коэффициент экранирования

R_3 – сопротивления заземлителя, Ом.

Сопротивление искусственных заземлителей определяется по следующей формуле

$$R_0 = \frac{R_3 \cdot R_e}{R_e - R_3}, \quad (4.7)$$

Сопротивление естественных заземлителей (кабель и трос) равно:

$$R_e = \frac{r_{mp} \cdot r_k}{r_{mp}} = \frac{1,8 \cdot 1,5}{1,8 + 1,5} = 0,22 \text{ Ом}$$

$$R_u = \frac{0,82 \cdot 0,5}{0,82 - 0,5} = 1,82 \text{ Ом}$$

$$n = \frac{20,4}{1,28 \cdot 0,42} = 38 \text{ шт}$$

где $\eta = 0,42$ при размещении электродов по контуру

Расстояние между электродами

$$a = \frac{\Pi}{n} = \frac{108}{38} = 3 \text{ м}$$

Выбираем соединительные полосы между электродами принимаем стальные 30·4 мм. Чтобы создать надежный контакт со слоями грунта, не

подверженными промерзанию и высыханию, заземлители закладываются на глубину порядка 0,7 м (от поверхности земли до верхней части заземлителя).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе произведено проектирование электроснабжения завода для тракторных запчастей. Рассчитана осветительная и силовая нагрузка на 0,4 кВ. На основании этих расчетов выбрано 12 цеховых трансформаторов типа ТМЗ-1000/10 и проведена компенсация реактивной мощности на 0,4 кВ батареями конденсаторов типа УКЗ-0,38-75 УЗ. Рассчитана высоковольтная нагрузка, а также на основе баланса реактивной мощности на шинах 10 кВ выбраны батареи конденсаторов типа УКЛ-10,5-2700УЗ и УКЛ-10,5-900УЗ. Полная мощность завода составила $S_p = 20174,4$ кВА.

Рассмотрены два варианта схемы внешнего электроснабжения предприятия 35 кВ и 10 кВ. Наиболее рациональным и экономически целесообразным оказалось электроснабжение напряжением 35 кВ.

Рассчитана релейная защита трансформатора ГПП ТД-16000/35 дифференциальная, максимальная токовая и защита от перегрузок.

Произведен расчет трехфазных токов короткого замыкания на шинах ГПП, выбраны защитная и коммутационная аппаратура, силовые кабели, контрольно-измерительная аппаратура.

В специальной части проведен расчет качества напряжения и предложены меры для его улучшения.

В экономической части рассчитаны расходы на установку оборудования по улучшению качества напряжения, экономический эффект от внедрения и срок окупаемости.

В разделе «Безопасность и охрана труда» выявлены вредные факторы в процессе производства. Описаны мероприятия по защите от вредных воздействий. Проведен расчет заземления.

Спроектированная система электроснабжения завода запчастей для тракторов удовлетворяет ряду требований: высокая надежность и экономичность, безопасность и удобство в эксплуатации, обеспечено требуемое качество электроэнергии, соответствующие уровни напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методика расчета электрических нагрузок промышленных предприятий с применением ЭВМ. Методическое пособие.-Алматы.:АЭИ, 1988, - 276 с.
- 2 Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.:Энергоатомиздат, 1990, - 395 с.
- 3 Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991, - 454 с.
- 4 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред. А.А. Федорова. 1 и 2 том. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 5 Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1989, - 355 с.
- 6 Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1984, - 472 с.
- 7 Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989, - 407 с.
- 8 Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1986, - 316 с.
- 9 Основы технологии важнейших отраслей промышленности. Ч 1,2. /Под ред. И.В. Ченцова. – М.: Высшая школа, 1989. – 424 с.
- 10 Справочная книга для проектирования электрического освещения. /Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергоиздат, 1981, - 310 с.
- 11 Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, 1981, - 187 с.
- 12 Андреев В.А Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. – М.: Высшая школа, 1990, - 340 с.
- 13 Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. – М., «Металлургия», 1975, - 262 с.