

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ЭПП
Бакенов К.А. к.т.н., доцент
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
_____ « _____ » _____ 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Электроснабжение завода продольно -
- строгальных станков

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Самешев Ф.С ЭЭН 10-02
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Казанина ИВ к.т.н. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части: Вашева ЛШ к.э.н. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
ЛШВ « 03 » июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: Санатова ТТ С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
ТТ « 3 » 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники: Казанина ИВ к.т.н. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
ИВ « 17 » 06 2014 г.
(подпись)

_____ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Живаева О.Т.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ г.
(подпись)

Рецензент: _____ г.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический

Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Вамешев Бобат Сакенович

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение завода продольно-
- строгальных станков

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы «__» __ 20__ г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы многофазной мощности, на которой установлен два трехфазных трансформатора мощностью по 63 МВА. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от энергосистемы до завода 16 км. Завод работает в 2 смены. Введение об электрических нагрузках по цехам завода приведено в таблице 2.1

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Целью работы данного дипломного проекта является электроснабжение завода продольно-строгальных станков.

Данное промышленное предприятие занимается заготовкой производством обрабатывающих станков.

Завод работает в 2 смены и имеет категории II и III по надежности электроснабжения в зависимости от осуществляемых производственных и административных функций, что необходимо учитывать при проектировании СЭС любого предприятия.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Схема продольно - строгального станка
Теплан завода,
Однолинейная схема
Разрез ГПП
схема заземления ГПП

Рекомендуемая основная литература

Кирева Э.А. Справочные материалы по электро-
оборудованию (цеховые электрические сети) 2004.
Врешкин А.И., Квашин И.М., Юнкер Ю.М.
Формирование выбросов, заряжающих веществ в
атмосферу. 2008.
Энергетика и топливные ресурсы Казахстана.
Отраслевой кварталный журнал. 2005 год.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись

Андатпа

Дипломдық жоба «продольно-строгальный станоктың» зауытының "электроснабжение тақырыпқа деген орында-. Ара жоба суретте-технологиялық үдеріс өндіріс, есеп айыр- электр жүк, есеп осветительной жүк, талғам цехтық трансформатор, есеп электр жүк бас құрсым 10,5кВ, талғам жабдық және есеп қырман қысқа тұйықталу, таңдалған нұсқа электроснабжения зауыт. Тіршілік әрекетімнің қауіпсіздігінің тарауында еңбектің шартының іс-шараның жаса- зарын ша ауаны жанартудың жақсартуының және ГПП топты заземлителя нобайының зерттемесіне айқында- анализы жаса-. Жобаның экономикалық бөлігінде пайда электроэнергия сатуынан просчитана, таза келтір- құн, ал да өтімділіктің мерзімі және дисконттаудың мерзімінің тағайынды

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему «Электроснабжение завода продольно-строгальных станков». В проекте описан технологический процесс производства, произведен расчет электрических нагрузок, расчет осветительной нагрузки, выбор цеховых трансформаторов, расчет электрических нагрузок на шинах 10,5кВ, выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания, выбран вариант электроснабжения завода. В разделе безопасности жизнедеятельности произведен анализ условий труда, который выявил необходимость проведения мероприятий по улучшению вентиляции и разработке схемы группового заземлителя ГПП. В экономической части проекта просчитана прибыль от продажи электроэнергии, определена чистая приведенная стоимость, а также срок окупаемости и срок дисконтирования.

Annotation

This project was carried out on "Power Plant Planing machines." The project described manufacturing process, a calculation of electrical loads, lighting load calculation, selection of craft transformers, calculation of electrical loads on the tires 10.5 kV, equipment selection and calculation of short-circuit currents, selected electricity plant. In the Life Safety analyzed working conditions, which revealed the need for measures to improve ventilation and circuit design group earthing main step-down substation. In the economic part of the project has been calculated profits from the sale of electricity, the net present value is determined, and the payback period and discounting.

Содержание

	Введение	6
1	Технологический процесс производства щебня	7
2	Проектирование системы электроснабжения щебеночного завода	13
2.1	Исходные данные на проектирование	13
2.2	Расчет электрических нагрузок	17
3	Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	25
3.1	Выбор трансформатора ГПП	25
3.2	Выбор ЛЭП	27
3.3	Расчет потерь электроэнергии	32
4	Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U > 1 \text{ кВ}$	41
4.1	Расчет токов короткого замыкания с учетом подпитки от СД	41
4.2	Выбор оборудования	43
4.3	Выбор трансформаторов тока	46
4.4	Выбор трансформаторов напряжения	49
4.5	Выбор выключателей нагрузки	50
4.6	Выбор силовых кабелей отходящих линий	50
4.7	Выбор шин ГПП	51
4.8	Выбор изоляторов	51
5	Безопасность жизнедеятельности	54
5.1	Анализ условий труда	54
5.2	Расчет вентиляции	55
5.3	Заземление ГПП	66
6	Экономическая часть проекта	72
6.1	Цели разработки проекта	72
6.2	Анализ рынка сбыта	72
6.3	Тарифы на электроэнергию	72
6.4	План производства	73
6.5	Организационный план	73
6.6	Юридический план	73
6.7	Экологическая информация	74
6.8	Расчет технико-экономических показателей подстанции	74
6.9	Определение ежегодных издержек производства	76
6.10	Себестоимость	77
	Заключение	79
	Список сокращений	80
	Список литературы	81

Введение

Целью работы данного дипломного проекта является электроснабжение завода продольно-строгальных станков. Данное промышленное предприятие занимается производством обрабатывающих станков.

Завод работает в 2 смены и имеет категории II и III по надежности электроснабжения в зависимости от осуществляемых производственных и административных функций, что необходимо учитывать при проектировании СЭС любого предприятия.

Рационально спроектированная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять ряду требований: высокой надежности и экономичности, безопасности и удобства в эксплуатации, обеспечение требуемого качества электроэнергии соответствующих уровней напряжения, стабильность частоты и т.д. Должны также предусматриваться кратчайшие сроки выполнения строительно-монтажных работ и необходимая гибкость системы, обеспечивающая возможность расширения при развитии предприятия без существенного усложнения и удорожания первоначального варианта. Таким образом, многообразие факторов, которые необходимо учитывать при проектировании электроснабжения предприятия, повышает требования к квалификации инженеров электриков. Вопросы рационального электроснабжения не должны решаться в отрыве от общей энергетики данного района. Решения должны приниматься с учетом перспективного плана электрификации района.

Для определения оптимального варианта схемы внешнего электроснабжения, параметров электросети и ее элементов, необходимо проведение технико-экономических расчетов. При этом необходимо произвести всесторонний анализ технических и экономических показателей. Только сопоставление и анализ всех технико-экономических показателей, характеризующих возможные варианты, позволяет провести выбор наилучшего решения. Следующим этапом расчетов является окончательное определение схемы электроснабжения и ее параметров, выбор необходимого электрооборудования, проводов и кабелей.

Большое внимание следует также уделять вопросам охраны труда и оценки экономической эффективности принимаемых решений.

1 Технологический процесс на заводе продольно-строгальных станков

Совершенство конструкции машины характеризуется её соответствием современному уровню техники, экономичностью и удобствами в эксплуатации, при этом стоит учитывать возможности использования наиболее экономичных и производительных технологических методов ее изготовления применительно к заданному объему выпуска и условиям производства.

Конструкцию станка, в которой эти возможности полностью учтены, называют технологичной. Оценку технологичности конструкции данной машины, по сравнению с другой (лучшего отечественного или зарубежного образца) производятся, сопоставляя их трудоемкость, себестоимость и материалоемкость. Дополнительную оценку производят по степени унификации марок материалов, унификации и нормализации элементов изделия, рациональности разделения его на конструктивные и технологические элементы, достигнутому уровню взаимозаменяемости элементов изделия, массе машины, конструктивной преемственности оригинальных деталей и составных частей изделия, шероховатости поверхностей деталей изделия, возможности сокращения сроков подготовки и освоения производства изделия, а также возможности автоматизации его изготовления. Выбор показателей технологичности производится с учетом требований ГОСТ 14.201-73 (обеспечение технологичности конструкции изделия).

Технологичность конструкции одной и той же машины будет разной для различных типов производства. Изделие, достаточно технологичное в единичном производстве, может быть мало технологичным в поточно-массовом и совершенно нетехнологичным в поточно-автоматизированном производстве. Технологичность конструкции одного и того же изделия будет разной для заводов с различными производственными возможностями. Если в единичном производстве используют станки с программным управлением или другое переналаживаемое автоматическое оборудование, то характеристика технологичности конструкции выпускаемых изделий для этих условий может измениться по сравнению с условиями единичного производства, оснащенного универсальным оборудованием. Развитие производственной техники изменяет уровень технологичности конструкции. Ранее нетехнологичные конструкции могут стать вполне технологичными при новых методах обработки.

Технологичность конструкции нельзя рассматривать изолированно без взаимной связи и учета условий выполнения заготовительных процессов, процессов обработки, сборки и контроля. Отработанная на технологичность конструкция заготовки не должна усложнять последующую механическую обработку. В то же время отработку на технологичность конструкции

заготовки следует производить с учетом выполнения заготовительных процессов и сборки, стремясь получить наименьшую трудоемкость и наименьшую себестоимость изготовления машины в целом.

Улучшением технологичности конструкции можно увеличить выпуск продукции при тех же средствах производства. Трудоемкость машин нередко удается сократить на 15 - 25% и более, а себестоимость их изготовления на 5 - 10%. По отдельным деталям эти показатели можно повысить еще больше. Недооценка технологичности конструкции часто приводит к необходимости корректировки рабочих чертежей после их составления, удлинению сроков подготовки и дополнительным издержкам производства.

Понятие технологичности конструкции машин распространяйте только на область производства, но и на область их эксплуатации. Конструкция машин должна быть удобной для обслуживания и ремонта. Последнее важно, поскольку затраты на все виды ремонта часто превышают себестоимость изготовления новых изделий. Повышение ремонтпригодности изделия обеспечивается легкостью и удобством его разборки и сборки, осуществлением принципа узловой смены и узлового ремонта элементов изделия, введением в конструкцию сменных изнашиваемых деталей, а также возможностью восстановления наиболее сложных деталей.

При конструировании машин необходимо предусматривать использование технологических методов, повышающих их надежность. Конструкцию изделия лучше отрабатывать на технологичность в процессе создания самой конструкции. При этом достигается деловой контакт и творческое содружество конструкторов и технологов.

Общие требования к деталям машин. Возможность применения прогрессивных технологических методов определяется конструкцией деталей машин. При конструктивном оформлении деталей нужно учитывать ряд технологических требований. Соблюдение этих требований уменьшает производственные трудности, сокращает цикл производства, повышает производительность труда и снижает себестоимость деталей машин. Эти требования диктуются как технологией производства заготовок, так и технологией их последующей обработки. Особое значение приобретают вопросы технологичности конструкции при обработке деталей на станках с программным управлением, агрегатных станках, автоматах, и полуавтоматах, а также автоматических линиях.

Конструирование является творческим процессом, поэтому дать общие для всех случаев правила конструирования деталей машин не представляется возможным. Общую задачу можно сформулировать следующим образом. Конфигурация детали должна быть простой, обуславливающей возможность применения высокопроизводительных технологических методов, и предусматривать удобную, надежную базу для установки заготовки в процессе обработки. В тех случаях, когда такая база не обеспечивается, должны быть предусмотрены специальные элементы

(приливы, бобышки, отверстия) для базирования и закрепления заготовки. При необходимости эти элементы могут быть удалены после обработки. Заданная точность и шероховатость поверхностей детали должны быть строго обоснованы ее служебным назначением. Необоснованно завышенные требования к точности и шероховатости вынуждают вводить дополнительные операции, удлиняют цикл обработки, увеличивают трудоемкость обработки и повышают себестоимость детали.

Стандартизация и унификация деталей и их элементов способствуют уменьшению трудоемкости процессов производства и снижению себестоимости деталей в связи с увеличением серийного выпуска и унификацией станочных наладок.

Требования к механической обработке.

Требования к обработке можно сформулировать следующим образом.

1. Сокращать объем механической обработки, уменьшая протяженность обрабатываемых поверхностей, предусматривать допуски только на размеры поверхностей сопряжения.

. Повышать точность выполнения заготовок, так как объем обработки резанием при этом может быть значительно сокращен. При выборе материала детали назначать материал, обладающий лучшей обрабатываемостью, учитывая, что скорость резания в этом случае может быть повышена.

3. Предусматривать возможность удобного и надежного закрепления заготовки на станке. Повышать жесткость заготовки, что уменьшает ее деформации от сил резания и закрепления, позволяет увеличивать режимы резания и одновременно использовать несколько режущих инструментов путем совмещения переходов обработки.

. Предусматривать возможность удобного подвода высокопроизводительного режущего инструмента к обрабатываемой поверхности. Сокращать путь врезания инструментов и уменьшать вспомогательное время, предусматривая конструкции, допускающие возможность одновременной установки нескольких заготовок для обработки. Для обработки на проход предусматривать выход режущего инструмента.

. Обеспечивать удобные и надежные базирующие поверхности для установки заготовок в процессе их обработки; соответствующей простановкой размеров предусматривать совмещение технологических и измерительных баз, а также соблюдение принципа постоянства баз.

Выбор измерительных баз и простановка размеров должны обеспечивать наибольшие удобства, надежность и производительность контроля, возможность применения простых по конструкции контрольно-измерительных инструментов и приспособлений, а также проверки нескольких размеров заготовки при одной ее установке. При простановке размеров следует учитывать особенности промежуточного и окончательного контроля, осуществляемого как на контрольных постах, так и непосредственно на станке.

Простановка размеров должна быть увязана с последовательностью выполнения и содержанием операций обработки. Нельзя координировать несколько необработанных поверхностей относительно обрабатываемой. Необработанные поверхности нужно координировать между собой и задавать только один размер от необработанной поверхности до обрабатываемой. Не рекомендуется проставлять размеры от линии построения, осей, острых кромок и поверхностей, от которых измерение деталь затруднено. Недопустима простановка размеров, проверка которых связана с выполнением подсчетов и косвенных методов контроля.

Продольно-строгальные станки, в основном применяемые в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также в ремонтных цехах, предназначены для обработки плоских поверхностей на заготовках, которые либо невозможно, либо неудобно обрабатывать на фрезерных станках.

Подлежащую обработке заготовку закрепляют на столе станка, совершающего возвратно-поступательное движение. Стружка снимается неподвижным резцом (или резцами) только при рабочем ходе стола — ход вперед. Подача резца происходит на каждый двойной ход стола.

На рисунке 1 представлена схема продольно-строгального станка. Основными узлами продольно-строгального станка являются: станина 1, стол 2, траверса (поперечина) 3, вертикальные суппорты 4, портал 5, коробка подач 7 вертикальных и бокового суппортов, боковая стойка 6. В зависимости от устройства траверсы различают двустоечные станки, у которых траверса поддерживается двумя стойками, и одностоечные.

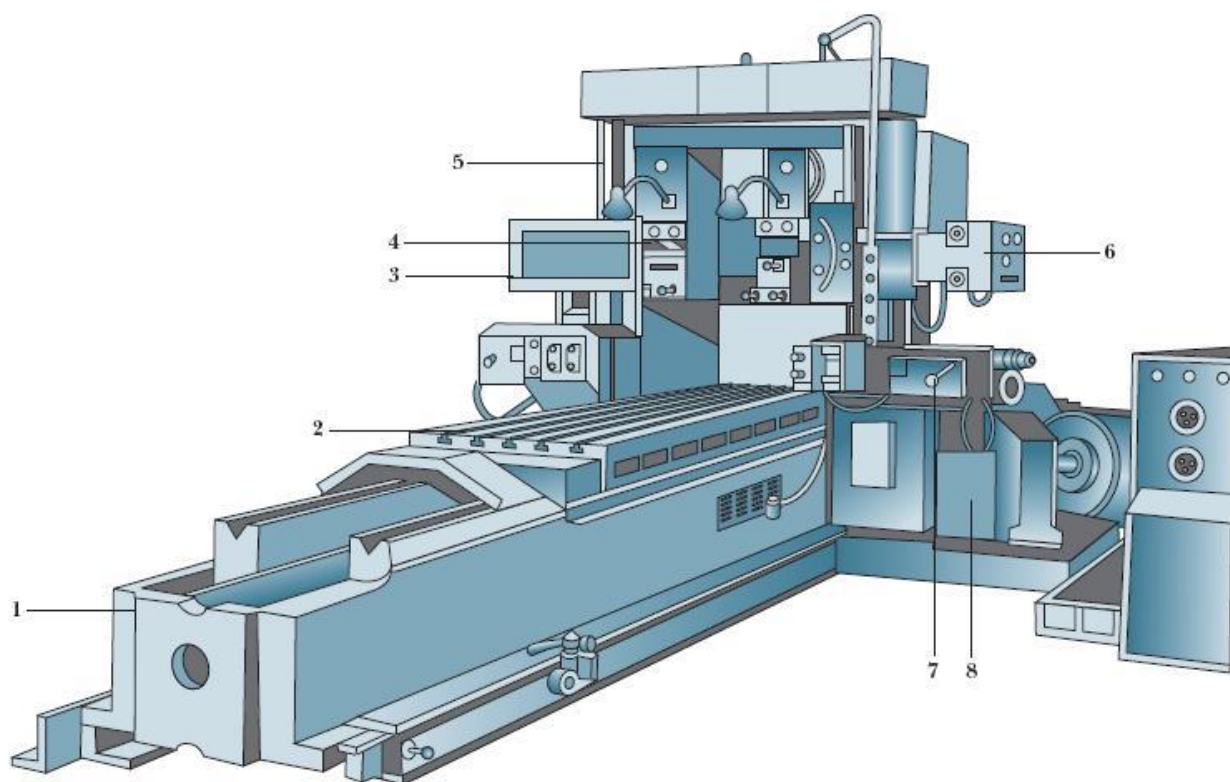


Рисунок 1.1 – Схема продольно-строгального станка

На продольно-строгальных станках можно обрабатывать крупногабаритные детали, наибольшая длина строгания составляет 2—12,5 м, наибольшая ширина — 0,6— 5 м; высота подъема поперечины (траверсы) — 0,7—4,5 м.

Станина двустоечного продольно-строгального станка представляет собой чугунную отливку коробчатого сечения с двумя, а у тяжелых станков с тремя продольными направляющими плоского и V-образного профиля. Станки с большой длиной строгания имеют станину, составленную из секций, скрепляемых при монтаже болтами. По направляющим станины перемещается возвратно-поступательно стол коробчатой формы с внутренними ребрами жесткости. На рабочей поверхности стола имеются T-образные пазы и стопорные отверстия для надежного зацепления обрабатываемой заготовки детали.

Одностоечные продольно-строгальные станки применяют для обработки заготовок крупных деталей, у которых размеры обрабатываемых поверхностей соответствуют характеристике станка, а габаритные размеры не допускают обработки на двустоечном станке подходящих размеров, например заготовок длинных и широких деталей (станин и т. п.), свисающих с одной стороны стола и не требующих обработки по всей ширине. В остальном одностоечные продольно-строгальные станки можно использовать для выполнения всех нормальных строгальных работ. Портал станка состоит из двух стоек, прикрепленных внизу к плоскостям станины, а сверху связанных балкой. По направляющим стоек могут перемещаться поперечина и каретка бокового суппорта. В стойке находится груз, уравновешивающий боковой суппорт. Механизм подъема поперечины смонтирован в стойках и соединительной балке.

Поперечина представляет собой чугунную балку коробчатого сечения, усиленную посередине выступом и ребрами. На поперечине расположены два вертикальных суппорта, коробка подач суппортов, коробка дублированного управления и механизм зажима.

Отечественные станкостроительные заводы в настоящее время выпускают много современных одностоечных и двустоечных продольно-строгальных станков, позволяющих обрабатывать из различных материалов детали шириной до 5000 мм, высотой до 3900 мм и длиной до 15 000 мм.

Современные продольно-строгальные станки оснащаются не только строгальными суппортами, но и шлифовальными и фрезерными головками. Продольно-строгальные станки со шлифовальными головками позволяют производить строгание и шлифование заготовок деталей с одной установки и, следовательно, получать на станке окончательно обработанные поверхности высокой чистоты и точности.

Продольно-строгальные станки с фрезерными и с фрезерно-расточными головками предназначены для строгания, фрезерования и растачивания крупногабаритных заготовок. Фрезерные головки могут быть смонтированы как на поперечине, так и на стойке станка. Головки,

установленные на поперечине, обычно получают подачу поперек стола, а боковые — вертикальные установочные перемещения по стойке.

Ямные продольно-строгальные станки применяют для строгания верхних горизонтальных и наклонных плоскостей заготовок высоких деталей (например, станин прокатных станов). Обрабатываемую заготовку устанавливают на плите, расположенной в яме, а порталу станка, несущему поперечину с суппортами, сообщается рабочее возвратно-поступательное движение. Длина хода портала таких станков может достигать 12 м.

Основное назначение продольно-строгальных станков — обработка разноориентированных плоскостей, главным образом на крупных деталях. Точность и чистота обработки плоскостей большой ширины на этих станках выше, чем достигаемые точность и чистота обработки на фрезерных станках. Кроме того, инструмент (резец), применяемый на строгальном станке, во много раз дешевле фрезы, применяемой на фрезерном станке. Установка крупногабаритных деталей и наладка станка на обработку заготовки легче, чем фрезерного станка. Эти факторы являются главной причиной того, что более производительные фрезерные станки не могут вытеснить строгальных станков в мелкосерийном и единичном производствах. Разница в стоимости инструмента делает обработку плоскостей в указанных производствах экономически более выгодной на продольно-строгальных станках, чем на фрезерных.

На продольно-строгальном станке заготовку закрепляют на столе, совершающем возвратно-поступательное (главное) движение. Резцы закрепляются в суппортах. Срезание слоя металла происходит при рабочем ходе стола с заготовкой по направлению стрелки $v_{р.х}$ (рис. 75). При обратном ходе стола по направлению стрелки $v_{х.х}$ резец поднимается, резания не происходит.

Резец вместе с суппортом перемещается относительно обрабатываемой заготовки после каждого двойного хода стола на величину подачи в поперечном направлении, обеспечивая тем самым срезание нового слоя металла, и так цикл повторяется.

Таким образом, продольно-строгальный станок имеет механизм, обеспечивающий возвратно-поступательное движение стола вместе с заготовкой и перемещение резца (подачу) в вертикальном или горизонтальном направлении.

Продольно-строгальные станки, предназначенные для универсальных работ, по конструкции подразделяют на четыре группы: ручной, одностоечный, двухстоечный и порталный. По устройству главного привода различают продольно-строгальные станки с двойной ременной (прямой и перекрестной) передачей и электромагнитной муфтой; с зубчатой передачей и электромагнитной муфтой; с многоскоростным электродвигателем и червячной передачей; с гидравлическим приводом.

2 Проектирование электроснабжения завода продольно-строгальных станков

Тема «Электроснабжение Завода продольно-строгальных станков»

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 115/37 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1000 МВА. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от энергосистемы до завода 16 км. Завод работает в 2 смены. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода приведены в таблице 2.1.

Т а б л и ц а 2.1 – Электрические нагрузки по цехам

№ п/п	Наименование	Количество ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P _н	Σ P _н
1	Механический цех мелких станков	300	1-40	4500
2	Механический цех хрупких станков	100	1-80	2500
3	Механический цех уникальных станков	40	1-250	2800
4	Цех обработки цветных металлов	41	2,3-80	817,6
5	Сборочный цех	50	1-50	800
6	Чугунолитейный цех	150	1-120	4000
7	Цех цветного литья	50	1-80	1500
8	Заготовительно-сварочный цех	50	1-80	800
9	Термический цех	30	1-80	970
10	Компрессорная			
	а) 0,4кВ	15	10-80	300
	б) синхр. двигатели 10кВ	4	1250	5000
11	Модельный цех	40	1-30	180
12	Заводоуправление столовая	10	1-40	350
13	Главный магазин	10	1-10	50
14.	Электроцех	30	1-40	200

2.1 Расчет электрической нагрузки

Рассчитываем установленную мощность освещения территории

$$P_{y0} = S \cdot P_0 = 78750 \cdot 0,0052 = 409,5 \text{ кВт.}$$

$$S = a \cdot b = 225 \cdot 350 = 78750 \text{ м}^2$$

Рассчитываем расчетную мощность осветительной нагрузки:

$$P_{p0} = P_{y0} \cdot K_C = 409,5 \cdot 1 = 409,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0} = P_{p0} \cdot \text{tg}\varphi = 409,5 \cdot 0,5 = 204,75 \text{ квар.}$$

Где $\rho_0=0,002$, $K_{co}=1$, $\text{tg}\varphi=0,5$. Для освещения территории.

Аналогичный расчет проводим для остальных помещений, полученные данные вносим в таблицу 2.2.

Рассчитываем силовую часть, средние нагрузки:

$$P_{CM} = \Sigma P_H \cdot K_{И} = 4500 \cdot 0,3 = 1350 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \text{tg}\varphi = 1350 \cdot 1,3 = 1755 \text{ квар};$$

где $K_{И}=0,3$.

Находим $n_{Э}$:

$$n_{Э} = \frac{2 \cdot \Sigma P}{P_{\max}} = \frac{2 \cdot 4500}{40} = 225;$$

Рассчитываем силовую часть, расчетные нагрузки:

$$P_P = P_{CM} \cdot K_M = 1350 \cdot 1,08 = 1458 \text{ кВт};$$

$$Q_P = Q_{CM} = 1755 \text{ квар};$$

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = \sqrt{1458^2 + 1755^2} = 2281,62 \text{ кВА};$$

Где $K_M=1,08$ находится из таблицы 2.6 [1] в соответствии с $n_{Э}$ и $K_{И}$

Находим расчетный ток:

$$I_p = \frac{(S_{\text{осв}} + S_{\text{нагр}}) \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{(30,10 + 2281,62) \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10^3} = 3336,77 \text{ A};$$

Аналогичный расчет проводим для остальных помещений ,
полученные данные вносим в таблицу 2.3.

Т а б л и ц а 2.2 – Расчет осветительной нагрузки

№ п/п	Наименование	размеры , м		Площадь помещения, м2	ρс	Кс	cos φ	tg φ	Устан. Мощн. Освещения, Руст, кВт	Расчетная осветительная нагрузка	
		длина	ширина							Рро	Qро
1	Механический цех мелких станков	120	60	7200	0,0047	0,8	0,9	0,5	33,84	69,12	34,56
2	Механический цех хрупких станков	32	120	3840	0,0047	0,8	0,9	0,5	18,05	36,86	18,43
3	Механический цех уникальных станков	60	30	1800	0,0047	0,8	0,9	0,5	8,46	17,28	8,64
4	Цех обработки цветных металлов	18	32	576	0,0045	0,8	0,9	0,5	2,59	5,53	2,76
5	Сборочный цех	50	60	3000	0,0052	0,8	0,9	0,5	15,60	31,20	15,60
6	Чугунолитейный цех	120	60	7200	0,0045	0,85	0,9	0,5	32,40	91,80	45,90
7	Цех цветного литья	32	120	3840	0,0052	0,8	0,9	0,5	19,97	30,72	15,36
8	Заготовительно - сварочный цех	24	50	1200	0,0045	0,9	0,9	0,5	5,40	15,12	7,56
9	Термический цех	24	50	1200	0,0047	0,8	0,9	0,5	5,64	12,48	6,24
10	Компрессорная	24	24	576	0,0052	0,7	0,9	0,5	3,00	4,03	2,02
11	Модельный цех	24	50	1200	0,0054	0,8	0,9	0,5	6,48	19,20	9,60
12	Заводоуправление и столовая	24	80	1920	0,0052	0,8	0,9	0,5	9,98	30,72	15,36
13	Главный магазин	24	50	1200	0,0054	0,8	0,9	0,5	6,48	19,20	9,60
14	Электроцех	18	18	324	0,0058	0,7	0,9	0,5	1,88	2,95	1,47
15	Территория	225	350	78750	0,0052	1	0,9	0,5	409,50	409,50	204,75

Т а б л и ц а 2.3 – Расчет Электрических нагрузок по цехам, $U = 0,4$ кВ

	Наименование цехов	n	Установленная мощность		m	Ки	tgφ	Средняя мощность		пэ	Км	Расчетная мощность		
			P _{min} - P _{max}	ΣP _n				P _{см} , кВт	Q _{см}			P, кВт	Q, кВар	S, кВа
1	механический цех мелких станков	300	1-40	4500	>3	0,3	1,3	1350	1755	225	1,08	1458,00	1755,00	
	осветительная							104,5				69,12	34,56	
	итого											1527,12	1789,56	2352,58
2	механический цех хрупких станков	100	1-80	2500	>3	0,3	1,3	750	975	63	1,12	840,00	975,00	
	осветительная							33,5				36,86	18,43	
	итого											876,86	993,43	1325,07
3	механический цех уникальных станков	40	1-250	2800	>3	0,4	1,3	1120	1456	22	1,14	1276,80	1456,00	
	осветительная							20,1				17,28	8,64	
	итого											1294,08	1464,64	1954,43
4	Цех обработки цветных металлов	41	2,3-80	817,6	>3	0,3	1,02	245,28	250,19	20	1,1	269,81	250,19	
	осветительная							17,3				5,53	2,76	
	итого											275,34	252,95	373,89
5	Сборочный цех	50	1-50	800	>3	0,3	1,02	240	244,8	32	1,37	328,80	244,80	
	осветительная							14,1				31,20	15,60	
	итого											360,00	260,40	444,31
6	Чугунолитейный цех	150	1-120	4000	>3	0,5	1,17	2000	2340	67	1,13	2260,00	2340,00	
	осветительная							20,6				91,80	45,90	
	итого											2351,80	2385,90	3350,15
7	Цех цветного литья	50	1-80	1500	>3	0,4	0,88	600	528	38	1,24	744,00	528,00	
	осветительная							23,8				30,72	15,36	
	итого											774,72	543,36	946,27
8	Заготовительно сварочный цех	50	1-80	800	>3	0,3	1,02	240	244,8	20	1,37	328,80	244,80	
	осветительная							10,9				15,12	7,56	
	итого											343,92	252,36	426,58
9	Термический цех	30	1-80	970	>3	0,3	1,02	291	296,82	24	1,4	407,40	296,82	
	осветительная							4,5				12,48	6,24	
	итого											419,88	303,06	517,83
10	Компрессорная	15	10-80	300	>3	0,4	1,02	120	122,4	8	1,6	192,00	122,40	

Продолжение таблицы 2.3

	осветительная							18,2				4,03	2,02	
	итого											196,03	124,42	232,18
11	Модельный цех	30	1-30	180	>3	0,3	0,75	54	40,5	12	1,6	86,40	40,50	
	осветительная							11,4				19,20	9,60	
	итого											105,60	50,10	116,88
12	Заводоуправление, столовая	40	1-40	350	>3	0,3	0,75	105	78,75	18	1,4	147,00	78,75	
	осветительная							7,9				30,72	15,36	
	итого											177,72	94,11	201,10
13	Главный магазин	10	1-10	50	>3	0,6	1,02	30	30,6	10	1,6	48,00	30,60	
	осветительная							1,8				19,20	9,60	
	итого											67,20	40,20	78,31
14	Электроцех	30	1-40	200	>3	0,6	1,02	120	122,4	10	1,6	192,00	122,40	
	осветительная							3,5				2,95	1,47	
	итого											194,95	123,87	230,98
15	Освещение территории							53,3				157,50	78,75	176,09
	ИТОГО											9122,72	8757,11	12645,60

2.2 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ

Распределяем низковольтную нагрузку по цеховым ТП. Для этого определяем мощности трансформаторов ТП:

$$N_{\text{min.тр.}} = \frac{P_{0,4}}{K_3 \cdot S_{\text{ном.тр}}} + \Delta N = \frac{9122,72}{0,8 \cdot 1000} = 11,4 \approx 12$$

Полученное число округляем в большую сторону и получаем количество трансформаторов для ТП предприятия.

Далее делаем расчет батареи конденсаторов:

$$Q = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{\text{н.тр.}})^2 - P_{P0,4}^2} = \sqrt{(12 \cdot 0,8 \cdot 1000)^2 - 9122,72^2} = 2989,31$$

$$Q_{\text{НБК}} = Q_{P0,4} - Q = 8757,11 - 2989,31 = 5767,80 \text{ квар;}$$

$$Q_{\text{НБК ТП}} = \frac{Q_{\text{НБК}}}{N} = \frac{5767,80}{12} = 480,65 \text{ квар.}$$

Выбираем трансформатор ТСЗЛ-1000-10/0,4 и конденсаторные батареи УКЛН-0,38-300-150 в количестве 12 шт.

Т а б л и ц а 2.4 – Паспортные данные трансформатора ТСЗЛ-1000-10/0,4

Тип	S _{ном} , кВА	U _{ном} обмоток, кВ		Потери, Вт		U _{кз} , %	I _{хх} , %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТСЗЛ-1000/10	1000	10	0,4	2000	10200	5,5	1,0

Т а б л и ц а 2.5 – Паспортные данные конденсаторной батареи УКЛН-0,38-450-150

Тип	U _{ном} , кВ	Q _{ном} , квар	Масса, кг	Габариты, мм
УКЛН-0,38-450-150	0,38	450	612	1920x500x1800

Для завода выбираем шесть ТП.

Делаем расчет для ТП1-ТП2:

Исходя из расположения помещений и их мощности выбираем помещения для ТП1-ТП2:

Помещение №1

$$P_{1 P0,4} = 1527,12 \text{ кВт,} \quad Q_{1 P0,4} = 1789,56 \text{ квар;}$$

Помещение №4
 $P_{4 P0,4} = 275,34 \text{ кВт}, \quad Q_{4 P0,4} = 252,95 \text{ квар};$

Помещение №14
 $P_{14 P0,4} = 194,95 \text{ кВт}, \quad Q_{14 P0,4} = 123,87 \text{ квар};$

Освещение территории 25%
 $P_{осв P0,4} = 39,38 \text{ кВт}, \quad Q_{осв P0,4} = 19,69 \text{ квар};$

Помещение №2
 $P_{2 P0,4} = 876,86 \text{ кВт}, \quad Q_{2 P0,4} = 993,43 \text{ квар};$

На ТП устанавливаем четыре конденсаторные батареи типа УКЛН-0,38-450-150

Подсчитываем полную мощность помещений, подходящих к ТП с вычетов БК:

$$\begin{aligned} \sum P_{P0,4} &= P_{1 P0,4} + P_{4 P0,4} + P_{14 P0,4} + P_{осв} + P_{2 P0,4} = \\ &= 1527,12 + 275,34 + 194,95 + 39,38 + 876,86 = 2913,65 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{P0,4} &= Q_{1 P0,4} + Q_{4 P0,4} + Q_{10 P0,4} + Q_{осв} + Q_{2 P0,4} - \sum Q_{НБК} = \\ &= 1789,56 + 252,95 + 123,87 + 19,69 + 993,43 - 1800 = \\ &= 1379,50 \text{ квар}; \end{aligned}$$

$$S_{P0,4} = \sqrt{\sum P_{P0,4}^2 + \sum Q_{P0,4}^2} = \sqrt{2913,65^2 + 1379,50^2} = 3223,72 \text{ кВА};$$

Далее находим K_3 для данной ТП. K_3 для ТП должен лежать в пределах 0,75 – 0,85.

$$K_3 = \frac{S_{P0,4}}{N \cdot S_{ном.тр.}} = \frac{3223,72}{4 \cdot 1000} = 0,81$$

Аналогичный расчет проводим для остальных ТП, данные заносим в таблицу 2.6.

Далее проводим уточненный расчет мощности по промышленному предприятию. Для этого рассчитываем потери в трансформаторах ТП:

Для ТП1-ТП2:

$$\Delta P_{тр ТП1-ТП2} = N \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) = 4 \cdot (2 + 10,2 \cdot 0,81^2) = 34,77 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned}\Delta Q_{\text{тр ТП1-ТП2}} &= N \cdot \left(\frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} \cdot K_3^2 \right) = \\ &= 4 \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,81^2 \right) = 184,34 \text{ квар};\end{aligned}$$

Для ТП3-ТП4:

$$\Delta P_{\text{тр ТП3-ТП4}} = N \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) = 4 \cdot (2 + 10,2 \cdot 0,82^2) = 35,43 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned}\Delta Q_{\text{тр ТП3-ТП4}} &= N \cdot \left(\frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} \cdot K_3^2 \right) = \\ &= 4 \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,82^2 \right) = 187,93 \text{ квар};\end{aligned}$$

Для ТП5-ТП6:

$$\Delta P_{\text{тр ТП5-ТП6}} = N \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) = 4 \cdot (2 + 10,2 \cdot 0,81^2) = 34,77 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned}\Delta Q_{\text{тр ТП5-ТП6}} &= N \cdot \left(\frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} \cdot K_3^2 \right) = \\ &= 4 \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,81^2 \right) = 184,34 \text{ квар}.\end{aligned}$$

Определяем расчетные мощности СД. Для проведения расчета принимаем $\cos\varphi = 0,9$, $K_3=0,85$.

Принимаем к установке СД типа СДН16-51-12У3

$$P_{\text{Р СД}} = P_{\text{ном СД}} \cdot K_3 \cdot N = 1250 \cdot 0,85 \cdot 4 = 4250 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{Р СД}} = P_{\text{Р СД}} \cdot \text{tg}\varphi = 2125 \cdot 0,5 = 2125 \text{ квар}.$$

Далее рассчитываем $Q_{\text{ВБК}}$:

$$\begin{aligned}Q_{\text{ВБК}} &= Q_{\text{ро,4}} + \Delta Q_{\text{тр ТП1-2}} + \Delta Q_{\text{тр ТП3-4}} + \Delta Q_{\text{тр ТП5-6}} + Q_{\text{рез}} - Q_3 - Q_{\text{НБК}} \\ &\quad - Q_{\text{Р СД}} \\ &= 8757,11 + 184,34 + 187,93 + 184,34 + 0,1 \\ &\quad \cdot (8757,11 + 184,34 + 187,93 + 184,34) - 5400 - 0,25 \\ &\quad \cdot (9122,72 + 34,77 + 35,43 + 34,77 + 4250) - 2125 \\ &= -649,33 \text{ квар}.\end{aligned}$$

Так как $Q_{вбк}$ получилось отрицательным, значит установка конденсаторных батарей на стороне 10кВ не нужна.

Находим полную мощность, потребляемую данным предприятием:

$$\begin{aligned} \sum P_{P0,4} &= P_{P0,4 \text{ ТП1,2}} + P_{P0,4 \text{ ТП3,4}} + P_{P0,4 \text{ ТП5,6}} = \\ &= 2913,65 + 33128,91 + 3080,17 = 9122,72 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{P0,4} &= Q_{P0,4 \text{ ТП1,2}} + Q_{P0,4 \text{ ТП3,4}} + Q_{P0,4 \text{ ТП5,6}} = \\ &= 1379,50 + 925,83 + 1051,78 = 3357,11 \text{ квар}; \end{aligned}$$

$$\sum P_{P10} = P_{P0,4} + \sum \Delta P_{\text{тр ТП}} = 9122,72 + 104,97 = 9227,69 \text{ кВт};$$

$$\sum Q_{P10} = Q_{P0,4} + \sum \Delta Q_{\text{тр ТП}} = 3357,11 + 556,61 = 3914 \text{ квар};$$

$$\begin{aligned} \sum P_{\text{предпр.}} &= \sum P_{P10} + P_{P \text{ сд}} = 4250 + 9227,69 \\ &= 13477,69 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{\text{предпр.}} &= \sum Q_{P10} - Q_{P \text{ сд}} - Q_{\text{вбк}} = 3914 - 2152 - (-649,33) \\ &= 2411,35 \text{ квар}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{предпр.}} &= \sqrt{\sum P_{\text{предпр.}}^2 + \sum Q_{\text{предпр.}}^2} = \sqrt{13477,69^2 + 2411,35^2} \\ &= 13691,7 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Т а б л и ц а 2.6 – Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ ТП, ШТ, Qбк тп	№№ Цехов	Pr 0,4	Qp 0,4	Sp 0,4	Кз
ТП-1 (2x1000)	1	1527,12	1789,56		
	4	275,34	252,95		
	14	194,95	123,87		
	осв. тер. 25%	39,38	19,69		
ТП-2 (2x1000)	2	876,86	993,43		
			3179,50		
Qнбк (4x450)			-1800		
		2913,645	1379,5041	3223,7182	0,81
ТП-3 (2x1000)	3	1294,08	1464,64		
ТП-4 (2x1000)	5	360	260,4		
	8	343,92	252,36		
	9	419,88	303,06		
	12	177,72	94,11		
	осв. тер. 50%	78,75	39,375		
	7 (50%)	387,36	271,68		
	13	67,2	40,2		
			2725,825		
Qнбк (4x450)			-1800		
		3128,91	925,825	3263,0093	0,82
ТП-5 (2x1000)	6	2351,8	2385,9		
ТП-6 (2x1000)	7 (50%)	387,36	271,68		
	осв. тер. 25%	39,375	19,6875		
	10	196,032	124,416		
	11	105,6	50,1		
				2851,7835	
Qнбк (4x450)			-1800		
		3080,167	1051,7835	3254,793	0,81

Т а б л и ц а 2.7 – Уточненный расчет мощности по промышленному предприятию.

№№ТП, S _{н.тр.} , Q _{БК ТП}	№№ цеха	n	P _{н min} - P _{н max}	Σ P _н	K _н	Средняя мощность		n _э	K _м	Расчетные мощности			K _з
						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
ТП1, ТП2					S _{тр} = 4x1000 кВА								
Силовая нагрузка	1	300	1-40	4500	0,3	1350	1755						
	2	100	1-80	2500	0,3	750	975						
	14	30	1-40	200	0,6	120	122,4						
	4	41	2,3-80	818	0,3	245	250,2						
Итого силовая		471		8018	0,31	2465	3103	200	1,1	2711,5	3103		
Итого осветит										114,46	57,22		
БК 4x450 кВАр											-1800		
Освещение тер.25%										39,38	19,69		
ИТОГО										2865,34	1380,10	3180,39	0,795
ТП3, ТП4					S _{тр} = 4x1000 кВА								
Силовая нагрузка	3	40	1-250	2800	0,4	1120	1456						
	5	50	1-50	800	0,3	240	244,8						
	7(50%)	50	1-80	750	0,4	300	275						
	8	50	1-80	800	0,3	240	244,8						
	9	30	1-80	970	0,3	291	296,8						
	12	40	1-40	350	0,3	105	78,8						
	13	10	1-10	50	0,6	30	30,6						
Итого силовая		270		6520	0,36	2326	2627	52	1,1	2559	2627		
Итого осветит										141,36	70,68		
БК 4x450 кВАр											-1800		
Освещение тер.50%										78,76	39,38		
ИТОГО										2779,12	937,06	2932,85	0,73
ТП5, ТП6					S _{тр} = 4x1000 кВА								
Силовая нагрузка	6	150	1-120	4000	0,5	2000	2340						

Продолжение таблицы 2.7

	10	15	10-80	300	0,4	120	122,4					0,77	
	11	30	1-30	180	0,3	54	40,5						
	7(50%)	50	1-80	750	0,4	300	275						
Итого силовая		245		5230	0,47	2474	2778	42	1,1	2721,4	2778		
Итого осветит										130,79	65,40		
БК 2x300 кВАр											-1800		
Освещение тер.25%										39,38	19,69		
ИТОГО										2891,57	1063,09	3080,80	
ИТОГО по 0,4 кВ										8536,03	3380,25	9180,95	
Потери в тр. ТП										104,97	556,6	566,41	
ИТОГО по 10 кВ													
Компрессорная	10	4	1250	5000							4250	2125	
ИТОГО										12891	6061,85	14245,14	

3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 115/37.5 кВ. Трансформаторы работают раздельно. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1000 МВА. Расстояние от энергосистемы до завода 16 км. Завод работает в две смены. Для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения завода рассмотрим два варианта:

1. II вариант – ЛЭП 115 кВ;
2. III вариант – ЛЭП 37кВ.

3.1 I вариант схемы электроснабжения

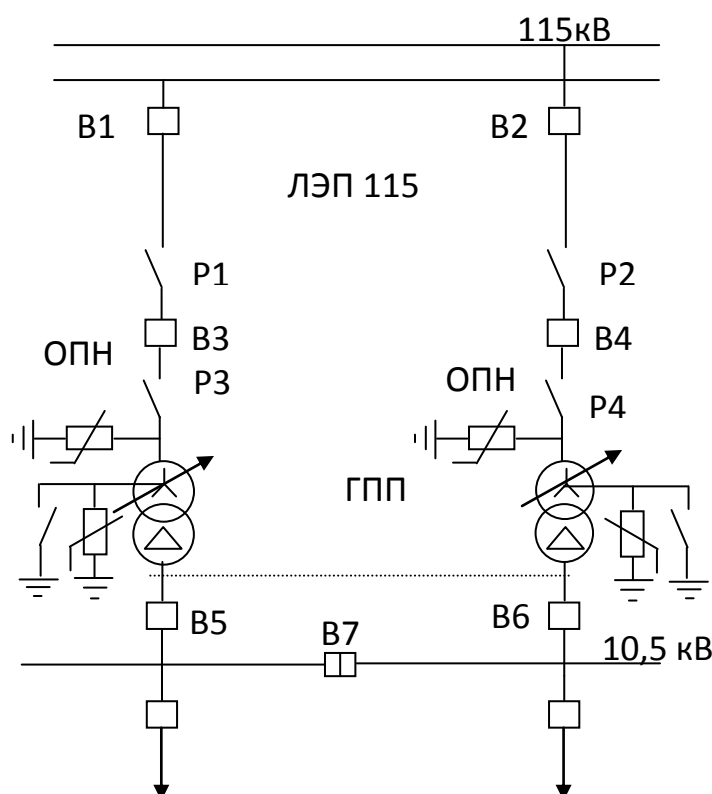


Рисунок 3.1 – Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

Полная расчетная мощность трансформатора ГПП:

$$S_{\text{тр. гпп}} = \sqrt{P_p^2 + Q_s^2} = \sqrt{12891^2 + 3369,42^2} = 13324 \text{ кВА},$$

где P_p - значение берется по таблице 5 название графы «Итого по предприятию»;
 Q_3 - мощность энергосистемы.

Коэффициент загрузки трансформатора ГПП:

$$K_{\text{загр}} = \frac{S_{\text{тр.ГПП}}}{2 \cdot S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{13324}{2 \cdot 10000} = 0,67,$$

где $S_{\text{ном.тр.}}$ - номинальная мощность трансформатора ГПП.

Если коэффициент загрузки трансформатора получился равным 0,5, то дальнейший расчет не целесообразен.

Выбираем к установке два трансформатора ГПП марки ТДН-10000/110, стоимостью 520 000 евро.

Т а б л и ц а 3.1 - Паспортные данные трансформатора ГПП

$S_{\text{ном.тр.}}$, МВА	$U_{\text{ВН}}$, кВ	$U_{\text{НН}}$, кВ	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	$U_{\text{кз}}$, %	I_{xx} , %
10	110	10,5	15	55	6,5	0,9

Суммарные потери активной и реактивной мощности в трансформаторе ГПП:

$$\sum \Delta P_{\text{тр. ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_{\text{загр}}^2) = 2 \cdot (18 + 60 \cdot 0,7^2) = 94,8 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta Q_{\text{тр. ГПП}} &= 2 \cdot \left(\frac{I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} \cdot K_{\text{загр}}^2 \right) = \\ &= 2 \cdot \left(\frac{0,9}{100} \cdot 10000 + \frac{10,5}{100} \cdot 10000 \cdot 0,7^2 \right) = 1209 \text{ квар}, \end{aligned}$$

где ΔP_{xx} , $\Delta P_{\text{кз}}$, I_{xx} , $U_{\text{кз}}$, $S_{\text{ном.тр.}}$ берем из паспортных данных выбранного трансформатора ГПП.

Полная расчетная мощность в ЛЭП:

$$\begin{aligned} S_{\text{р.лэп}} &= \sqrt{(P_p + \sum \Delta P_{\text{тр. ГПП}})^2 + Q_3^2} = \sqrt{(12891 + 79,4)^2 + 3369,43^2} = \\ &= 13400 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Расчётный ток в ЛЭП:

$$I_{р.ЛЭП} = \frac{S_{р.ЛЭП}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ср}} = \frac{13400}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 34 \text{ А},$$

где $U_{ср}$ в зависимости от класса напряжения

Аварийный ток в ЛЭП:

$$I_{ав. ЛЭП} = 2 \cdot I_{р. ЛЭП} = 2 \cdot 34 = 68 \text{ А}.$$

Экономическое сечение провода:

$$F_э = \frac{I_{р.ЛЭП}}{j_э} = \frac{34}{1,1} = 30,62,$$

где $j_э$ экономическая плотность тока равна $1,1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

По условию потерь на корону, минимальное сечение для линий 115 кВ равно 70 мм^2 . Экономическое сечение получилось равным 31 мм^2 , однако минимальное сечение для линий 115 кВ равно 70 мм^2 , следовательно выбираем сечение 70 мм^2 . Стоимость строительства одного километра ВЛЭП с проводами марки АС-70 составляет 19000 евро.

Выбор провода осуществляется по следующим двум условиям:

$$\begin{aligned} I_{доп} &\geq I_{р. ЛЭП} & 265 &\geq 34 \text{ А}, \\ 1,3 \cdot I_{доп} &\geq I_{ав. ЛЭП} & 1,3 \cdot 265 &\geq 68 \text{ А}. \end{aligned}$$

Принимаем к установке провод марки АС-70 ($r_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$).

3.2 Расчёт потерь электроэнергии

Потери в трансформаторе ГПП:

$$\begin{aligned} \Delta W_{тр.ГПП} &= 2 \cdot (\Delta P_{хх} \cdot T_{вкл} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_{загр}^2) \\ &= 2 \cdot (15 \cdot 4000 + 55 \cdot 1574,84 \cdot 0,67^2) = 197764 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned}$$

$$\text{где } \tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{3000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 1574,84 \text{ ч} -$$

время максимальных потерь,

$$T_{вкл} = 4000 \text{ ч},$$

$$T_m = 2500 \div 4000 \text{ ч}; \text{ выбираются в зависимости от сменности.}$$

Потери в ЛЭП:

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{ЛЭП}} &= 2 \cdot 3 \cdot I_{\text{р. ЛЭП}}^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 34^2 \cdot 6,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1574,84 \\ &= 68594 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \\ R &= r_0 \cdot l = 0,4 \cdot 16 = 6,4 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

где r_0 выбирают в зависимости от сечения, $r_0=0,4$ ом/км для провода АС-70/16. l - дано в исходных данных.

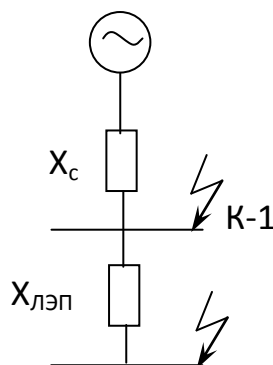


Рисунок 3.2 – Схема замещения для расчета токов к.з.

Базисный ток:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б}}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 5026 \text{ А},$$

принимаем $S_{\text{б}} = 1000$ МВА, $U_{\text{б}} = 115$ кВ

Реактивное сопротивление системы:

$$X_{\text{с}} = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{кз}}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{1000 \cdot 10^6} = 1 \text{ о. е.},$$

где $S_{\text{кз}}$ мощность к.з на стороне ВН трансформаторов подстанции дана по заданию.

Ток короткого замыкания в точке K_1 :

$$I_{к-1} = \frac{I_6}{X_c} = \frac{5026}{1} = 5026 \text{ кА},$$

Реактивное сопротивление линии:

$$X_{лЭП} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ср}^2} = 0,4 \cdot 16 \cdot \frac{1000 \cdot 10^6}{115^2 \cdot 10^6} = 0,48 \text{ о.е.},$$

где X_0 выбирают в зависимости от класса напряжения.

Ток короткого замыкания в точке K_2 :

$$I_{к-2} = \frac{I_6}{X_c + X_{лЭП}} = \frac{5026}{1 + 0,48} = 3,4 \text{ кА}.$$

Ударный ток:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к-1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,02 = 12,8 \text{ кА},$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к-2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,4 = 8,6 \text{ кА},$$

где K_y ударный коэффициент равный 1,8.

К установке выбираем высоковольтные элегазовые баковые выключатели с одной дугогасящей камерой на фазу фирмы АВВ, марки 121PM40-20В, стоимостью 143 660 евро.

Проверка по условиям выбора высоковольтных выключателей:

$$\begin{array}{ll} U_n \geq U_{уст} & 123 \text{ кВ} \geq 110 \text{ кВ}, \\ I_n \geq I_{ав.ток} & 2000 \text{ А} \geq 68 \text{ А}, \\ I_{откл} \geq I_{кз} & 123 \text{ кА} \geq 5026 \text{ кА}, \\ I_{терм} \geq i_{уд} & 123 \text{ кА} \geq 12,8 \text{ кА}. \end{array}$$

К установке выбираем разъединители трехполюсные фирмы АВВ NSA123/1600+1Е с 1 комплектами заземляющих ножей, стоимость 132 000 евро.

Проверка по условиям выбора разъединителей

$$\begin{array}{ll} U_n \geq U_{уст} & 110 \text{ кВ} \geq 110 \text{ кВ}, \\ I_n \geq I_{ав.ток} & 1600 \text{ А} \geq 68 \text{ А}. \end{array}$$

Выбор ограничителей перенапряжения (ОПН) производится по напряжению. К установке выбираем ОПН фирмы АВВ, марки РЕХЛИМ, стоимостью 8 000 евро.

Далее необходимо рассчитать капитальные затраты на строительство и эксплуатационные издержки

1 евро равен 250 тенге.

Капитальные затраты на трансформатор ГПП:

$$K_{\text{тр. гпп}} = N \cdot K_{\text{тр}} = 2 \cdot 520\,000 \cdot 250 = 260\,000\,000 \text{ тг},$$

где N - количество трансформаторов,

$K_{\text{тр}}$ - стоимость трансформатора.

Капитальные затраты на ЛЭП:

$$K_{\text{ЛЭП}} = l \cdot N \cdot K_{\text{ЛЭП}} = 16 \cdot 2 \cdot 19000 \cdot 250 = 152\,000\,000 \text{ тг},$$

где $K_{\text{ЛЭП}}$ - стоимость 1 км ЛЭП.

Капитальные затраты на выключатели:

$$K_{\text{В1-В4}} = N \cdot K_{\text{В}} = 4 \cdot 143660 \cdot 250 = 143\,150\,000 \text{ тг},$$

где $K_{\text{В}}$ - стоимость одного выключателя,

N - количество выключателей.

Капитальные затраты на разъединители:

$$K_{\text{Р1-Р2}} = N \cdot K_{\text{Р}} = 4 \cdot 132000 \cdot 250 = 132\,000\,000 \text{ тг},$$

где $K_{\text{Р}}$ - стоимость одного разъединителя,

N - количество разъединителей.

Капитальные затраты на ОПН

$$K_{\text{ОПН}} = N \cdot K_{\text{ОПН}} = 4 \cdot 8000 \cdot 250 = 8\,000\,000 \text{ тг},$$

где $K_{\text{ОПН}}$ - стоимость одного ОПН,

N - количество ОПН.

Суммарные капитальные затраты по первому варианту схемы электроснабжения

$$\begin{aligned} \sum K_I &= \sum K_{\text{тр. гпп}} + K_{\text{ЛЭП}} + K_{\text{В1-В4}} + K_{\text{Р1-Р4}} + K_{\text{ОПН}} = \\ &= 260000000 + 152000000 + 143150000 + 132000000 \\ &+ 80000000 = 695\,150\,000 \text{ тг.} \end{aligned}$$

Издержки на амортизацию:

$$\begin{aligned} I_a &= I_{a. \text{обор}} + I_{a. \text{ЛЭП}} = 34218450 + 4256000 = 38474450 \text{ тг,} \\ I_{a. \text{обор}} &= E_a \cdot \sum K_{\text{обор}} = 0,063 \cdot 543150000 = 34218450 \text{ тг,} \\ I_{a. \text{ЛЭП}} &= E_{a. \text{ЛЭП}} \cdot \sum K_{\text{ЛЭП}} = 0,028 \cdot 152000000 = 4256000 \text{ тг,} \end{aligned}$$

где E_a - норма амортизационных отчислений для оборудования, принимается равным 0,063 ,

$E_{a. \text{ЛЭП}}$ – норма амортизационных отчислений для ЛЭП, принимается равной 0,028.

Эксплуатационные издержки:

$$\begin{aligned} I_z &= I_{z. \text{обор}} + I_{z. \text{ЛЭП}} = 5431500 + 608000 = 6039500 \text{ тг,} \\ I_{z. \text{обор}} &= E_z \cdot \sum K_{\text{обор}} = 0,01 \cdot 543150000 = 5431500 \text{ тг,} \\ I_{z. \text{ЛЭП}} &= E_{z. \text{ЛЭП}} \cdot \sum K_{\text{ЛЭП}} = 0,004 \cdot 152000000 = 608000 \text{ тг.} \end{aligned}$$

где E_z - норма амортизационных отчислений для оборудования, принимается равным 0,01 ,

$E_{z. \text{ЛЭП}}$ – норма амортизационных отчислений для ЛЭП, принимается равной 0,004.

Издержки на потери:

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр. гпп}} + \Delta W_{\text{ЛЭП}}) = 12,5 \cdot (197764 + 68594,1) = 3329477 \text{ тг,}$$

где C_0 - стоимость электроэнергии равна 0,05 евро или 12,5 тенге.

Общие издержки по первому варианту схемы:

$$\sum I_I = I_a + I_3 + I_{\text{пот}} = 38474450 + 6039500 + 3329477 = 47843427 \text{ тг.}$$

Общие затраты по первому варианту схемы

$$\begin{aligned} \sum Z_I &= 0,12 \cdot \sum K_I + \sum I_I = 0,12 \cdot 695150000 + 47843427 \\ &= 131261427 \text{ тг,} \end{aligned}$$

где 0,12 - коэффициент, учитывающий отчисления.

3.3 II вариант схемы электроснабжения

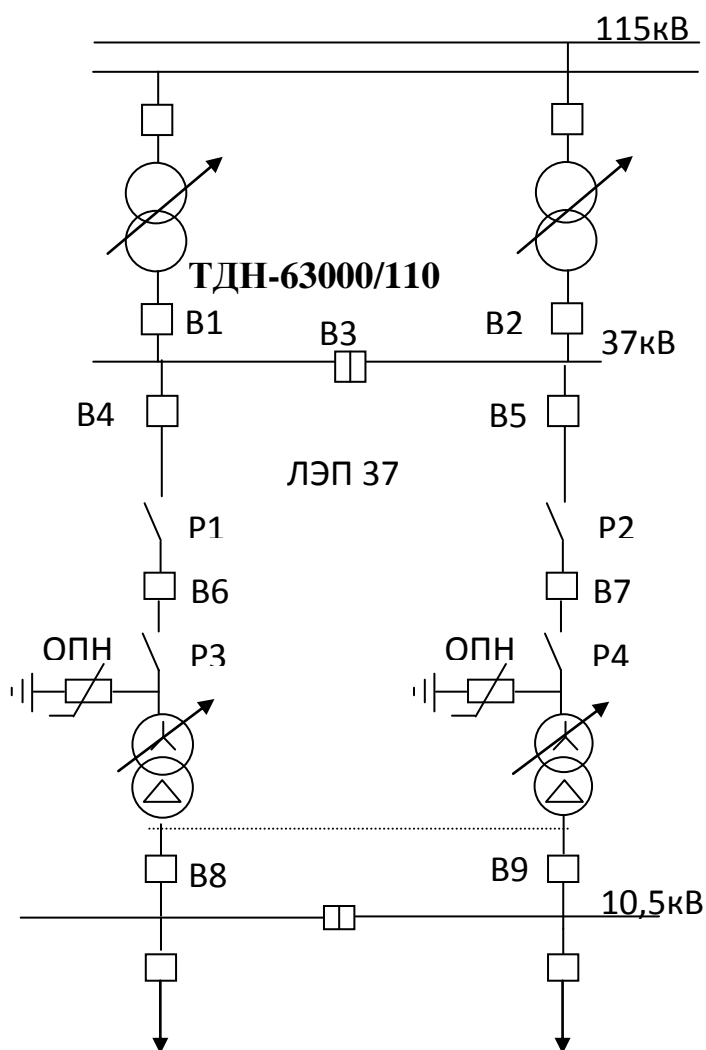


Рисунок 3.3 – Второй вариант схемы электроснабжения

Полная расчетная мощность трансформатора ГПП не меняется, трансформатор ГПП выбирается по той же мощности только на другой класс напряжения.

Выбираем к установке два трансформатора ГПП марки ТД-10000/35, стоимостью 915 000 евро.

Т а б л и ц а 3.3 - Паспортные данные трансформатора ТД-6300/35

$S_{\text{ном.тр}},$ МВА	$U_{\text{ВН}},$ кВ	$U_{\text{НН}},$ кВ	$\Delta P_{\text{xx}},$ кВт	$\Delta P_{\text{кз}},$ кВт	$U_{\text{кз}},$ %	$I_{\text{xx}},$ %
10	38,5	10,5	14,5	85	7,5	0,8

Выбираем трансформатор системы

Выбираем к установке два трансформатора системы марки ТДН-63000/110, стоимостью 1 830 000 евро.

Т а б л и ц а 3.4 - Паспортные данные трансформатора системы ТДН-63000/110

$S_{\text{ном.тр}},$ МВА	$U_{\text{ВН}},$ кВ	$U_{\text{НН}},$ кВ	$\Delta P_{\text{xx}},$ кВт	$\Delta P_{\text{кз}},$ кВт	$U_{\text{кз ВН-НН}},$ %	$I_{\text{xx}},$ %
63	110	37,5	31,5	121	17,5	0,75

Суммарные потери активной и реактивной мощности в трансформаторе ГПП:

$$\sum \Delta P_{\text{тр. ГПП}} = 2 \cdot (\Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_{\text{загр}}^2) = 2 \cdot (14,5 + 85 \cdot 0,67^2) = 104,45 \text{ кВт},$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta Q_{\text{тр. ГПП}} &= 2 \cdot \left(\frac{I_{\text{xx}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} + \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot S_{\text{ном.тр.}} \cdot K_{\text{загр}}^2 \right) = \\ &= 2 \cdot \left(\frac{0,75}{100} \cdot 10000 + \frac{7,5}{100} \cdot 10000 \cdot 0,67^2 \right) = 816 \text{ квар}, \end{aligned}$$

где $\Delta P_{\text{xx}}, \Delta P_{\text{кз}}, I_{\text{xx}}, U_{\text{кз}}, S_{\text{ном.тр.}}$ берем из паспортных данных выбранного трансформатора ГПП.

Полная расчетная мощность в ЛЭП:

$$\begin{aligned} S_{\text{р.ЛЭП}} &= \sqrt{(P_{\text{р}} + \sum \Delta P_{\text{тр. ГПП}})^2 + Q_{\text{с}}^2} = \sqrt{(12891 + 104,45)^2 + 3369,43^2} = \\ &= 13425 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

Расчётный ток в ЛЭП:

$$I_{р.лЭП} = \frac{S_{р.лЭП}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ср}} = \frac{13425}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 37} = 105 \text{ А},$$

где $U_{ср}$ в зависимости от класса напряжения.

Аварийный ток в ЛЭП:

$$I_{ав. лЭП} = 2 \cdot I_{р. лЭП} = 2 \cdot 105 = 210 \text{ А}.$$

Экономическое сечение провода:

$$F_3 = \frac{I_{р.лЭП}}{j_3} = \frac{105}{1,1} = 95,4 \text{ мм}^2$$

где j_3 экономическая плотность тока равна $1,1 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$.

Экономическое сечение получилось равным $95,4 \text{ мм}^2$, следовательно выбираем сечение 120 мм^2 . Стоимость одного километра провода АС-120/19 составляет 20000 евро

Выбор провода осуществляется по следующим двум условиям:

$$\begin{aligned} I_{доп} &\geq I_{р. лЭП} & 390 &\geq 105 \text{ А}, \\ 1,3 \cdot I_{доп} &\geq I_{ав. лЭП} & 1,3 \cdot 390 &\geq 210 \text{ А}. \end{aligned}$$

Принимаем к установке провод марки АС-120/19 ($r_0 = 0,244 \text{ Ом/км}$).

Потери в трансформаторе ГПП:

$$\begin{aligned} \Delta W_{тр.ГПП} &= 2 \cdot (\Delta P_{хх} \cdot T_{вкл} + \Delta P_{кз} \cdot \tau \cdot K_{загр}^2) = \\ &= 2 \cdot (14,5 \cdot 4000 + 85 \cdot 1574,84 \cdot 0,67^2) = 234823 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned}$$

$$\text{где } \tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{3000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 1574,84 -$$

время максимальных потерь,

$$T_{вкл} = 4000, \text{ ч.}$$

$T_m = 2500 \div 4000 \text{ ч.}$; выбираются в зависимости от сменности.

Потери в ЛЭП:

$$\begin{aligned} \Delta W_{лЭП} &= 2 \cdot 3 \cdot I_{р. лЭП}^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 105^2 \cdot 3,264 \cdot 10^{-3} \cdot 1574,84 \\ &= 339382 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \end{aligned}$$

$$R = r_0 \cdot l = 0,204 \cdot 16 = 3,264 \text{ Ом}$$

где r_0 выбирают в зависимости от сечения, для провода сечением 120мм^2 $r_0 = 0.204 \text{ ом/км}$, l - дано в исходных данных.

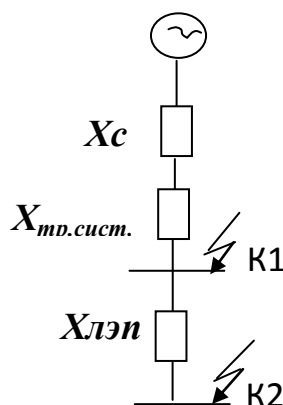


Рисунок 2.4

Базисный ток

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б}}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 10^3} = 15,6 \text{ кА},$$

где $U_{\text{б}}$ в зависимости от шины берем $U_{\text{ср}}$,
 $S_{\text{б}}$ принимаем 1000 МВА.

Реактивное сопротивление системы:

$$X_c = \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{кз}}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{1000 \cdot 10^3} = 1 \text{ о. е.},$$

где $S_{\text{кз}}$ мощность к.з на стороне ВН трансформаторов подстанции дана по заданию.

Реактивное сопротивление трансформатора системы:

$$X_{\text{тр. сист}} = \frac{U_{\text{кз ВН-НН}} \cdot S_{\text{б}}}{100 \cdot S_{\text{ном.тр.сист}}} = \frac{17,5 \cdot 1000}{63 \cdot 100} = 2,78 \text{ о. е.}$$

Ток короткого замыкания в точке K_1 :

$$I_{\text{к-1}} = \frac{I_{\text{б}}}{X_c + X_{\text{тр.сист}}} = \frac{15,6}{1 + 2,78} = 4,1 \text{ кА},$$

Реактивное сопротивление линии:

$$X_{\text{ЛЭП}} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,32 \cdot 16 \cdot \frac{1000 \cdot 10^6}{37^2 \cdot 10^6} = 3,74 \text{ о.е.},$$

где X_0 выбирают в зависимости от класса напряжения.

Ток короткого замыкания в точке K_2 :

$$I_{\text{к-2}} = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{ЛЭП}} + X_{\text{тр.сис}}} = \frac{15622,56}{1 + 3,74 + 2,78} = 2,1 \text{ кА}.$$

Ударный ток:

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{к-1}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 4,1 = 10,4 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{к-2}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,1 = 5,2 \text{ кА},$$

где K_y ударный коэффициент равный 1,8.

К установке выбираем высоковольтные элегазовые баковые выключатели с одной дугогасящей камерой на фазу (В4,В5,В6,В7) фирмы АВВ, марки 38PM31-12, стоимостью 72 000 евро.

Проверка по условиям выбора высоковольтных выключателей:

$$\begin{array}{ll} U_{\text{н}} \geq U_{\text{уст}} & 38 \text{ кВ} \geq 35 \text{ кВ}, \\ I_{\text{н}} \geq I_{\text{ав.ток}} & 1200 \text{ А} \geq 210 \text{ А}, \\ I_{\text{откл}} \geq I_{\text{кз}} & 31,5 \text{ кА} \geq 4,1 \text{ кА}, \\ I_{\text{терм}} \geq i_{\text{уд}} & 31,5 \text{ кА} \geq 1,4 \text{ кА}. \end{array}$$

Выбираем секционный вакуумный выключатель с моторно-пружинным приводом(В8), фирмы АВВ, марки 38PM31-12, по расчетному току, стоимостью 72 000 евро.

Проверка по условиям выбора высоковольтных выключателей:

$$\begin{array}{ll} U_{\text{н}} \geq U_{\text{уст}} & 38 \text{ кВ} \geq 37,5 \text{ кВ}, \\ I_{\text{н}} \geq I_{\text{ав.ток}} & 1200 \text{ А} \geq 210 \text{ А}. \end{array}$$

Аварийный ток системы:

$$I_{ав.сис} = \frac{S_{ном.тр.сис}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср}} = \frac{63 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 37 \cdot 10^3} = 984,2 \text{ А}.$$

Выбираем элегазовые баковые выключатели с одной дугогасящей камерой на фазу (В1, В2, В3) фирмы АВВ, марки 121PM40-20В, стоимостью 143 600 евро.

Проверка по условиям выбора высоковольтных выключателей:

$$\begin{array}{ll} U_{н} \geq U_{уст} & 123 \text{ кВ} \geq 37 \text{ кВ}, \\ I_{н} \geq I_{ав.ток} & 1200 \text{ А} \geq 984,2 \text{ А}, \\ I_{откл} \geq I_{кз} & 123 \text{ кА} \geq 4,1 \text{ кА}, \\ I_{терм} \geq i_{уд} & 123 \text{ кА} \geq 10,4 \text{ кА}. \end{array}$$

К установке выбираем разъединители трехполюсные фирмы АВВ NSA123/1600+1Е с 1 комплектами заземляющих ножей, стоимость 132 000 евро.

Проверка по условиям выбора разъединителей

$$\begin{array}{ll} U_{н} \geq U_{уст} & 38 \text{ кВ} \geq 35 \text{ кВ}, \\ I_{н} \geq I_{ав.ток} & 1600 \text{ А} \geq 210 \text{ А}. \end{array}$$

Выбор ограничителей перенапряжения (ОПН) производится по напряжению. К установке выбираем ОПН фирмы АВВ, марки PEXLIM, стоимостью 6 000 евро.

Далее необходимо рассчитать капитальные затраты на строительство, а также эксплуатационные издержки.

1 евро равен 250 тенге.

Капитальные затраты на трансформатор ГПП:

$$K_{тр. гпп} = N \cdot K_{тр} = 2 \cdot 915000 \cdot 250 = 457500000 \text{ тг},$$

где N - количество трансформаторов,

$K_{тр}$ - стоимость трансформатора.

Капитальные затраты на ЛЭП:

$$K_{лэп} = l \cdot K_{лэп} = 2 \cdot 16 \cdot 20000 \cdot 250 = 160000000 \text{ тг},$$

где $K_{лэп}$ - стоимость 1 км ЛЭП.

Капитальные затраты на выключатели:

$$K_{B4-B8} = N \cdot K_B = 5 \cdot 72000 \cdot 250 = 90000000 \text{ тг ,}$$

где K_B - стоимость одного выключателя,
 N - количество выключателей.

Капитальные затраты на разъединители:

$$K_{P1-P4} = N \cdot K_P = 4 \cdot 132000 \cdot 250 = 132000000 \text{ тг ,}$$

где K_P - стоимость одного разъединителя,
 N - количество разъединителей.

Капитальные затраты на ОПН

$$K_{\text{ОПН}} = N \cdot K_{\text{ОПН}} = 4 \cdot 6000 \cdot 250 = 6000000 \text{ тг ,}$$

где $K_{\text{ОПН}}$ - стоимость одного ОПН,
 N - количество ОПН.

Долевое участие трансформатора системы:

$$\gamma_{II} = \frac{S_{p,\text{ЛЭП}}}{2 \cdot S_{\text{ном.тр.сис}}} = \frac{13426 \cdot 10^3}{2 \cdot 63 \cdot 10^6} = 0,10 .$$

Капитальные затраты на трансформатор системы:

$$K_{\text{тр. сис}} = \gamma_{II} \cdot N \cdot K_{\text{тр}} = 0,10 \cdot 2 \cdot 915000 \cdot 250 = 48746093 \text{ тг ,}$$

Долевое участие выключателей В1 и В2

$$\gamma_{B1-B2} = \frac{I_{\text{ав.ЛЭП}}}{I_{\text{ном.В1-В2}}} = \frac{210}{1200} = 0,175 .$$

Капитальные затраты на выключатели В1 и В2:

$$K_{B1-B2} = \gamma_{B1-B2} \cdot N \cdot K_B = 0,175 \cdot 2 \cdot 72000 \cdot 250 = 12565000 \text{ тг ,}$$

Долевое участие выключателя В3:

$$\gamma_{ВЗ} = \frac{I_{\text{авсис.ЛЭП}}}{I_{\text{ном.В1-В2}}} = \frac{984}{1200} = 0,82.$$

Капитальные затраты на выключатель ВЗ:

$$K_{ВЗ} = \gamma_{ВЗ} \cdot K_{В} = 0,82 \cdot 72000 \cdot 250 = 14760000 \text{ тг},$$

Суммарные капитальные затраты по второму варианту схемы:

$$\begin{aligned} \sum K_{II} &= K_{\text{тр.гпп}} + K_{\text{тр.сис}} + K_{\text{ЛЭП}} + K_{В1-В2} + K_{ВЗ} + K_{В4-В7} + K_{Р1-Р4} + K_{\text{ОПН}} \\ &= 921571093 \text{ тг}. \end{aligned}$$

Издержки на амортизацию:

$$I_{\text{а}} = I_{\text{а. обор}} + I_{\text{а. ЛЭП}} = 47978978 + 4480000 = 52458978 \text{ тг},$$

$$I_{\text{а. обор}} = E_{\text{а}} \cdot \sum K_{\text{обор}} = 0,063 \cdot 761571093 = 47978978 \text{ тг},$$

$$I_{\text{а. ЛЭП}} = E_{\text{а. ЛЭП}} \cdot \sum K_{\text{ЛЭП}} = 0,028 \cdot 160000000 = 4480000 \text{ тг},$$

где $E_{\text{а}}$ - норма амортизационных отчислений для оборудования, принимается равным 0,063 ,

$E_{\text{а. ЛЭП}}$ – норма амортизационных отчислений для ЛЭП, принимается равной 0,028.

Эксплуатационные издержки

$$I_{\text{э}} = I_{\text{э. обор}} + I_{\text{э. ЛЭП}} = 7615710,93 + 640000 = 8255710,93 \text{ тг},$$

$$I_{\text{э. обор}} = E_{\text{э}} \cdot \sum K_{\text{обор}} = 0,01 \cdot 761571093 = 7615710,93 \text{ тг},$$

$$I_{\text{э. ЛЭП}} = E_{\text{э. ЛЭП}} \cdot \sum K_{\text{ЛЭП}} = 0,004 \cdot 160000000 = 640000 \text{ тг}.$$

где $E_{\text{э}}$ - норма амортизационных отчислений для оборудования, принимается равным 0,01 ,

$E_{\text{э. ЛЭП}}$ – норма амортизационных отчислений для ЛЭП, принимается равной 0,004.

Издержки на потери

$$I_{\text{пот}} = C_0 \cdot (\Delta W_{\text{тр. гпп}} + \Delta W_{\text{лэп}}) = 12,5 \cdot (234823 + 339382) = 7177558 \text{ тг,}$$

где C_0 - стоимость электроэнергии равна 0,05 евро или 12,5 тенге.

Общие издержки по второму варианту схемы

$$\sum I_{II} = I_a + I_3 + I_{\text{пот}} = 52485978 + 8255710,93 + 7177558 = 67892248 \text{ тг.}$$

Общие затраты по второму варианту схемы

$$\sum Z_{II} = 0,12 \cdot \sum K_{II} + \sum I_{II} = 0,12 \cdot 921571093 + 67892248 = 178480779 \text{ тг,}$$

N варианта	U, кВ	$\sum K$, тенге	$\sum I$, тенге	$\sum Z$, тенге
1	110	695150000	47843426	131261426
2	35	921571093	67892248	178480779

$$N = \frac{Z_{III} - Z_I}{Z_{III}} = \frac{178480779 - 131261426}{178480779} \cdot 100 = 27\%,$$

следовательно выбираем как наиболее выгодный вариант питания от ЛЭП 110кВ.

4 Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U > 1 \text{ кВ}$

4.1 Расчет токов короткого замыкания $I_{кз}$ ($U = 10 \text{ кВ}$) с учетом подпитки от СД

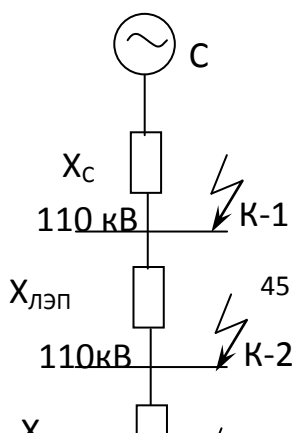


Рисунок 4.1 – Схема замещения электроснабжения ГПП

$S_6=1000$ МВА;

$$X_c = \frac{1000}{1000} = 1 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{лэп}} = \frac{x_0 \times L \times S_6}{U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,4 \times 16 \times 1000}{115^2} = 0,48, \text{ о.е.};$$

$$X_{\text{тр.ГПП}} = \frac{U_{\text{кз}} \times S_6}{100 \times S_{\text{нт}}}, \text{ о.е.};$$

$$X_{\text{тр сис}} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 10} = 10,5 \text{ о.е.}$$

$$I'_{\text{к-3}} = \frac{I_6}{X_c + X_{\text{лэп}} + X_{\text{тр.ГПП}}} = \frac{54,98}{10,5 + 0,48 + 1} = 4,76 \text{ кА.}$$

Рассчитаем ток подпитки от СД

В цехе установлено 4 синхронных двигателя со следующими характеристиками: $P_H=1250$ кВт, $U_H=10$ кВ, $x''_d=0,2\%$

$$S_{H\text{сд}} = \frac{P_{H\text{сд}}}{\cos\varphi} = \frac{1250}{0,9} = 1388,88, \text{ кВА};$$

$$I_{\text{сд}} = \frac{S_{H\text{сд}} \times K_3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1388,88 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 64,9, \text{ А};$$

Выбираем кабель к СД:

а) по экономической плотности тока: $F_9 = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{64,9}{1,4} = 46,36, \text{ мм}^2.$

б) по минимальному сечению:

$$F_{\text{min}} = \alpha \times I_{K3} \times \sqrt{t_n} = 12 \cdot 4,76 \cdot 0,49 = 28 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель марки ААШв-10- (3х50), $I_{\text{доп}}=130\text{А}$

$$x_{\text{каб.кСД}} = \frac{x_0 \times L \times S_6}{2 \times U_{\text{ср}}^2} = 0,27 \cdot 0,21 \cdot \frac{1000}{2 \cdot 10,5^2} = 0,26, \text{ о.е.}$$

$$x_{\text{сд}} = \frac{x''_d \times S_6}{\sum S_{H\text{сд}}} = 0,2 \cdot \frac{1000}{4 \cdot 1,388} = 36,02, \text{ о.е.}$$

Тогда ток от двигателей будет равен:

$$I_{\text{кзСД}} = \frac{E_{\text{сд}} \times I_6}{x_{\text{экв.}}} = \frac{1,1 \cdot 54,996}{0,26 + 36,02} = 1,67, \text{ кА.}$$

Суммарный ток КЗ в точке К-3 на шинах 220кВ с учетом подпитки от двигателей компрессорной будет равен:

$$\Sigma I_{кз} = I'_{к-3} + I_{\Sigma кз \text{ СД}} = 4,76 + 1,67 = 6,43 \text{ кА.}$$

Ударный ток в точке К-3: $i_{удз} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times \Sigma I_{кз} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,43 = 16,4 \text{ кА.}$

4.2 Выбор оборудования

4.2.1 Выбор выключателей

$$S_{р.завода} = 13400, \text{ кВА}; I_{р.зав.} = \frac{S_{р.зав.}}{2 \times \sqrt{3} \times U_H} = \frac{13400}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 368,4, \text{ А};$$

$$I_{ав} = 2 \times I_{р.зав.} = 2 \times 368,4 = 736,8 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10 – 20/1600 У2.

Секционный выключатель $I_p = \frac{I_{ав}}{2} = 368,4, \text{ А.}$

Принимаем выключатель типа ВВ/TEL- 10 – 12,5/630 У2.

Т а б л и ц а 4.1 Исходные данные выключателей

	Вводные выключатели		Секционный выключатель	
	Расчетные	Паспортные	Расчетные	Паспортные
$U_H, \text{ кВ}$	10,5	10,5	10,5	10,5
$I_H, \text{ А}$	736,8	1600	368,4	630
$I_{отк}, \text{ кА}$	6,43	12,5	6,43	12,5

Магистраль ГПП-(ТП1-ТП2):

$$S_{рТП1,2} = \sqrt{(P_{рТП1,2} + \Delta P_{трТП1,2})^2 + (Q_{рТП1,2} + \Delta Q_{трТП1,2})^2} \text{ кВА};$$

$$S_{рТП1,2} = \sqrt{(2913,65 + 34,77)^2 + (1379,5 + 184,34)^2} = 3337,48 \text{ кВА};$$

$$I_{ав\ тп1,} = \frac{3337,48}{\sqrt{3} \times 10,5} = 183,73 A;$$

$$I_{р\ тп1,} = \frac{183,73}{2} = 91,87 A;$$

Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5.630У2

Т а б л и ц а 4.2

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10,5$ кВ	$U = 10,5$ кВ
$I_H = 630$ А	$I_{ав} = 183,73$ А
$I_{откл} = 12,5$ кА	$I_{кз} = 6,43$ кА
$I_{скв} = 32$ кА	$I_{уд} = 16,4$ кА
$I^2 * t = (I_{откл})^2 \times 4 = 4096$ кА ² × с	$B = (I_{кз})^2 \times 0,12 = 3,37$ кА ² × с
Привод электромагнитный	

Магистраль ГПП-(ТПЗ-ТП4):

$$S_{рТПЗ,4} = \sqrt{(P_{рТПЗ,4} + \Delta P_{трТПЗ,4})^2 + (Q_{рТПЗ,4} + \Delta Q_{трТПЗ,4})^2} \text{ кВА};$$

$$S_{рТПЗ,4} = \sqrt{(3128,91 + 35,43)^2 + (925,83 + 187,93)^2} = 3354,63 \text{ кВА};$$

$$I_{ав\ тп3,} = \frac{3354,63}{\sqrt{3} \times 10,5} = 184,68 A;$$

$$I_{р\ тп3,} = \frac{184,68}{2} = 92,34 A;$$

Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5.630У2

Т а б л и ц а 4.3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10,5$ кВ	$U = 10,5$ кВ
$I_H = 630$ А	$I_{ав} = 184,68$ А
$I_{откл} = 12,5$ кА	$I_{кз} = 6,43$ кА
$I_{скв} = 32$ кА	$I_{уд} = 16,4$ кА
$I^2 * t = (I_{откл})^2 \times 4 = 4096$ кА ² × с	$B = (I_{кз})^2 \times 0,12 = 3,37$ кА ² × с
Привод электромагнитный	

Магистраль ГПП-(ТП5-ТП6):

$$S_{p\text{ТП5,6}} = \sqrt{(P_{p\text{ТП5,6}} + \Delta P_{\text{трТП5,6}})^2 + (Q_{p\text{ТП5,6}} + \Delta Q_{\text{трТП5,6}})^2} \text{ кВА};$$

$$S_{p\text{ТП5,6}} = \sqrt{(3080,17 + 34,77)^2 + (1051,78 + 184,34)^2} = 3351,25 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{ав ГПП5}} = \frac{3351,25}{\sqrt{3} \times 10,5} = 184,5 \text{ А};$$

$$I_{p \text{ ГПП5}} = \frac{180,5}{2} = 92,25 \text{ А};$$

Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5.630У2

Т а б л и ц а 4.4

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$	$I_{\text{ав}} = 184,5 \text{ А}$
$I_{\text{откл}} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{\text{кз}} = 6,43 \text{ кА}$
$I_{\text{скв}} = 32 \text{ кА}$	$I_{\text{уд}} = 16,4 \text{ кА}$
$I^2 * t = (I_{\text{откл}})^2 \times 4 = 4096 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$B = (I_{\text{кз}})^2 \times 0,12 = 3,37 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Привод электромагнитный	

Магистраль ГПП-СД:

$$S_{p\text{СД}} = \frac{P_{\text{нСД}}}{\cos \varphi} = \frac{1250}{0,9} = 1388,88 \text{ кВА};$$

$$I_{p\text{СД}} = \frac{S_{\text{СД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}} = \frac{1388,88 \cdot 0,85}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 64,9 \text{ А}.$$

Выбираем выключатель типа ВВ/TEL- 10-12,5.630У2

Т а б л и ц а 4.5

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$	$I_p = 64,9 \text{ А}$
$I_{\text{откл}} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{\text{кз}} = 1,67 \text{ кА}$
$I_{\text{скв}} = 32 \text{ кА}$	$I_{\text{уд}} = 4,24 \text{ кА}$

$I^2 \cdot t = (I_{откл})^2 \times 4 = 4096 \text{кА}^2 \times \text{с}$	$B = (I_{кз})^2 \times 0,12 = 7,4 \text{кА}^2 \times \text{с}$
Привод электромагнитный	

4.3 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

по напряжению установки: $U_{ном \text{ ТТ}} \geq U_{ном \text{ уст-ки}}$;

по току: $I_{ном \text{ ТТ}} \geq I_{расч}$;

по электродинамической стойкости: $K_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \times I_{ном \text{ ТТ}}}$;

по вторичной нагрузке: $S_{н2} \geq S_{нагр \text{ расч}}$;

по термической стойкости: $K_{тс} = \frac{I_{об} \times \sqrt{t}}{I_{ном \text{ ТТ}} \times t_{нт}}$;

а) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Т а б л и ц а 4.6

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
A	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Примем трансформатор тока ТВ10-1У2: $I_n = 1500 \text{ А}$; $U_n = 10,5 \text{ кВ}$; $S_n = 20 \text{ МВА}$.

Т а б л и ц а 4.7

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10,5 \text{ кВ}$	$U_n = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{ав} = 736,8 \text{ А}$	$I_n = 1500 \text{ А}$
$i_{уд} = 16,4 \text{ кА}$	$I_{дин} = 52 \text{ кА}$
$S_{2п} = 10,4 \text{ ВА}$	$S_{2н} = 20 \text{ ВА}$

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{приб} + R_{пров} + R_{к-тов}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}; \quad r_{2н} = \frac{S_{2н \text{ ТТ}}}{I_2^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом}.$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{H}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 1,2 - 0,26 - 0,1 = 0,84 \text{ Ом.}$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,84} = 0,16 \text{ мм}^2; \text{ принимаем провод АКР ТВ; } F=2,5 \text{ мм}^2;$$

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}; S_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 0,416 \cdot 5^2 = 10,5 \text{ ВА};$$

Где $R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,416 \text{ Ом}$

Выбираем трансформатор тока на секционном выключателе шин ГПП:

$I_p = 300 \text{ А}; \text{ ТПЛК-10УЗ}; I_n = 300 \text{ А}; U_n = 10,5 \text{ кВ.}$

Таблица 4.8

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Итого		0,5	0,5	0,5

Т а б л и ц а 4.9

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10,5 \text{ кВ}$	$U_n = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 736,8 \text{ А}$	$I_n = 800 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 16,4 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$S_{2\text{p}} = 4,4 \text{ ВА}$	$S_{2\text{H}} = 10 \text{ ВА}$

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом}; r_{2\text{H-ка}} = \frac{S_{2\text{HТТ}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{H}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,02 - 0,1 = 0,28 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,28} = 0,5 \text{ мм}^2; \text{ принимаем провод АКР ТВ; } F=2,5$$

$\text{мм}^2;$

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}; S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,176 \times 5^2 = 4,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = 0,02 + 0,056 + 0,1 = 0,176 \text{ Ом.}$$

б) Выбираем трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2); ГПП-(ТП3-ТП4); ГПП-(ТП5-ТП6); ГПП-СД; ГПП-ВБК.

Т а б л и ц а 4.10

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
Итого		5,5	5,5	5,5

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом}; \quad r_{\text{2н-ка}} = \frac{S_{\text{2нтт}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доптр}} = r_{\text{2н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,22 - 0,1 = 0,08 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2; \quad \text{принимаем кабель АКРТВ};$$

$$F = 2,5 \text{ мм}^2;$$

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом}; \quad S_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 0,376 \cdot 5^2 = 9,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = 0,22 + 0,056 + 0,1 = 0,376 \text{ Ом}.$$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2): $I_{\text{ав}} = 183,73 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10УЗ: $I_{\text{н}} = 300 \text{ А}$; $U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}} = 10 \text{ ВА}$.

Т а б л и ц а 4.11

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 183,73 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 300 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 16,4 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}} = 9,4 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}} = 10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП3-ТП4): $I_{\text{ав}} = 184,68 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10УЗ: $I_{\text{н}} = 300 \text{ А}$; $U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}} = 10 \text{ ВА}$.

Т а б л и ц а 4.12

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 184,68 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 300 \text{ А}$

$i_{уд} = 16,4 \text{ кА}$ $S_{2p} = 9,4 \text{ ВА}$	$I_{дин} = 52 \text{ кА}$ $S_{2н} = 10 \text{ ВА}$
---------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП5-ТП6): $I_{ав} = 184,5 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10УЗ: $I_n = 300 \text{ А}$; $U_n = 10,5 \text{ кВ}$; $S_n = 10 \text{ ВА}$.

Т а б л и ц а 4.13

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10,5 \text{ кВ}$ $I_{ав} = 184,5 \text{ А}$ $i_{уд} = 16,4 \text{ кА}$ $S_{2p} = 9,4 \text{ ВА}$	$U_n = 10,5 \text{ кВ}$ $I_n = 300 \text{ А}$ $I_{дин} = 52 \text{ кА}$ $S_{2н} = 10 \text{ ВА}$

Трансформаторов тока на СД: $I_p = 64,9 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10УЗ: $I_n = 100 \text{ А}$; $U_n = 10,5 \text{ кВ}$; $S_n = 10 \text{ ВА}$.

Т а б л и ц а 4.14

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10,5 \text{ кВ}$ $I_p = 64,9 \text{ А}$ $i_{уд} = 16,4 \text{ кА}$ $S_{2p} = 4,9 \text{ ВА}$	$U_n = 10,5 \text{ кВ}$ $I_n = 100 \text{ А}$ $I_{дин} = 52 \text{ кА}$ $S_{2н} = 10 \text{ ВА}$

4.4 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{ном} \geq U_{уст}$;
2. по вторичной нагрузке: $S_{ном2} \geq S_{2расч}$;
3. по классу точности
4. по конструкции и схеме соединения

Т а б л и ц а 4.15

Прибор	Тип	$S_{обм}, \text{ ВА}$	Число обм.	$\cos\varphi$	Число приб.	$P_{общ}, \text{ Вт}$	$Q_{общ}, \text{ вар}$
V	Э-350	2	2	1	2	8	-
W	Д-355	1,5	2	1	1	3	-
$V_{ар}$	И-345	1,5	2	1	1	3	-
W_h	СА3-И681	3	2	0,38	10	60	145,80
$V_{арh}$	СР4-И689	3	2	0,38	10	60	145,80
ИТОГО						134	291,60

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{134^2 + 291,60^2} = 320,92 \text{ ВА}$$

Выбираем ТН – НТМК-10-У3. Класс точности 3 для номинальной мощности 500 ВА.

Т а б л и ц а 4.16

$U_{HT} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{HT} = 10,5 \text{ кВ}$
$S_{H2} = 320,92 \text{ кВА}$	$S_{p2} = 500 \text{ ВА}$
Схема соединения обмоток $Y^{\Delta}/Y^{\Delta}/\zeta_1-0$	

4.5 Выбор выключателей нагрузки

ТП1,2 $I_p = 91,87 \text{ А}$ ТП3,4 $I_p = 92,34 \text{ А}$ ТП5,6 $I_p = 92,25 \text{ А}$;

Для всех трансформаторов принимаем выключатель нагрузки типа ВНПу-10/400-103пУ3

Т а б л и ц а 4.17

Расчетные	Паспортные
$U_H = 10,5 \text{ кВ}$	$U_H = 10,5 \text{ кВ}$
$I_{расч} = 92,34 \text{ А}$	$I_H = 400 \text{ А}$
$I_K = 6,4 \text{ кА}$	$I_{отк} = 10 \text{ кА}$

4.6 Выбор силовых кабелей отходящих линий

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

1. по экономической плотности тока: $F_3 = \frac{I_p}{j_3}$;
2. по минимальному сечению $F_{min} = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t_p}$;
3. по условию нагрева рабочим током $I_{доп \text{ каб}} \geq I_p$;
4. по аварийному режиму $I_{доп \text{ ав}} \geq I_{ав}$;
5. по потере напряжения $\Delta U_{доп} \geq \Delta U_{рас}$.

Выбираем кабель ГПП-ТП1-ТП2:

$$S_{рТП1,2} = 3337,48 \text{ кВА}; I_p = 91,87 \text{ А}; I_{ав} = 183,73 \text{ А}$$

а) по экономической плотности тока:

$$F_3 = I_p / j_{эк} = 91,87 / 1,4 = 65,62 \text{ мм}^2,$$

$$j_{эк} = 1,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \text{ - для } T_M = 3000-5000 \text{ ч.}$$

Принимаем кабель марки ААШв-10-(3x70); $I_{доп} = 215 \text{ А}$;

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

$$F_{min} = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t_{привед}} = 12 \cdot 6,4 \cdot 0,63 = 48,4 \text{ мм}^2;$$

принимая окончательно кабель ААШВ-10-(3х70); $I_{доп} = 215 \text{ А}$;

С учетом поправочного коэффициента $K_{попр}$, зависящего от количества кабелей проложенных в одной траншее $K_{попр} = 0,8$ (4 кабеля в траншее):

$$I_p / K_{попр} = 91,87 / 0,8 = 114,83 \text{ (} 130\text{А} > 114,83\text{А)}.$$

Условия выполняются, тогда окончательно принимаем кабель марки ААШВ-10-(3х50), с $I_{доп} = 130\text{А}$.

Все расчетные данные выбора остальных кабелей занесены в таблицу 3.18 – Кабельный журнал.

4.7 Выбор шин ГПП

Сечение шин выбирают по длительно допустимому току и экономической целесообразности. Проверку шин производят на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ.

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-80х6; $I_{доп} = 1625 \text{ А}$ (одна полоса на фазу), $I_{ав} = 769,28 \text{ А}$;

а) $I_{доп} \geq I_{ав}$;

б) проверка по термической стойкости к $I_{кз}$

$$F_{min} = \alpha \cdot I_{кз} \cdot \sqrt{t_{привед}} \text{ мм}^2 < F_n;$$

в) проверка по динамической стойкости к $i_{удкз} \geq \sigma_{доп} = 700 \text{ кгс/см}^2$:

$$f = \frac{1,75 \cdot 10^{-2} \cdot i_{уд}^2 \cdot L}{a} = \frac{1,75 \cdot 10^{-2} \cdot 16,4^2 \cdot 80}{100} = 394 \text{ кгс};$$

$$W = 0,167 \cdot b \cdot h^2 = 0,167 \cdot 1 \cdot 6 = 1,003 \text{ см}^3$$

$$\sigma_{расч} = \frac{f \cdot L}{10 \cdot W} = \frac{3,82 \cdot 80}{10 \cdot 1,002} = 30,5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

Где $L = 80 \text{ см}$ -расстояние между изоляторами;

$a = 100 \text{ см}$ -расстояние между фазами;

$b = 1 \text{ см}$ -толщина одной полосы;

$h = 6 \text{ см}$ -ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы

4.8 Выбор изоляторов

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

$$\text{по номинальному напряжению: } U_{ном} \geq U_{уст};$$

по допустимой нагрузке: $F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$.

Где $F_{\text{расч}}$ – сила, действующая на изолятор;

$F_{\text{доп}}$ – допустимая нагрузка на головку изолятора, $F_{\text{доп}} = 0,6 \cdot F_{\text{разруш}}$;

$F_{\text{разруш}}$ – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times 16,4^2 \times 80}{100} = 26,52 \text{ кгс}.$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-10-500У1, $F_{\text{разруш}} = 500$ кгс.

$F_{\text{доп}} = 0,6 \cdot F_{\text{разруш}} = 0,6 \cdot 500 = 300$ кгс. ($> 26,52$ кгс), условие выполняется

Таблица 4.18 – Кабельный журнал

Наименование участка	Sp, кВА	Кол-во кабелей в траншее	Нагрузка		По экономической плотности тока, мм ²		По допустимой нагрузке, мм ²		По току короткого замыкания, мм ²		Выбранный кабель	I _{доп} , А
					j _э	F _э	K _п	I _{доп}	I _к , А	S		
ГПП-ТП1-ТП2	3337,48	4	91,87	183,74	1,4	65,62	0,8	114,83	6400	70	ААШВ-10-(3x70)	215
ГПП-ТП3-ТП5	3354,63	4	92,34	184,67	1,4	65,96	0,8	115,42	6400	70	ААШВ-10-(3x70)	215
ГПП-ТП6	3351,25	4	92,25	184,50	1,4	65,89	0,8	115,31	6400	70	ААШВ-10-(3x70)	215
ГПП-СД	1388,88	4	64,9	-	1,4	46,35	0,8	81,13	6400	70	ААШВ-10-(3x70)	215

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда

В данной дипломной работе мы будем рассматривать Чугунолитейный цех и, соответственно, условия труда в нем.

Объектом анализа опасностей является система «человек-машина-окружающая среда». Основными компонентами такой системы являются человек, машина, среда; а сложные процессы между ними – основными компонентами, которые нуждаются в управлении.

Из принципа иерархичности системы следует, что ЧМС является многоуровневой, а при переходе от одного к другому уровню компоненты ЧМС должны претерпевать изменения.

В компонент среда могут входить люди, не входящие в подсистему «человек – машина», производственная среда и окружающая среда.

С точки зрения анализа и управления опасностями необходимо рассматривать и анализировать структурные элементы системы ЧМС.

Анализ опасностей делает предсказуемыми ЧП и, следовательно, их можно предотвратить соответствующими мерами. К главным моментам анализа опасностей относится поиск ответов на следующие вопросы. Какие объекты являются опасными? Какие ЧП можно предотвратить? Какие ЧП нельзя устранить полностью и как часто они будут иметь место?

Общий подход к анализу опасностей. Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные ЧП инициаторы, последовательности развития событий, пути предотвращения ЧП и смягчения последствий.

На практике анализ опасностей начинают с грубого исследования, позволяющего идентифицировать в основном источники опасностей. Затем при необходимости исследования могут быть углублены и может быть проведен детальный качественный анализ. Установления логических связей необходимо для расчета вероятностей ЧП. При анализе опасностей принимают во внимание используемые материалы, рабочие параметры системы, наличие и состояние контрольно-измерительных средств.

Защита от механического травмирования. К средствам защиты от механического травмирования относятся предохранительные, тормозные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки безопасности, системы дистанционного управления.

Предохранительные предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра, характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых значений.

Тормозные устройства подразделяют по конструктивному устройству, по способу срабатывания, по принципу действия.

Оградительные устройства – класс средств защиты, препятствующих попаданию человека в опасную зону. Применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок на станках, прессах, штампах, оголенных токоведущих частей.

Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные; по способу срабатывания; по характеру сигнала – на звуковые, световые, цветовые.

5.2 Расчет вентиляции Чугунолитейного цеха

Производственные и вспомогательные помещения должны быть оборудованы приточно - вытяжной вентиляцией в соответствии с требованиями Санитарных норм. Для вентиляции может использоваться также естественное проветривание. Применение той или другой вентиляции должно быть обосновано расчетом и определено в проекте.

Воздух рабочей зоны должен соответствовать санитарно - гигиеническим требованиям. Забор воздуха для системы приточной вентиляции должен осуществляться из зоны, где в атмосферном воздухе содержание радиоактивных и токсичных веществ, а также пыли составляет не более 0,1 ПДК и 0,3 ПДК для рабочих помещений.

На промышленных предприятиях при выполнении разнообразных технологических процессов происходит поступление в воздух рабочих помещений различных вредных веществ и тепловыделений. В одних случаях источником их является само технологическое оборудование, в других – вредные выделения образуются при выполнении технологических процессов.

Одним из эффективных средств, способствующих созданию в производственных помещениях нормальных метеорологических условий, удалению из них газов и паров, пыли, ликвидации образования взрывоопасных концентраций является промышленная вентиляция.

Определим количество приточного воздуха при избытках тепла по формуле:

$$G_{пр} = \frac{Q_{изб}}{c \cdot \gamma_{пр} \cdot (t_{выт} - t_{пр})}, \quad (5.1)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/кг $^{\circ}\text{C}$, равная 1 кДж/(кг $^{\circ}\text{C}$);

$\gamma_{пр}$ - плотность поступающего в помещение воздуха, кг/м³;

$Q_{изб}$ - избыточное выделение явной теплоты, кДж/ч;

$t_{выт}$ - температура удаляемая из помещения за пределы рабочей или обслуживаемой зоны, $^{\circ}\text{C}$;

t_{np} - температура приточного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Температура удаляемого из помещения воздуха определяется по формуле:

$$t_{\text{выт}} = t_{p.z.} + \Delta t \cdot (H-2) \quad (5.2)$$

где $t_{p.z.}$ – температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам ($t_{p.z.}$ не больше $t_{\text{дон}}$), $^{\circ}\text{C}$;

Δt – температурный градиент по высоте помещения (превышение t высоты помещения), $^{\circ}\text{C}$;

H – расстояние от пола до центра вытяжных проемов (высота помещения), м;

2 - высота рабочей зоны, м.

$$Q_{\text{изб}} = \Sigma Q - \Sigma Q_{\text{ух}}, \quad (5.3)$$

где ΣQ – суммарное количество поступающей в помещение явной теплоты;

$\Sigma Q_{\text{ух}}$ – суммарное количество уходящей из помещения теплоты.

Исходные данные:

Разрабатывается система вентиляции электроремонтного цеха длиной 180 метра и шириной 51 метра, $S=9180 \text{ м}^2$.

Площадь восемнадцати световых прямоугольных проемов $F_{\text{ост}} = 280 \text{ м}^2$ (площадь окна $3,5 \times 4$, на данном участке 20 окон),

Температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам ($t_{p.z.}$ не больше $t_{\text{дон}}$), $t_{p.z.} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$..

Расстояние от пола до центра вытяжных проемов (высота помещения), $H = 5 \text{ м}$.

Температура удаляемого из помещения воздуха определяется по формуле:

$$t_{\text{выт}} = 22 + 1 \cdot (5 - 2) = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Тепловыделения от искусственного освещения:

$$Q_1 = 1000N = 1000 \cdot 1,98 = 1980 \text{ Дж/ч},$$

где $N = 1,98 \text{ кВт}$ – расходуемая мощность светильников, кВт.

Тепловыделения от людей:

$$Q_2 = n \cdot q_{\text{ч}} = 200 \cdot 40 = 8000 \text{ Дж/ч},$$

где q – количество тепла, выделяемое одним человеком, 200 Вт,
 n – число работающих, равно 40 человек.

Количество тепла, поступающего в помещение через световые проемы от солнечной радиации:

$$Q_3 = F_{\text{ост}} \cdot q_c \cdot A_{\text{ост}} = 280 \cdot 110 \cdot 1,45 = 44660 \text{ Дж/ч},$$

где $F_{\text{ост}}$ – площадь поверхности остекления;
 $q_c = 110 \text{ Вт/м}^2$ – теплопоступления через 1 м^2 при одинарном остеклении в стальных переплетах;
 $A_{\text{ост}} = 1,45$.

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1980 + 8000 + 44660 = 54640 \text{ Дж/ч}.$$

Потери тепла из помещения Q_{yx} через стены, двери, окна оценивают ориентировочно по формуле:

$$Q_{yx} = \frac{\lambda \cdot S \cdot (t_{\text{вып}} - t_{\text{пр}})}{\delta}, \quad (5.4)$$

$$Q_{yx} = \frac{0,41 \cdot 9180 \cdot (25 - 18)}{0,3} = 87822 \text{ Дж/ч},$$

где $\lambda = 0,41 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$ – теплопроводность стен;
 S – площадь помещения, м^2 ,
 δ – толщина стен, м.

Избыточное тепло определяется по формуле:

$$Q_{\text{изб}} = \Sigma Q - \Sigma Q_{yx}, \quad (5.5)$$

$$Q_{\text{изб}} = \Sigma Q - \Sigma Q_{yx} = 54640 - 87822 = 33182 \text{ Дж/ч},$$

где ΣQ – суммарное количество поступающей в помещение явной теплоты;

ΣQ_{yx} – суммарное количество уходящей из помещения теплоты.

Определим количество приточного воздуха при избытках тепла по формуле:

$$G_{np} = \frac{Q_{\text{изб}}}{c \cdot \gamma_{np} \cdot (t_{\text{выт}} - t_{np})} = \frac{33182}{1 \cdot 1,2 \cdot (25 - 18)} = 3950,24 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

Рассчитаем общеобменную вентиляцию. Ее характеризуют кратностью воздухообмена (1/ч), которая показывает, сколько раз в течение часа весь воздух в помещении обновится:

$$k = \frac{G}{V_{пом}}, \quad (4.6)$$

где G – количество воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения, $м^3/ч$,

$V_{пом}$ - объем помещения, $м^3$.

По этой формуле можно определить необходимый объем подаваемого воздуха, выбрав кратность воздухообмена из справочников по проектированию промышленных зданий.

$$G = k \cdot V_{пом} = 0,05 \cdot 45900 = 2295 м^3 / ч,$$

где $k=0,05$ 1/ч СНиП 2.04.05-91.

Устанавливаем вентиляторы радиальные канальные ВК-П, паспортные данные которого приведены в таблице 5.1.

Общие сведения:

- Одностороннего всасывания,
- Корпус прямоугольного сечения из углеродистой стали,
- Рабочее колесо: с загнутыми вперед лопатками;

Назначение:

- Системы вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления
- Технологические установки различного назначения

Варианты изготовления:

- Общего назначения из углеродистой стали
- Взрывозащищенные из разнородных материалов
- Взрывозащищенные из алюминиевых сплавов

Таблица 5.1- Основные технические данные вентилятора ВК-П

Типоразмер вентилятора	Двигатель		Производительность, тыс. м3/ч	Статическое давление, Па	Масса вентилятора без двигателя, не более, кг	
	Типоразмер	Мощность, кВт				Частота вращения вала, n-1
ВК-П 4-2-1	АИР50А2	0,09	3000	0,2-0,6	240-90	15,5

Охрана окружающей среды. Определение санитарно-защитной зоны
 Котельная является источником биологического воздействия на окружающую среду и здоровье человека. В связи с этим необходимо определить ее санитарно-защитную зону. Для этого определим: максимальные концентрации примесей в атмосфере; расстояние, на котором достигается максимальная концентрация; приземные концентрации на различных расстояниях и расчетный размер участка местности, где

концентрация вредных веществ превышает ПДК, а также определим и построим санитарно-защитную зону котельной.

Исходные данные для котельной

Высота трубы 35 м, диаметр трубы 1,5 м, температура выброса паров 165°C, температура воздуха - 23°C Котельная работает на угле. Выбросы загрязнителей, измеренные в трубе (отходящих газах) котельной: SO₂ двуокись серы – 235 г/с, NO₂ двуокись азота – 20 г/с, сажа – 117 г/с. Степень очистки воздуха – 60 %. Район расположения – город Алматы.

4.2.1 Определение максимальной концентрации примесей в атмосфере с учетом веществ, обладающих эффектом суммации

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_M определяется по формуле

$$C_M = \frac{A_x \cdot M_x \cdot F_x \cdot m_x \cdot n_x \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{1x} \cdot \Delta T}}, \quad (5.7)$$

где A- коэффициент температурной сертификации. Для Казахстана A=200;

M- масса вредного вещества, выбрасываемого в единицу времени, г/с;

F- коэффициент, учитывающий скорость оседания веществ;

F=1 для газообразных веществ

F=2 для золы

η - коэффициент рельефа местности; $\eta = 1$ для ровной поверхности;

H – высота источника, м.

V₁- расход газовой смеси, м³/с;

$$\Delta T = T_2 - T_8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\Delta T = 165 - 23 = 142^\circ\text{C},$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0 = \frac{3,14 \cdot 2,25}{4} \cdot 5 = 8,83(\text{м}^3/\text{с}).$$

Значение коэффициентов m и n определяется в зависимости от параметров f, v_M, v_M', V_1

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1000 \cdot \frac{5^2 \cdot 1,5}{35^2 \cdot 142} = 0,2 \text{ Гц},$$

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{8,83 \cdot 142}{35}} = 2,14,$$

$$v_M' = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H} = 1,3 \cdot \frac{5 \cdot 1,5}{35} = 0,3 \text{ м/с.}$$

Так как $f < 100$, коэффициент m определяем по следующей формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,2} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,2}} = 0,9.$$

Так как $f < 100$ и $v_M \geq 2$, то коэффициент $n=1$.

Максимальная концентрация золы в атмосфере

$$C_{MЗ} = \frac{A \cdot M_z \cdot F_z \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 117 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{8,83 \cdot 142}} = 0,97 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация SO₂ в атмосфере

$$C_{MSO_2} = \frac{A \cdot M_{SO_2} \cdot F_z \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 235 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{8,83 \cdot 142}} = 0,97 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация NO_x в атмосфере

$$C_{MNO_x} = \frac{A \cdot M_{NO_x} \cdot F_z \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{8,83 \cdot 142}} = 0,083 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация газов в атмосфере

$$C_{MГ} = \frac{A \cdot M_{\Sigma} \cdot F_z \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}},$$

где $M_{\Sigma} = M_{SO_2} + 5,88 \cdot M_{NO_x} = 235 + 5,88 \cdot 20 = 353 \text{ г/с}$,

$$C_{MГ} = \frac{200 \cdot 353 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{8,83 \cdot 142}} = 1,46 \text{ мг/м}^3.$$

4.2.2 Определение расстояния, на котором достигается максимальная концентрация

Расстояние X_M (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) при неприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_M , определяется по формуле

$$X_M = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (5.8)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ и $v_M > 2$ находится по формуле

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_M} \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{2,14} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,2}) = 12.$$

Для смеси газов

$$X_{MG} = \frac{5-1}{4} \cdot 12 \cdot 35 = 420 \text{ м.}$$

Для золы

$$X_{MZ} = \frac{5-2}{4} \cdot 12 \cdot 35 = 315 \text{ м.}$$

Значение опасной скорости U_M (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_M , определяется по формуле

$$U_M = v_M \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}) = 2,14 \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{0,2}) = 2,25 \text{ м/с}$$

4.2.3 Расчет приземных концентраций на различных расстояниях и определение L_0

При опасной скорости ветра U_M приземная концентрация вредных веществ c (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях x (м) от источника выброса определяется по формуле

$$c = S_i \cdot C_M, \quad (5.9)$$

где S_i - безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения x/x_M и коэффициента F по формулам:

$$s_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{x_M}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_M}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_M}\right)^2, \text{ при } \frac{x}{x_M} \leq 1,$$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{x}{x_M}\right)^2 + 1}, \text{ при } 1 \leq \frac{x}{x_M} \leq 8,$$

$$s_1 = \frac{1}{0.1 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + 2.47 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right) - 17.8}, \text{ при } \frac{X}{X_m} > 8,$$

Для золы

$$x_1 = 50 \text{ м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{50}{315} = 0,16, \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 = 0,12.$$

$$C = 0,12 \cdot 0,97 = 0,12 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

$$x_2 = 100 \text{ м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{100}{315} = 0,32, \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 = 0,38.$$

$$C = 0,38 \cdot 0,97 = 0,37 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

$$x_3 = 315 \text{ м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = 1, \quad s_1 = 1, \quad C = 1 \cdot 0,97 = 0,97 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

$$x_4 = 700 \text{ м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{700}{315} = 2,22, \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13(2,22)^2 + 1} = 0,69.$$

$$C = 0,69 \cdot 0,97 = 0,67 \text{ мг} / \text{м}^3$$

$$x_6 = 1419 \text{ м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{1419}{315} = 4,5, \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13(4,5)^2 + 1} = 0,31.$$

$$C = 0,31 \cdot 0,97 = 0,301 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

Таблица 5.1 Расчетные значения x (расстояния) и C (источника выброса) для золы

x – расстояние, м	50	100	315	700	1419
C – источник выброса, мг/м ³	0,12	0,37	0,97	0,67	0,301

П
ДК = 0,3

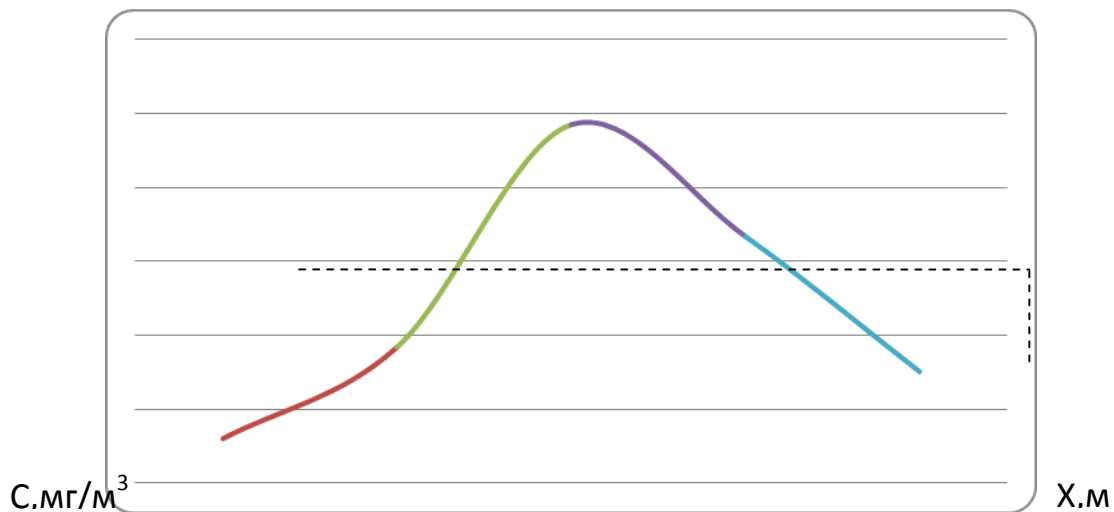


Рисунок 5.3 Приземная концентрация в зависимости от X_i/X_m (для золы)

Для смеси газов

$$x_1 = 90\text{м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{90}{420} = 0,21, \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 = 0,2.$$

$$C = 0,2 \cdot 1,46 = 0,3\text{мг}/\text{м}^3.$$

$$x_2 = 420\text{м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = 1, \quad s_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 = 1.$$

$$C = 1 \cdot 1,46 = 1,46\text{мг}/\text{м}^3$$

$$x_3 = 1000\text{м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{1000}{420} = 2,38, \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13(2,38)^2 + 1} = 0,65.$$

$$C = 0,65 \cdot 1,46 = 0,95\text{мг}/\text{м}^3.$$

$$x_6 = 1765\text{м}, \quad \frac{x_1}{x_m} = \frac{1765}{420} = 4,2 \quad s_1 = \frac{1,13}{0,13(4,2)^2 + 1} = 0,34.$$

$$C = 0,34 \cdot 1,46 = 0,501\text{мг}/\text{м}^3.$$

Таблица 5.2 Расчетные значения x (расстояния) и C (источника выброса) для смеси газов

x – расстояние,м	90	420	1000	1765
C – источник выброса, мг/м ³	0,30	1,46	0,95	0,501

$$\text{ПДК} = 0,5$$

$$C, \text{мг}/\text{м}^3$$

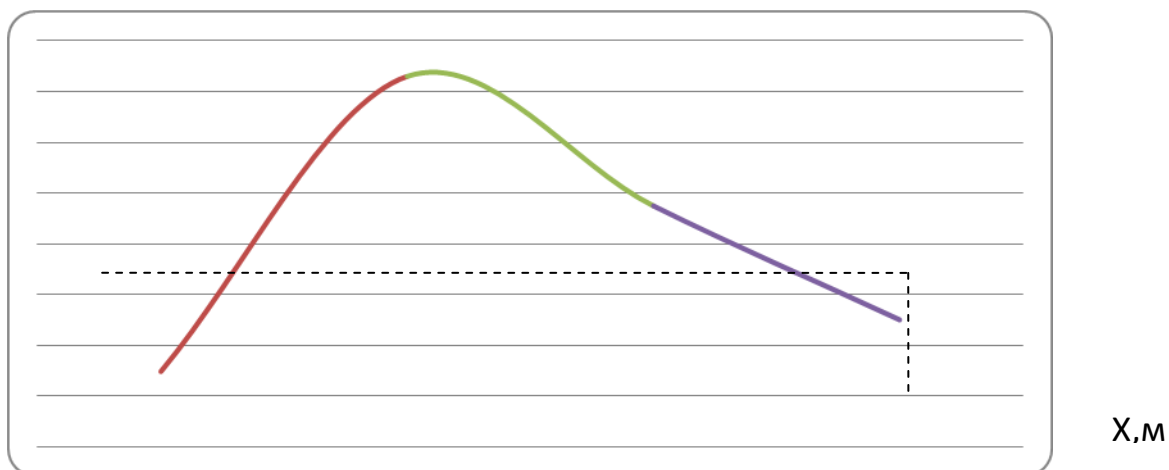


Рисунок 5.4 Приземная концентрация в зависимости от X_i/X_m (для смеси газов)

Из графиков находим значение L_0 для золы и смеси газов:

Вещество	L_0 , м
Зола	1419
Газы	1765

5.2.4 Определение и построение санитарно-защитной зоны

Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий производится по формуле

$$L = L_0 \frac{P}{P_0}$$

где L (м) – расчетный размер СЗЗ; L_0 (м) – расчетный размер участка местности в данном направлении, где концентрация вредных веществ (с учетом фоновой концентрации от других источников) превышает ПДК; P (%) - среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба; P_0 (%) – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров. Например, при восьми румбовой розе ветров $P_0 = 100/8 = 12,5$ %.

Направление ветров: Север = 9 %, Северо-восток = 12%, Восток = 7%, Юго-восток = 23%, Юг = 16 %, Юго-запад = 20 %, Запад = 7 %, Северо-запад = 6 %.

Расчетный размер санитарно-защитной зоны

$$L_C = L_0 \cdot \frac{P_C}{P_0} = 1765 \frac{9}{12,5} = 1271 \text{ м,}$$

$$L_{\text{Ю}} = L_0 \cdot \frac{P_{\text{Ю}}}{P_0} = 1765 \frac{16}{12,5} = 2259 \text{ м,}$$

$$L_{\text{СВ}} = L_0 \cdot \frac{P_{\text{СВ}}}{P_0} = 1765 \frac{12}{12,5} = 1694 \text{ м,}$$

$$L_{\text{ЮЗ}} = L_0 \cdot \frac{P_{\text{ЮЗ}}}{P_0} = 1765 \frac{20}{12,5} = 2824 \text{ м,}$$

$$L_B = L_0 \cdot \frac{P_B}{P_0} = 1765 \frac{7}{12,5} = 988 \text{ м,}$$

$$L_3 = L_0 \cdot \frac{P_3}{P_0} = 1765 \frac{7}{12,5} = 988 \text{ м,}$$

$$L_{\text{ЮВ}} = L_0 \cdot \frac{P_{\text{ЮВ}}}{P_0} = 1765 \frac{23}{12,5} = 3248 \text{ м,}$$

$$L_{\text{СЗ}} = L_0 \cdot \frac{P_{\text{СЗ}}}{P_0} = 1765 \frac{6}{12,5} = 847 \text{ м.}$$



Рисунок 5.5 Роза ветров и санитарно-защитная зона

5.3 Заземление ГПП

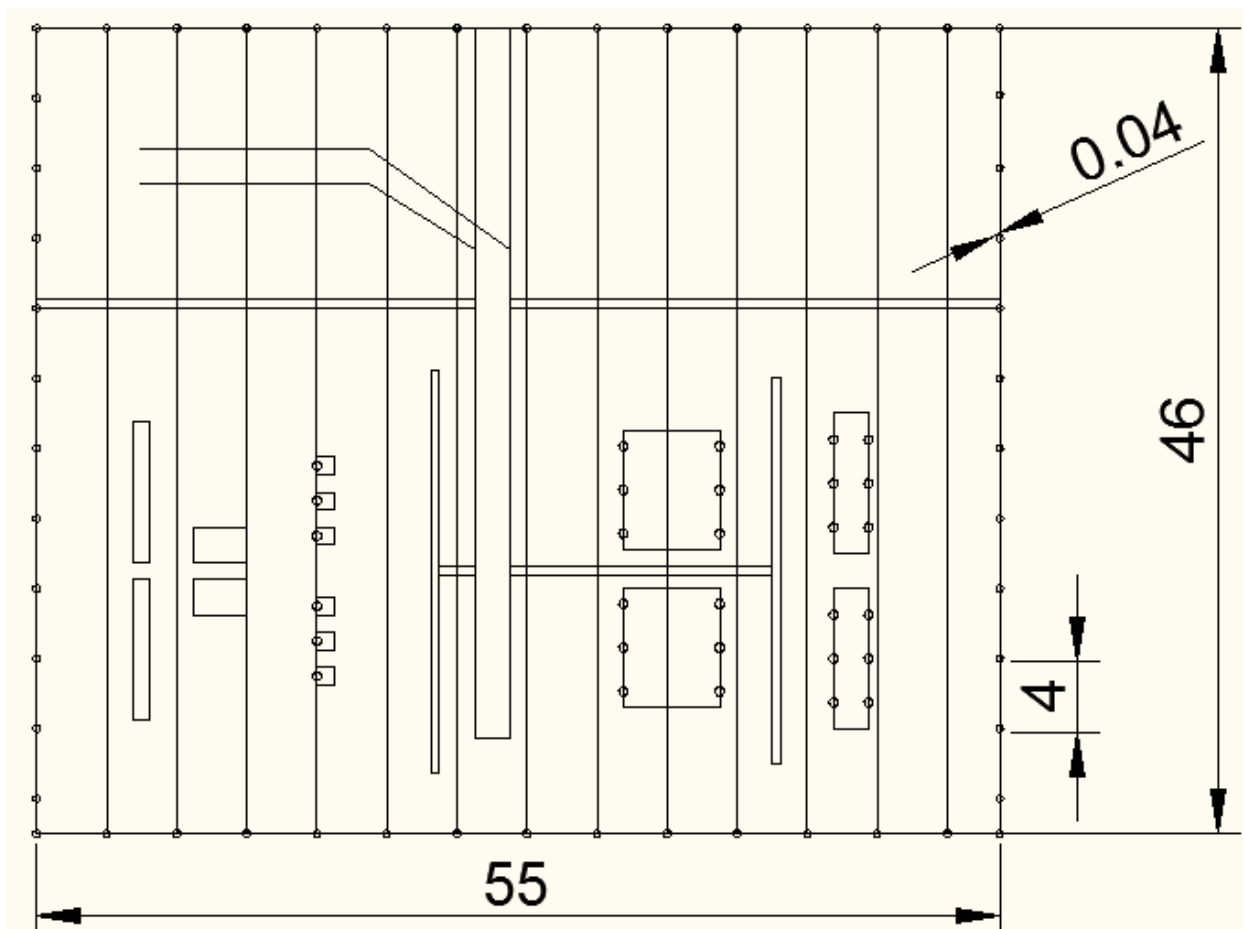


Рисунок 5.5 – схема группового контурного стержневого заземлителя с внутренними параллельными полосами

Расчет заземляющего устройства ОРУ 110кВ

Исходные данные:

Обтекаемый ток короткого замыкания на стороне 110 кВ $I_{кз}=4520\text{А}$.

Размеры з выбраны в соответствии с размерами приведенными в основной части проекта. $S_{ОРУ}=55 \times 46=2530\text{ м}^2$,

$\sqrt{S}=50,3\text{ м}$.

Грунт двухслойный, удельное сопротивление верхнего слоя $R_{2изм}=40\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

По периметру контура в грунт забиты вертикальные элементы. Диаметр $d=0,04\text{ м}$ и длиной $l=5\text{ м}$, соединенные стальной полосой сечением $40 \times 4\text{ мм}$, горизонтальная сетка внутри контура состоит из полос сечением $4 \times 40\text{ мм}$.

Толщина нижнего слоя $h_1=3\text{ м}$;

Глубина погружения электрода в землю – расстояние от поверхности земли до электрода $t_0=0,5\text{ м}$.

$$P_{1\text{расч}} = P_{1\text{изм}} \cdot \psi = 80 \cdot 5 = 400 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Где ψ – коэффициент сезонности для слоя сезонных изменений в многослойной земле, $\psi = 5$ – для климатической зоны. $P_{2\text{изм}} = P_{2\text{рас}} = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, так как условная толщина слоя сезонных изменений во II климатической зоне $H=2,0 \text{ м}$, что меньше толщины верхнего слоя земли $h_1=3\text{м}$. Отношение $\frac{P_{1\text{рас}}}{P_{2\text{рас}}}$, с учетом сезонности:

$$\frac{P_{1\text{рас}}}{P_{2\text{рас}}} = \frac{400}{40} = 10$$

$a=4\text{м}$ – расстояние между вертикальными электродами в модели заземлителя.

Определили число вертикальных электродов, при известном a

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{4} = \frac{4 \cdot 50,3}{4} = 50,3 \approx 51$$

Относительная длина верхней части вертикального электрода, т.е. части, находящейся в верхнем слое земли, $l_{\text{отн}}$, определена из выражения

$$l = \frac{h_1 - l_0}{l_B} = \frac{3 - 0,5}{5} = 0,5$$

Эквивалентное удельное сопротивление $P_{\text{Э}}$ двухслойной земли для сплошного заземлителя в виде горизонтальной сетки с вертикальными электродами определено также по формуле

$$P_{\text{Э}} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^k \cdot P_2$$

Где показатель степени $k=0,43 \cdot \left[0,5 + 0,272 \ln \frac{4\sqrt{2}}{5} \right] = 0,2294$,

при $1 \leq \frac{P_{1\text{рас}}}{P_{2\text{рас}}} \leq 10$

$$P_{\text{Э}} = \left(\frac{400}{40} \right)^{0,2294} \cdot 40 = 67,842 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Определили сопротивление сплошного заземлителя, состоящего из контура вертикальных заземлителей, соединенных горизонтальными электродами и сетки, которая находится внутри контура.

Сопrotивление сложного заземлителя определили по формуле:

$$R_3 = 0,443 \cdot \frac{P_2}{\sqrt{S}} \cdot \left[\frac{P_1}{P_2} \right]^2 + \frac{P_1}{L + n \cdot l_B}$$

$$L = 12 \cdot 46 + 13 \cdot 55 = 1267 \text{ м}$$

$$g = \frac{2 \cdot h_1}{\sqrt{S} + n + l_e} = \frac{2 \cdot 3}{50,3 + 51 \cdot 27,5} = 0,00413$$

$$l_e = l_1 + l_2 \cdot \frac{P_{1\text{рас}}}{P_{2\text{рас}}} = 2,5 + 2,5 \cdot \frac{400}{40} = 27,5 \text{ м}$$

L- общая длина проводников, n- число вертикальных проводников.

$$R_3 = 0,443 \cdot \frac{40}{50,3} \cdot \left[\frac{400}{40} \right]^{0,00413} + \frac{400}{1267 + 51 \cdot 27,5} = 0,503 \text{ Ом}$$

Коэффициент напряжения прикосновения α определен из следующего выражения для заземлителей типа сетки с равномерным распределением проводников и дополненной вертикальными проводниками.

$$\alpha_1 = M \cdot \left[\frac{a \cdot \sqrt{S}}{l_B \cdot L} \right]^{0,45} = 0,82 \cdot \left[\frac{4 \cdot 50,3}{27,5 \cdot 1267} \right]^{0,45} = 0,08$$

Где M – функция отношения $P1/P2 = 0,82$

Коэффициент снижения напряжения прикосновения, зависящий от удельного сопротивления верхнего слоя земли, определен из

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + 1,5 \cdot P_{1\text{рас}}} = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 400} = 0,625$$

Rh- удельное сопротивление человека, Rh=1000 Ом.

Допустимое напряжение прикосновения

$$U_{\text{ПРМАКС}} = I_{\text{КЗ}} \cdot R_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 4520 \cdot 0,62 \cdot 0,08 \cdot 0,625 = 140,12 \text{ В}$$

Допустимое время воздействия -0,1с.

Потенциал заземлителя

$$\Phi_3 = I_{\text{КЗ}} \cdot R_3 = 4520 \cdot 0,503 = 2273,56 \text{ В}$$

$$\text{Напряжение } U_{\text{ПРМАКС}} = \Phi_3 \cdot \alpha_1 = 2273,56 \cdot 0,08 = 181,88\text{В}$$

Из условий безопасности прикосновения человека к заземленным предметам в зоне ЗУ в эффективно заземленной сети

$$U_{\text{ПР}} = U_{\text{ПРМАКС}} - I_h \cdot 1,5 \cdot P_{1\text{РАС}}$$

$$I_h = \frac{U_{\text{ПРМАКС}}}{R_h + 1,5 \cdot P_{1\text{РАС}}} = \frac{181,88}{1000 + 1,5 \cdot 400} = 0,113$$

$$U_{\text{ПР}} = 181,88 - 0,113 \cdot 1,5 \cdot 400 = 114,08\text{В}$$

Проверка по условию безопасности, где $U_{\text{ПРДОП}}=1000\text{В}$
 $114,08\text{В} \leq 1000\text{В}$

Условие выполняется

Коэффициент напряжения шага для сложного заземлителя, состоящего из сетки и ряда вертикальных проводников, определен из таблицы. $\beta=0,15$

Определили коэффициент β_2 – коэффициент снижения напряжения шага, зависящий от удельного сопротивления верхнего слоя земли.

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 6 \cdot P_{1\text{РАС}}} = \frac{1000}{1000 + 6 \cdot 400} = 0,294$$

Определили напряжение шага

$$U_{\text{Ш}} = I_{\text{КЗ}} \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 4520 \cdot 0,503 \cdot 0,15 \cdot 0,294 = 100,26\text{В}$$

$$U_{1-2\text{МАКС}} = \Phi_3 \cdot \beta_1 = 2273,56 \cdot 0,15 = 341,03\text{В}$$

Ток через тело человека

$$I_h = \frac{U_{1-2\text{МАКС}}}{R_h + 6 \cdot P_{1\text{РАС}}} = \frac{341,03}{1000 + 6 \cdot 400} = 0,1\text{А}$$

Проверка по условию безопасности:

$$U_{1-2\text{МАКС}} - I_h \cdot 6 \cdot P_{1\text{РАС}} = 341,03 - 0,1 \cdot 6 \cdot 400 = 101,03\text{В}$$

$101,03\text{В} \leq 1000\text{В}$, условие безопасности выполняется

Проверка возможности использования данного заземлителя, по требованиям R_3

$$R' = \frac{U_{\text{ПРДОП}}}{I_{\text{КЗ}} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2} = \frac{1000}{4520 \cdot 0,08 \cdot 0,625} = 4,420 \text{ м}$$

$$R'' = \frac{U_{\text{ПРДОП}}}{I_{\text{КЗ}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2} = \frac{1000}{4520 \cdot 0,15 \cdot 0,294} = 5,020 \text{ м}$$

Таким образом полученное в результате расчетов $R_3=0,503$ удовлетворяет условиям ПУЭ, так и выше приведенным условиям, т.е. $R_3 < R_3'$; $R_3 < R_3''$

Расчет выносного ЗУ для РУ 10/0,4 кВ

В электроустановках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью в качестве расчетного тока принимается ток, вычисленный по формуле

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot l_K)}{350} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot (35 \cdot 0,27)}{350} = 0,46 \text{ А,}$$

Где U – фазное напряжение сети, кВ;

l_K – общая длина кабельных линий подключенных к сети, км;

$$l_K = 3 \cdot (0,08 \cdot 0,5 + 0,05) = 0,27 \text{ км}$$

При выносимом исполнении заземления заземлители расположены на некотором удалении от заземляемого устройства. Поэтому заземленные корпуса находятся вне поля растекания – на земле, и человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли, если не учитывать коэффициента α_2 , $U_{\text{ПР}}=U_3$.

Ток через человека с учетом $\alpha_2=0,625$

$$I_h = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_h} \cdot \alpha_2 = \frac{0,46 \cdot 0,503}{1000} \cdot 0,625 = 0,00014 \text{ А}$$

Напряжение прикосновения

$$U_{\text{ПРМАКС}} = I_3 \cdot R_3 \cdot \alpha_2 = 0,46 \cdot 0,503 \cdot 0,625 = 0,14 \text{ В}$$

Потенциал заземлителя

$$\Phi_3 = I_3 \cdot R_3 = 0,46 \cdot 0,503 = 0,23 \text{ В}$$

Напряжение шага

$$U_{\text{ш}} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_2 = 0,46 \cdot 0,503 \cdot 0,294 = 0,068\text{В}$$

Ток через тело человека

$$I_h = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_h} \cdot \beta_2 = \frac{0,46 \cdot 0,503}{1000} \cdot 0,294 = 0,000068\text{А}$$

Допустимые значения напряжения прикосновения и проходящего через тело человека тока, при воздействии 1с.

$U_{\text{пр}}=36\text{ В}$, $I_{\text{h}}=6\text{мА}$, т.е. условия безопасности выполнены.

6 Экономическая часть

6.1 Цели разработки проекта

Целью технико-экономического обоснования является обеспечение строительства подстанции 220/10 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 10 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии агломерационной фабрики данного района со стороны 110 и 10кВ.

Проектируемую подстанцию и прилегающие к ней сети предполагается разместить вне населенных пунктов в равнинной местности. Сооружение ЛЭП 110 и 10 кВ предполагается с использованием железобетонных опор.

Для строительства подстанции, передачи электроэнергии по тарифу, который ниже действующего, создается ТОО «Болат И К^о», чтобы создать конкуренцию на розничном рынке по передаче электроэнергии.

Целью создания ТОО – получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителя.

6.2 Анализ рынка сбыта

В связи с выявленным дефицитом в ТОО «Болат и К^о» в электроснабжении потребителей рассматриваемого района, предполагается, что сооружение межсистемной связи позволит ТОО реализовать дополнительную электроэнергию потребителям.

Энергетический эффект от развития сети 110 кВ будет характеризоваться дополнительной подачей электроэнергии заводу тяжелого машиностроения, при выходе завода на полную мощность.

Расчетный период принят 30 лет и включает в себя время строительства энергообъекта, период временной эксплуатации и годы с режимом нормальной эксплуатации до окончательного физического срока службы основного энергетического оборудования подстанции и прилегающих сетей.

6.3 Тарифы на электроэнергию

Так как ТОО «Болат И К^о» занимается энергообеспечением, а так же осуществляющих подготовку кадров для управления и обслуживания систем энергообеспечения. Поэтому оценка результатов производственной деятельности образуется от продажи выработанной электроэнергии на

объект.

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы Т=17 тенге за 1 кВт ч.

6.4 План производства

В соответствии со строительными нормами срок строительства подстанции, установленной мощности 2х63 МВА, и прилегающих сетей 110 принят равным одному году.

В соответствии с нормами освоения введенных энерго мощностей, была определена программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции, приведенная в таблице 6.1.

Т а б л и ц а 6.1 – Программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции

Показатели	Годы строительства и эксплуатации		
	1	2	3
Коэффициент нагрузки, %	0,75	0,78	0,81
Поступление энергии в сеть, кВт час	40 200 000	41 808 000	43 416 000

6.5 Организационный план

Организационная структура управления ТОО будет такой же, как и в других сетях компаниях.

На п/ст и прилегающих к ней сетях устанавливается современное высокоавтоматизированное оборудование, что обеспечивает высокий уровень надежности электроснабжения.

Ремонт будет осуществляться с помощью персонала специализированных ремонтных организаций.

6.6 Юридический план

ТОО «Болат И К^о» занимается разработкой и продажей электроэнергии. Особо сложные ремонтные работы выполняются с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций.

Кредит для строительства подстанции берется в банке с дальнейшей выплатой процентов по кредиту. Процентная ставка 8 % годовых, срок кредитования 10 лет.

Для осуществления строительства и эксплуатации рассматриваемого энергообъекта создается Товарищество с ограниченной ответственностью с привлечением средств за счет выпуска акций и заемного капитала потенциальных инвесторов.

В примере структура финансирования суммарных инвестиций принята следующей: 60% акционерного капитала и 40% заемного с выплатой

последнего равными долями в течение пяти лет начиная со второго года эксплуатации энергообъекта.

6.7 Экологическая информация

Экологическая ситуация в районе размещения электросети находится в пределах установленных санитарных норм.

Строительство подстанции и прилегающих сетей не приведёт к ухудшению экологической ситуации в районе.

6.8 Расчет технико-экономических показателей подстанции

Определение капитальных вложений в строительство подстанции.

Капиталовложения в подстанцию определяются по приведенным в справочнике укрупненным показателям стоимости суммированием следующих составляющих:

Высоковольтные выключатели;
 трансформаторы ТДТН-63000-110/10,5;
 Разъединители
 Ограничители перенапряжений.

Все расчеты капиталовложений в подстанцию сведены в таблицу 6.2.

Т а б л и ц а 6 .2 – Капиталовложения в объект

РУ или оборудование	Число элементов оборудования	Цена единицы оборудования, млн.тенге	Общая стоимость, млн.тенге
Высоковольтные выключатели	4	43,29	173,16
Трансформаторы	2	130	260
Разъединители	4	17,575	70,3
Ограничители перенапряжений	4	5,93	23,69
Итого:			527,15

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования:

$$K_{П/СТ} = (\sum K_i \cdot n_i + K_{пост}) \cdot \alpha_p = 527,15 \text{ млн.тенге},$$

где K_i - расчетные стоимости распределительных устройств, трансформаторов, а также дополнительные капиталовложения линейных ячеек, оборудованных высокочастотной связью;

n_i - соответственно число единиц перечисленного оборудования;

$K_{\text{пост}}$ - постоянная часть затрат по подстанции, малозависящая от мощности подстанции;

α_p - коэффициент, учитывающий район сооружения.

Расчетная стоимость ячеек РУ учитывает стоимость выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения, ОПН, аппаратуры управления, сигнализации, РЗ и А, контрольных кабелей, ошиновки, строительных конструкций и фундаментов, а также соответствующих строительного-монтажных работ.

Расчетная стоимость трансформаторов включает затраты на ошиновку, шинопроводы, грозозащиту, заземление, контрольные кабели, РЗ и А, строительные конструкции и строительного-монтажные работы.

Показатели постоянной части затрат по подстанции учитывают полную расчетную стоимость подготовки и благоустройства территории, общеподстанционного пункта управления, устройств расхода на собственные нужды, аккумуляторной батареи, компрессорной, подъездных и внутриплощадочных дорог, средств связи и телемеханики, маслохозяйства, водопровода, канализации, наружного освещения и прочих общеподстанционных элементов.

Стоимость сооружения ЛЭП определяется основными ее параметрами: напряжением, типом опор, маркой проводов и конструкцией фазы, районом строительства, характеристикой трассы и климатическими условиями и рассчитывается по выражению:

$$K_{\text{ЛЭП}} = k_{\text{уд}} \cdot L \cdot \alpha_{\text{нв}} \cdot \alpha_p + \Delta K_{\text{р.пр.}} + \Delta K_{\text{д.гр.}} + n_{\text{р.б.}} \cdot K_{\text{р.б.}}$$

где $K_{\text{уд},i}$ - удельные показатели стоимости 1 км линии, соответствующие уровню напряжения и количеству цепей, а также учитывающий определенные условия прохождения трассы (по равнине, лес - не более 10% от длины трассы, доставка грузов до трассы - не более 20 км и развозка оборудования по трассе - не более 10 км);

$L = 16$ км - длина линии;

$\alpha_{\text{нв}} = 1,06$ - поправочный коэффициент, учитывающий скоростной напор ветра;

$\alpha_p = 1,27$ - коэффициент, учитывающий район прохождения трассы;

$\Delta K_{\text{р.пр.}} = 3,8$ - затраты, учитывающие рубку просеки в лесу, если лес составляет более 10% длины трассы;

$\Delta K_{\text{д.гр.}} = 1$ - затраты, учитывающие доставку грузов к линии, если условия доставки отличаются от вышеуказанных;

$n_{\text{р.б.}} = 1$ - количество ремонтных баз вдоль линии;

Кр.б. = 1 - затраты на создание и оснащение одной ремонтной базы.

В расчете затраты на создание и оснащение ремонтных баз, а также на создание линий связи принимаются в размере 10%.

Все расчеты капиталовложения по линиям электропередач сводятся в таблицу 6.3.

Т а б л и ц а 6.3 – Капитальные вложения в ЛЭП

Линия	Общая длина линии, км	Стоимость одного км. длины линии, млн.тенге	Общая стоимость линии, млн. тенге (с учетом строительных работ, оборудования)
ВЛ 110 кВ	16	8,84	168
Итого:			168

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта составят:

$$K_{ЭС} = K_{ПСТ} + K_{ЛЭП} = 527,15 + 168 = 695,15 \text{ млн. тенге}$$

6.9 Определение ежегодных издержек производства

Издержки производства п/ст и прилегающих сетей связаны с затратами на содержание подстанции, распределительных устройств и линий электропередач.

Кроме того, передача и распределение электроэнергии связаны с частичной потерей ее при транспортировке по линиям электропередач и трансформации. Поскольку такие потери связаны с процессом передачи, то их стоимость включается в состав ежегодных издержек:

$$I_{перед} = I_{экс} + I_{пот},$$

где $I_{экс}$ - суммарные затраты электросетевых хозяйств системы на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей, тенге/год;

$I_{пот}$ - суммарная стоимость потерь в сетях системы, тенге/год.

Расчет затрат электросетевых хозяйств на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей определяется по укрупненным показателям:

$$I_{экс} = I_{ам} + I_{об/рем} = 31,63 + 10,1 + 15,82 + 5,04 = 62,59,$$

где $I_{ам}$ - ежегодные издержки на амортизацию (реновацию), тенге/год:

$$I_{амПСТ} = \frac{\alpha_{ам}}{100} \cdot K_{ЭС} = \frac{6}{100} \cdot 527,15 = 31,63,$$

$$I_{амЛЭП} = \frac{\alpha_{ам}}{100} \cdot K_{ЭС} = \frac{6}{100} \cdot 168 = 10,1$$

где $\alpha_{ам}$ - нормы отчислений на амортизацию, %/год;

$I_{об/рем}$ - издержки на обслуживание и ремонты (капитальный и текущие), тенге/год:

$$I_{об/ремПСТ} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot K_{ЭС} = \frac{3}{100} \cdot 527,15 = 15,82,$$

$$I_{об/ремЛЭП} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot K_{ЭС} = \frac{3}{100} \cdot 168 = 5,04$$

где $\alpha_{об/рем}$ - нормы отчислений на обслуживание электрических сетей и ремонты, %/год.

Расчет эксплуатационных издержек сводится в виде таблицы 6.4.

Т а б л и ц а 6.4 – Эксплуатационные издержки распределения энергии

Элемент	Кап. вложения, млн.тенге	$\alpha_{ам},\%$	$\alpha_{об},\%$	$I_{ам},$ млн. тенге/год	$I_{обсл},$ млн. тенге/год	$I_{экспл},$ млн. тенге/год
п/ст 110/10,5 кВ	527,15	4	3	31,63	15,82	47,45
ЛЭП 110 кВ	168	4	3	10,1	5,04	15,14
Итого:				41,73	20,86	62,59

6.10 Определение себестоимости и прибыли

где $\mathcal{E}_{год} = 13400 \cdot 4000 = 53,6$ млн.кВт·ч – годовое энергопотребление предприятия.

Себестоимость передачи электроэнергии:

$$S = \frac{\sum Z_{передача}}{\mathcal{E}_{год}} = \frac{62,59}{53,6} = 1,16 \text{ тенге}$$

Определение объема реализованной эл. Энергии

Выручка от прогнозируемого объема передачи электроэнергии заводу составит

$$V = T \cdot \mathcal{E}_{год} = 17 \cdot 53,6 = 911, \text{млн. тенге}$$

$T = 17$ тенге/кВтч – тариф за электроэнергию.

ТОО «Болат И К^о» заключает договоры по поставке электроэнергии со следующими поставщиками:

$T_{Гор.сети (РЭК)} = 3,5$ тенге/кВтч – тариф за передачу электроэнергии

городским сетям или РЭК;

$T_{\text{эпо}} = 5$ тенге/кВтч – тариф за электроэнергию, установленный энергопроизводящей организацией;

$T_{\text{НЭС}} = 2$ тенге/кВтч – тариф на услуги по передаче электроэнергии по национальным электрическим сетям.

Из прогнозируемой выручки ТОО «Болат И К^о» произведет следующие выплаты:

- Выплаты по договору ТОО «Болат И К^о» составят:

$$0,1 \cdot 53,6 = 5,36 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$3,5 \cdot 53,6 = 187,6 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты национальным электрическим сетям составят:

$$2 \cdot 53,6 = 107,2 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$5 \cdot 53,6 = 268 \text{ млн. тенге}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$V_p = 911,2 - 5,36 - 187,6 - 107,2 - 268 = 343,04 \text{ млн. тенге}$$

Прибыль при этом будет равна:

$$Pr = V_p - I_{\text{экс}} = 343,04 - 62,59 = 280,45 \text{ млн. тенге}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$ЧPr = Pr(1 - 0,2) = 280,45 \times 0,8 = 224,36 \text{ млн. тенге}$$

40% полученной прибыли будет направлена на погашения инвестиционных средств:

$$Pr = ЧPr(1 - 0,4) = 224,36 \times 0,6 = 134,62 \text{ млн. тенге}$$

Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для ТОО «Болат И К^о» составит:

$$PP = \frac{\sum K_{n/cm, ЛЭП}}{U_{am} + Pr} = \frac{695,15}{41,73 + 134,62} = 4 \text{ года}$$

Расчет эффективности инвестиций:

$$I = I_a + I_b = 417,09 + 278,06 = 695,15 \text{ млн. тенге}$$

$$I_a = K_3 \cdot 0,6 = 695,15 \cdot 0,6 = 417,09 \text{ млн. тенге}$$

$$I_b = K_3 \cdot 0,4 = 695,15 \cdot 0,4 = 278,06 \text{ млн. тенге}$$

Чистая приведенная стоимость определяется:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0,$$

$$CF = I_{ам} + Пр = 41,73 + 134,62 = 176,1$$

где CF – ежегодные денежные поступления;

n - годы реализации проекта;

I₀ - полные суммарные инвестиции;

r – процентная ставка.

Результаты расчета сведем в таблицу 6.5.

Т а б л и ц а 6.5 – Результаты расчета чистой текущей стоимости

Годы	CF, млн. тенге	r	pV	NpV
0	-695,15	1,000	-695,150	-695,15
1	176,35	0,926	163,287	-531,86
2	176,35	0,857	151,192	-380,67
3	176,35	0,794	139,992	-240,68
4	176,35	0,735	129,623	-111,06
5	176,35	0,681	120,021	8,96
				NPV=8,96

Расчет делается до первого положительного значения ЧПС, ЧПС больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия, поскольку генерируемый им приток дохода превышает норму доходности в настоящий момент времени.

Внутренняя норма прибыли (ВНП) – IRR

IRR имеет следующие свойства:

- 1) Не зависит от вида денежного потока;
- 2) не линейная форма зависимости;
- 3) Представляет собой убывающую функцию;
- 4) не обладает свойством адетивности;
- 5) позволяет предположить ожидать ли максимальную прибыль

ВНП рассчитывается по формуле:

$$IRR = 1 - \sqrt[n]{\frac{CF}{I_0}} \cdot 100\%,$$

$$IRR = 1 - \sqrt[5]{\frac{176,35}{695,15}} \cdot 100\% = 24\%$$

Внутренняя норма прибыли служит индикатором риска. В нашем случае IRR превышает процентную ставку на 16%.

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости объекта составил около 4 лет, с учетом дисконтирования 5 лет.

Заклучение

Спроектированная система электроснабжения завода продольно-строгальных станков имеет следующую структуру. Предприятие получает питание от энергосистемы по двухцепной воздушной линии электропередачи длиной 16 км напряжением 110 кВ. в качестве пункта приема электроэнергии используется двухтрансформаторная подстанция глубокого ввода с трансформаторами мощностью 10 000 кВА.

Сделали расчет вариантов на 115/37 кВ и выбрали 115 кВ т.к. он наиболее оптимальный по суммарным и приведенным затратам. Для первого варианта мы выбрали высоковольтное оборудование: 2 трансформатора ТДН-10000 кВА, выключатели В4: 121РМ40-20В, разъединители РЕХЛИМ.

Выбор оборудования на напряжение 10 кВ воздушный выключатель типа ВВ/TEL-10-20/1600У2, секционный выключатель ВВ/TEL-10-20/1000У2, выключателей отходящих линий ВВ/TEL-10-12,5/630У2 («Таврида электрик»), трансформатор тока ТВО-10, трансформатор напряжения НТМК-10, выключатели нагрузки ВНП-16У3, кабель ААШв-10-(3х70), шина АТ 80×6, изоляторы ОНШ-10-500У1.

Питание цехов осуществляется кабельными линиями. Расположенными в земле. Для выбора элементов схемы электроснабжения был проведен расчет токов короткого замыкания в трех точках. На основании этих данных были выбраны аппараты на сторонах 110 кВ, 10 кВ, 0,4 кВ. Был произведен расчет самозапуска двигателей 10 кВ.

В разделе безопасность жизнедеятельности провели анализ условий труда оператора котельной, разработали естественную вентиляцию для нее и определили санитарно-защитную зону.

В экономической части рассчитали финансовые показатели схемы внешнего электроснабжения и окупаемость нашей подстанции, которая составила 4 года с учетом дисконтирования 5 лет.

В целом предложенная схема электроснабжения отвечает требованиям безопасности, надежности и экономичности

Перечень обозначений и сокращений

ГПП – главная понизительная подстанция
ЛЭП – линия электропередач
КЗ – короткое замыкание
СД – синхронный двигатель
ЭП – электроприемник
НБК – низковольтные батареи конденсаторов
ТП – трансформаторная подстанция
РУ – распределительное устройство
ЦТП – цеховая трансформаторная подстанция
Т – трансформатор
ТН – трансформатор напряжения
ВЛ – воздушная линия
ПС – подстанция
РВ – вентиляционный разрядник
ОПН – ограничитель перенапряжения
ЗА – защитный аппарат

Список литературы

1. Барыбин Ю.Г., Федоров Л.Е., Зименкова М.Г., Смирнова А.Г. Справочник по проектированию электроснабжения. 1990.
2. Киреева Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2004.
3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.-М.: Интенмет Инжиниринг, 2005.-672 с.
4. Технический каталог «Alageum electric», Кентауский трансформаторный завод 2012 г.
5. Неклепаев Б.И., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 608с.
6. Федоров А.А.- справочник по электроснабжению пром. предприятий стр.477
7. Еремкин А.И., Квашнин И.М., Юнкер Ю.Н. Формирование выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2001.
8. Т.Е. Хакимжанов. Методические указания к выполнению РГР по «Экологии», для всех форм обучения, 1999.
9. Санатова Т.С. Методические указания к выполнению РГР по «Экологии», для всех форм обучения, 1999.
10. Дюсебаев М.К., Борисов В.Н., Арестова В.В. Энергетика и окружающая среда (учебное пособие).- Алматы: АЭИ, 1992.-55 стр.
11. Кормилицын В.И., Цицкишвили М.С., Яламов Ю.И. Основы экологии. Учебное пособие. М.:МПУ, 1997г.
12. Охрана окружающей среды: Учебник для технических вузов/ Под ред. Белова С.В. 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Высшая школа, 1991г.
13. Лапицкий В.И. Организация и планирование энергетики - М. Высшая школа, 1979г.
14. Качан А.Д., Яковлев Б.В. Справочное пособие по технико-экономическим основам ТЭС. Минск, 1982г.
15. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. /Под редакцией Рокотяна С.С. и Шапиро И.М.-М. Энергоатомиздат, 1985г.
16. Основы управления энергетическим производством. /Под редакцией Окорокова В.Р.-М. Высшая школа, 1987.г.
17. Концепция развития электроэнергетики Казахстана. Институт Энергия.
18. Формирование цен на электроэнергию в Казахстане. Алматы, 1996г.
19. Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. Отраслевой кварталный журнал.С 2005года.
20. Индексы цен в строительстве. Выпуск 55. — М.: КО-ИНВЕСТ, 2006.