

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 цементного завода


Специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Выполнил (а) Палкин Д.А. Ээну-10
(Фамилия и инициалы) группа

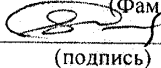
Научный руководитель Норкин Б.Ф., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:


по экономической части:


Алимжанова Л.М., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 « 07 » 06 2014 г.
(подпись)


по безопасности жизнедеятельности:

Мананбаева С.Е., старший преподаватель
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 « 30 » 05 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Норкин Б.Ф., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 « _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Казанина И.В., к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 « _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Рецензент: Тищенко А.В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
 « _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы, 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Заочного обучения и переподготовки специалистов
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Палкин Дмитрий Андреевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение цементного завода

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.
Срок сдачи законченной работы «25» мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта Генеральный план цементного завода. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/10,5 кВ (трансформаторы работают отдельно), мощность к.з. 1200 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5 км. Завода работает в три смены.

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

Расчет электрических нагрузок на 0,4 и 10 кВ. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ. Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения. Расчет токов короткого замыкания и выбор высоковольтного электрооборудования. Расчет наружного освещения. Рассмотрение вопросов безопасности жизнедеятельности. Рассмотрение экономических вопросов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Генеральный план цементного завода.

Однолинейная схема электроснабжения цементного завода.

План и разрез ГПП.

Наружное освещение территории завода.

Рекомендуемая основная литература

Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.

Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.

Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.

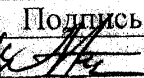
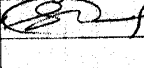
Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.

Правила устройства электроустановок РК. – Алматы, 2007.

Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М.: «высшая школа» 2002.

Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	к.т.н., доц. Алимжанова Л.М.	07.06.2014	
БЖД	ст. пр. Мананбаева С.Е.	30.05.2014	
Основная часть	к.т.н., доц. Норкин Б.Ф.		

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Расчет электрических нагрузок по комбинату напряжением 0,4 кВ	6.01.14 г.- 17.01.14 г.	выполнено
2	Выбор числа цеховых трансформаторов	20.02.14 г.- 07.02.14 г.	выполнено
3	Компенсация реактивной мощности	10.02.14 г.- 14.02.14 г.	выполнено
4	Распределение электрических нагрузок цехов по трансформаторным подстанциям	17.02.14 г.- 03.03.14 г.	выполнено
5	Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ	04.03.14 г.- 10.03.14 г.	выполнено
6	Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	11.03.14 г.- 18.03.14 г.	выполнено
7	Расчет токов короткого замыкания напряжением выше 1 кВ	25.03.14 г.- 31.03.14 г.	выполнено
8	Выбор оборудования напряжением выше 1 кВ	01.04.14 г.- 12.04.14 г.	выполнено
9	Расчет наружного освещения территории завода	15.04.14 г.- 30.04.14 г.	выполнено
10	Безопасность жизнедеятельности	06.05.14 г.- 11.05.14 г.	выполнено
11	Экономическая часть	13.05.14 г.- 18.05.14 г.	выполнено
12	Графический материал	20.05.14 г.- 26.05.13 г.	выполнено

Дата выдачи задания « 1 » октября 2013 г.

Заведующий кафедрой _____ Бакенов К.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Норкин Б.Ф.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Палкин Д.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

Тема дипломного проекта «Электроснабжение цементного завода». В дипломном проекте были посчитаны электрические нагрузки, выбраны силовые трансформаторы, был произведен технико-экономический расчет схем внешнего электроснабжения, выбор электрооборудования. Произведен расчет наружного освещения дороги и парковки, питающиеся от традиционного источника энергии и солнечных батарей, произведен сравнительный анализ. Выполнены разделы «Безопасность жизнедеятельности» и «Экономическая часть».

Аңдатпа

Дипломдық "Электрмен жабдықтау цемент зауыт" деген жобаның тақырыбы. Дипломдық жобада посчитаны электр жүктер болды, күштің трансформаторлары таңдалғандар, жаса сыртқы электрмен жабдықтау нобайының техникалық экономикалық есебі, электр жабдықтың талғамы болды. Есеп айыр тысқы жарық түсір қайраттың және жайма-шуақ батареянің дәстүрлі бастауынан деген азықтанатын жол және парковки, салыстырмалы анализ жаса. Тараулар "Тіршілік әрекетімнің қауіпсіздігінің" және "Экономикалық бөлік" орында.

Annotation

Theme of diploma project "Power Supply of cement plant". The electric loading were counted up in a diploma project, power transformers are chosen, the technical economic calculation of charts of external power supply, choice of electrical equipment, was produced. The calculation of outward illumination is produced roads and parking, feeding from a traditional energy and sunny batteries source, a comparative analysis is produced. Divisions are executed "Safety of vital functions" and "Economic part".

Содержание

Введение	7
1 Технологический процесс производства	8
1.1 Исходные данные к проекту	11
2 Расчет электрических нагрузок	12
2.1 Расчет осветительной нагрузки	12
2.2 Расчет электрических нагрузок по заводу	12
2.3 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	17
2.4 Распределение $Q_{\text{нбк}}$ пропорционально реактивным нагрузкам ТП	19
2.5 Уточненный расчет электрических нагрузок по цементному заводу	20
2.6 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП	22
3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	25
4 Выбор оборудования и расчет токов короткого замыкания $U > 1\text{кВ}$	32
4.1. Расчет токов короткого замыкания с учетом подпитки от СД	32
4.2 Выбор оборудования	34
5 Расчет наружного освещения	44
5.1 Расчет наружного освещения с питанием от традиционного источника энергии	44
5.2 Расчет наружного освещения с питанием от возобновляемого источника энергии	51
5.3 Сравнительный анализ	63
6 Безопасность жизнедеятельности	66
6.1 Анализ условий труда	66
6.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ предприятия и определения категории опасности	69
6.3 Обоснование места расположения предприятия. Расчет санитарно-защитной зоны	71
7 Экономическая часть	74
7.1 Цели разработки проекта	74
7.2 Анализ рынка сбыта	74
7.3 Тарифы на электроэнергию	74
7.4 Организация производства	74
7.5 Расчет технико-экономических показателей подстанции	75
7.6 Финансовый план	76
7.7 Себестоимость	77
7.8 Показатели финансово-экономической эффективности инвестиций	81
Заключение	85
Список литературы	86

Введение

Электроэнергия применяется буквально во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы и для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электроискровой и электрозвуковой обработки материалов, электроокраски. Большую группу электроприемников составляют приводы общепромышленных механизмов, применяемые во всех отраслях народного хозяйства: подъемно-транспортные машины, поточно-транспортные системы, компрессоры, насосы, вентиляторы.

В настоящее время быстрыми темпами развивается производство для цветной металлургии крупных электрических машин и электромашин малой мощности, электрической аппаратуры напряжением до 1000 В и выше 1000В.

Для обеспечения подачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем промышленным объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения промышленных предприятий, состоящие из сетей напряжением до 1000В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций. Передача, распределение и потребление выработанной энергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Для обеспечения этого энергетиками создана надежная и экономичная система распределения электроэнергии на всех ступенях применяемого напряжения с максимальным приближением высокого напряжения к потребителям.

Потребители электрической энергии имеют свои специфические особенности, чем и обусловлены определенные требования электроснабжению - надежность питания, качество электроэнергии, резервирование и защита отдельных элементов. При проектировании сооружений и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий необходимо правильно в технико-экономическом аспекте осуществлять выбор напряжений, определять электрические нагрузки, выбирать типаж, число и мощность трансформаторных подстанций, виды их защит, системы компенсации реактивной мощности и способы регулирования напряжения.

В системе цехового распределения электроэнергии широко используют комплектные распределительные устройства, подстанции и силовые токопроводы. Это создает гибкую и надежную систему распределения, в результате чего экономится большее количество проводов и кабелей. Широко применяют совершенные системы автоматики, а также простые и надежные устройства защиты отдельных элементов системы электроснабжения промышленных предприятий.

1 Технологический процесс производства

Под производственным процессом понимают совокупность отдельных процессов, осуществляемых для получения из материалов и полуфабрикатов деталей, изделий, готовых машин.

Цементный завод специализируется по выпуску цемента.

Состав технологического комплекса завода:

1. Корпуса первичного и вторичного дробления
2. Отделение сырьевых и цементных мельниц
3. Шлакосушильное отделение
4. Склад продукции

Для производства цемента могут применяться как природные вещества, так и промышленные продукты. Исходными материалами служат минералы, содержащие главные составные части цемента: оксид кальция, кремнезем, глинозем и оксид железа. Эти компоненты редко содержатся в нужном соотношении в каком-либо одном виде сырья. Поэтому часто приходится подбирать сырьевую смесь по расчету из составляющей, богатой известью (карбонатный компонент), и составляющей, бедной известью, но содержащей кремнезем, глинозем и оксид железа (глинистый компонент). Двумя основными компонентами сырьевой смеси, как правило, служат известняк и глина или известняк и мергель.

Содержание карбонатного компонента в цементной сырьевой смеси обычно достигает 76-80%. Поэтому химические и физические свойства этого компонента оказывают решающее влияние на выбор технологии производства цемента и производительных агрегатов. Другим важным сырьем для производства цемента является глина. Корректирующие добавки вводят в цементную сырьевую смесь в тех случаях, когда ее химический состав не отвечает установленным требованиям. К дополнительным компонентам цементной сырьевой смеси относятся: оксид магния, сера, хлориды, фториды, фосфор, содержание которых в цементе ограничивается нормами или опытными данными.

Первичное дробление сырья.

Цементный сырьевой материал, добытый в карьере, должен быть измельчен пред дальнейшей обработкой. Дробление сырья производится в дробилках и мельницах. Дробление представляет собой измельчения сырья до крупнозернистого состояния, а помол – до мелкозернистого.

К дробильному оборудованию относятся: щековые дробилки, конусные дробилки, валовые дробилки, молотковые дробилки, дробилки ударно-отражательного действия, шаровые, трубчатые, роликовые и многокамерные мельницы.

По способу прохождения материала различают следующие процессы.

1 Процессы дробления:

а) дробление с однократным проходом – материал проходит через дробилку только один раз;

б) дробление в замкнутом цикле – слишком крупные зерна снова подаются в дробилку для измельчения до требуемой крупности.

Иногда процесс дробления совмещается с предварительной сушкой.

2 Процессы помола:

а) однократный помол – размалываемый материал проходит через мельницу только один раз;

б) помол в замкнутом цикле – крупные зерна, отделенные от мелких механическим или пневматическим способом, снова возвращаются в мельницу и проходят через нее два раза и более, пока не будут достигнут требуемый размер зерен. Помол в замкнутом цикле применяется также при мокром способе измельчения.

По состоянию размалываемого материала различают:

а) сухой помол – размалываемый материал подается в мельницу в сухом состоянии;

б) помол с одновременной сушкой – влажный размалываемый материал в процессе помола высушивается за счет тепла, подводимого извне;

в) мокрый помол – в измельчаемый материал добавляется соответствующее количество воды, чтобы обеспечить его размалываемость в виде шлама.

Сушка сырьевых материалов.

Происходит в сушильных барабанах, вихревых сушилках, агрегатах, совмещающих сушку и вторичное дробление сырья, тандемах «сушилка-мельница», воздушных сепараторах и гравитационных помольных установках. В этих установках сырье высушивается до влажности 6-8%.

Помол при производстве цемента.

На производительность мельниц влияют следующие факторы: частота вращения, зависящая от диаметра мельницы; количество, тип и размеры мелющих тел; объем камер мельницы; размалываемость материала; конструкция мельницы; тип бронефутеровки.

Помол цементного клинкера является решающей и в то же время последней технологической операцией в процессе производства цемента. От этой операции зависит качество цемента.

Цемент следует измельчать до достижения высокой удельной поверхности. Кроме того, готовый продукт должен отвечать определенному гранулометрическому составу, что позволяет улучшить процесс твердения.

Технология помола основана на следующих предпосылках. Наиболее благоприятна для обеспечения прочности цемента фракция размером от 3 до 30 мкм. Фракция размером менее 3 мкм оказывает влияние только на начальную прочность; эта фракция быстро гидратируется, и через 1 сутки цемент набирает максимальную прочность при изгибе и сжатии.

Интенсификаторы помола представляют собой вещества, способствующие процессу измельчения в барабанных мельницах благодаря предохранению мелющих тел от налипания частиц. Интенсификаторы помола можно добавлять к размалываемому материалу в твердом или жидком виде

или подавать прямо в мельницу в дозированном количестве. В состав интенсификаторов помола входят: сосновая смола, смесь жирных кислот, сухой концентрат сульфитных щелоков, сажа.

В процессе помола возникает высокая температура, что снижает качество цемента. Для повышения качества необходимо осуществлять охлаждение цемента. Применяется ряд способов охлаждения: вентиляция мельниц, водяное охлаждение корпуса, подача воды в мельницу, эффективность впрыскивания воды.

После помола цемент имеет температуру выше 100°C, что приводит к разрушению упаковочного материала, т.е. бумажных мешков. Для охлаждения цемента применяются следующие способы: охлаждение цемента в центробежном воздушном сепараторе, охлаждение цемента в холодильнике. После охлаждения цемент поступает на склад для хранения.

Вспомогательное производство предназначено для ежедневного обслуживания, текущего и частично капитального ремонта на базе готовых узлов и запчастей всего парка оборудования завода, изготовления для него различного инструмента, ежедневного обслуживания и текущего ремонта установленного на заводе электрооборудования, изготовления различных приспособлений, оснастки, металлоконструкций, вентзаготовок, деревянных щитов и ящиков, изготовления заготовок из пленочных материалов для упаковки готовой продукции, обеспечения внутризаводских перевозок автотранспортом, электрокарами и электропогрузчиками. Кроме вышперечисленного, вспомогательное производство обеспечивает пожарную безопасность всех объектов завода, содержание в надежном санитарном состоянии зданий сооружений и территории завода.

1.1 Исходные данные на проектирование

Тема «Электроснабжение цементного завода»

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/10,5 кВ (трансформаторы работают раздельно), мощность к.з. 1200 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5 км. Завода работает в три смены. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода – таблица 1.1.

Таблица 1.1 – Электрические нагрузки цементного завода [1]

№ п/п	Наименование	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
			одного ЭП, P _н	Σ P _н
1	2	3	4	5
1	Отделение первичного дробления	17	1-25	320
2	Отделение вторичного дробления	12	10-40	280
3	Отделение сырьевых мельниц	65	20-50	2000
4	Шлакоосушительное отделение	18	5-42	400
5	Холодный конец первичного отделения	35	20-140	2100
6	Горячий конец первичного отделения	30	50-145	1800
7	Объединенный склад	32	10-80	2000
8	Отделение цементных мельниц	22	10-90	1200
9	Компрессорная: СД 10 кВ	4	1000	4000
10	Цементные силосы и упаковочная	16	20-75	700
11	Отделение силосов сырьевой муки	22	14-90	2250
12	Механические мастерские	38	5-45	420
13	Котельная	47	10-80	1400
14	Материальный склад	15	3-30	150
15	Цех сортировки и хранения мелющих тел	12	5-16	85
16	Столовая	37	1-30	600
17	Заводоуправление	30	1-20	250
18	Гараж	25	1-15	150

Освещение цехов и территории определить по площади.

2 Расчет электрических нагрузок

2.1 Расчет осветительной нагрузки

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия производим упрощенным методом по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса.

По этому методу расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формулам [2]:

$$P_{po} = K_{co} \cdot \rho_o \cdot F, \text{кВт}; \quad (2.1)$$

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg } \varphi_o, \text{кВар}, \quad (2.2)$$

где K_{co} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки;
 $\text{tg } \varphi_o$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по $\cos \varphi$;

$F = a \cdot b$ – площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану завода, в м^2 ;

ρ_o – удельная осветительная мощность на 1 м^2 поверхности пола известной производственной площади, $\text{кВт}/\text{м}^2$.

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1 - «Расчет осветительной нагрузки».

2.2 Расчет электрических нагрузок по цементному заводу

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам завода производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 2.2 - Расчет силовой нагрузки цементного завода напряжением 0,4 кВ.

Таблица 2.1 – Расчет осветительной нагрузки

№№ по плану	Наименование производственного помещения	Размеры помещения, длина (м) × ширина (м)	Площадь помещения, м ²	Удельная осветительная нагрузка p_0 , кВт/м ²	Коэффициент спроса, K_c	Установленная мощность освещения, $P_{у0}$, кВт	Расчетная мощность осветительной нагрузки		$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$
							$P_{р0}$, кВт	$Q_{р0}$, квар	
1	Отделение первичного дробления	36×42	1512	0,016	0,8	24,19	19,35	9,68	0,9/0,5
2	Отделение вторичного дробления	60×18	1080	0,016	0,8	17,28	13,82	6,91	0,9/0,5
3	Отделение сырьевых мельниц	78×48	3744	0,015	0,8	56,16	44,93	22,46	0,9/0,5
4	Шлакосушильное отделение	48×36	1728	0,014	0,8	24,19	19,35	9,68	0,9/0,5
5	Холодный конец первичного отделения	36×60	2160	0,015	0,8	32,40	25,92	12,96	0,9/0,5
6	Горячий конец первичного отделения	84×120	10080	0,015	0,8	151,20	120,96	60,48	0,9/0,5
7	Объединенный склад	324×72	23328	0,01	0,6	233,28	139,97	69,98	0,9/0,5
8	Отделение цементных мельниц	60×60	3600	0,015	0,8	54,00	43,20	21,60	0,9/0,5
9	Компрессорная	42×18	756	0,013	0,7	9,83	6,88	3,44	0,9/0,5
10	Цементные силосы и упаковочная	96×36	3456	0,014	0,8	48,38	38,71	19,35	0,9/0,5
11	Отделение силосов сырьевой муки	60×30	1800	0,014	0,8	25,20	20,16	10,08	0,9/0,5
12	Механические мастерские	48×30	1296	0,017	0,8	22,03	17,63	8,81	0,9/0,5
13	Котельная	66×30	1980	0,013	0,7	25,74	18,02	9,01	0,9/0,5
14	Материальный склад	66×18	1188	0,01	0,6	11,88	7,13	3,56	0,9/0,5
15	Цех сортировки и хранения мелющих тел	30×60	1800	0,013	0,7	23,40	16,38	8,19	0,9/0,5
16	Столовая	96×18	1728	0,02	0,9	34,56	31,10	15,55	0,9/0,5
17	Заводоуправление	96×48	4608	0,02	0,9	92,16	82,94	41,47	0,9/0,5
18	Гараж	30×66	1980	0,02	0,9	39,60	35,64	17,82	0,9/0,5
	Территория	850×550	399676	0,002	1	799,35	799,35	399,68	0,9/0,5

Таблица 2.2 – Расчет силовых нагрузок по цехам цементного завода, U = 0,4 кВ

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		m	Ки	cosφ /tgφ	Средние нагрузки		n _э	КМ	Расчетные нагрузки			I _p , А
			P _{н min} ÷ P _{н max}	ΣP _н				P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Отделение первичного дробления	17	1-25	320	>3	0,5	0,8/0,75	160	120	17	1,23	196,8	120,0		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											216,2	129,7	252,1	383,4
2	Отделение вторичного дробления:	12	10-40	280	>3	0,5	0,8/0,75	140	105	12	1,28	179,2	105,0		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											193,0	111,9	223,1	339,4
3	Отделение сырьевых мельниц а) силовая	65	20-50	2000	>3	0,6	0,8/0,75	1200	900	65	1,09	1308,0	900,0		
	б) осветительная														
	Итого														
4	Шлакоосушительное отделение	18	5-42	400	>3	0,7	0,85/0,62	280	174	18	1,11	310,8	173,5		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											330,2	183,2	377,6	574,4
5	Холодный конец первичного отделения:	35	20-140	2100	>3	0,4	0,8/0,75	840	630	30	1,19	999,6	630,0		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											1025,5	643,0	1210,4	1841,2

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	Горячий конец первичного отделения:														
	а) силовая	30	50-145	1800	>3	0,4	0,8/0,75	720	540	30	1,19	856,8	540,0		
	б) осветительная											120,96	60,48		
	Итого											977,8	600,5	1147,4	1745,4
7	Объединенный склад														
	а) силовая	32	10-80	2000	>3	0,3	0,6/1,33	600	800	32	1,24	744,0	800,0		
	б) осветительная											139,97	69,98		
	итого											884,0	870,0	1240,3	1886,6
8	Отделение цементных мельниц														
	а) силовая	22	10-90	1200	>3	0,5	0,8/0,75	600	450	22	1,2	720,0	450,0		
	б) осветительная											43,20	21,60		
	итого											763,2	471,6	897,2	1364,7
9	Компрессорная														
	б) осветительная											6,88	3,44		
	итого											6,9	3,4	7,7	11,7
10	Цементные силосы и упаковочная														
	а) силовая	16	20-75	700	>3	0,2	0,75/0,88	140	123	16	1,61	225,4	123,5		
	б) осветительная											38,71	19,35		
	итого											264,1	142,8	300,3	456,7
11	Отделение силосов сырьевой муки														
	а) силовая	22	14-90	2250	>3	0,2	0,75/0,88	450	397	22	1,5	675,0	396,9		
	б) осветительная											20,16	10,08		
	итого											695,2	406,9	805,5	1225,3

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	Механические мастерские а) силовая	38	5-45	420	>3	0,3	0,8/0,75	126	95	19	1,34	168,8	94,5		
	б) осветительная											17,63	8,81		
	итого											186,5	103,3	213,2	324,3
13	Котельная а) силовая	47	10-80	1400	>3	0,65	0,8/0,75	910	683	35	1,12	1019,2	682,5		
	б) осветительная											18,02	9,01		
	итого											1037,2	691,5	1246,6	1896,3
14	Материальный склад а) силовая	15	3-30	150	>3	0,3	0,6/1,33	45	60	10	1,6	72,0	66,0		
	б) осветительная											7,13	3,56		
	итого											79,1	69,6	105,4	160,3
15	Цех сортировки и хранения мелющихся тел а) силовая	12	5-16	85	>3	0,3	0,6/1,33	26	34	11	1,6	40,8	34,0		
	б) осветительная											16,38	8,19		
	итого											57,2	42,2	71,1	108,1
16	Столовая а) силовая	37	1-30	600	>3	0,5	0,9/0,48	300	145	38	1,13	339,0	145,3		
	б) осветительная											31,10	15,55		
	итого											370,1	160,8	403,5	613,9
17	Заводоуправление а) силовая	30	1-20	250	>3	0,5	0,8/0,75	125	94	25	1,17	146,3	93,8		
	б) осветительная											82,94	41,47		
	итого											229,2	135,2	266,1	404,8
18	Гараж а) силовая	25	1-15	150	>3	0,2	0,7/1,02	30	31	20	1,5	45,0	30,6		
	б) осветительная											35,64	17,82		
	итого											80,6	48,4	94,1	143,1
	Освещение территории											799,35	399,68	893,7	
	Итого на шинах 0,4 кВ											9548,1	6136,2	11349	17264,8

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

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на напряжении до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и аварийном режимах; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки

Данные для расчета:

$$P_{p0,4} = 9548,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = 6136,2 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4} = 11349,9 \text{ кВА}.$$

Цементный завод относится ко 2 категории потребителей, завод работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов $K_{зтр} = 0,8$. При плотности нагрузки напряжением 380 В выше 0,2-0,3 кВА/м² принимаем трансформатор мощностью $S_{нт} = 1600$ кВА.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле [2]:

$$N_{т \text{ min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{9548,1}{0,8 \times 1600} + 0,541 = 8$$

где $P_{p0,4}$ – суммарная расчетная активная нагрузка;

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{нт}$ – принятая номинальная мощность трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле [2]:

$$N_{т.э} = N_{\text{min}} + m, \quad (2.3)$$

где m – дополнительное число трансформаторов.

$N_{т.э}$ - определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат $Z^*_{п/ст}$.

$$Z^*_{п/ст} = 0,5; k_3 = 0,8; N_{\text{min}} = 8; \Delta N = 0,541.$$

Тогда из справочника по кривым определяем m , для нашего случая $m = 0$, значит $N_{т.э} = 8 + 0 = 8$ трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность Q_1 , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле [2]:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{шт} \times K_z^2) - P_{р0,4}^2} \text{ квар} \quad (2.4)$$

$$Q_1 = \sqrt{(8 \times 1600 \times 0,8)^2 - 9548,1^2} = 3700,1 \text{ квар.}$$

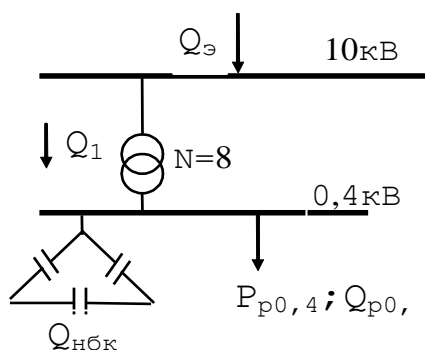


Рисунок 2.1

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину $Q_{нбк}$:

$$Q_{нбк} = Q_{р0,4} - Q_1, \text{ квар} \quad (2.5)$$

$$Q_{нбк} = 6136,2 - 3700,1 = 2436,1 \text{ квар}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор:

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{тэ}}, \text{ квар} \quad (2.6)$$

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{2436,1}{8} = 304,5 \approx 300 \text{ квар.}$$

Принимаем НБК типа УК-0,4-300-150У3.

На основании расчетов, полученных в данном пункте 2.3 составляется таблица 2.4 - Распределение нагрузок цехов по ТП, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 2.3 – Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ № ТП, $S_{н\ ТП}$, $Q_{н\бк\ ТП}$	№ № цеха	$P_{р0,4}$, кВт	$Q_{р0,4}$, квар	$S_{р0,4}$, кВА	Кз'
1	2	3	4	5	6
ТП 1 (2×1600) ТП 2 (2×1600) $\Sigma S_{н}=6400$ кВА	3	1352,93	922,46		
	4	330,15	183,21		
	7	883,97	869,98		
	8	763,20	471,60		
	9	6,88	3,44		
	10	264,11	142,82		
	12	186,47	103,31		
	14	79,13	69,56		
	15	57,18	42,19		
осв.тер.	799,35	399,68			
$Q_{н\бк}=4\times 300=1200$ квар			-1200,0		
Итого		4723,4	2008,3	5132,57	0,80
ТП 3 (2×1600) ТП 4 (2×1600) $\Sigma S_{н}=6400$ кВА	1	216,2	129,7		
	2	193,0	111,9		
	5	1025,5	643,0		
	6	977,8	600,5		
	11	695,16	406,94		
	13	1037,22	691,51		
	16	370,10	160,85		
	17	229,19	135,22		
18	80,64	48,43			
$Q_{н\бк}=4\times 300=1200$ квар			-1200		
Итого		4824,8	1728,0	5124,88	0,80

2.4 Распределение $Q_{н\бк}$ пропорционально реактивным нагрузкам ТП

Исходные данные:

$Q_{р\ 0,4}=6136,2$ квар;

$Q_{н\бк}=2436,1$ квар.

$$Q_{р\ н\бк\ ТП} = \frac{Q_{н\бк} \times Q_{р\ ТП}}{Q_{р\ 0,4}}, \text{ квар} \quad (2.7)$$

$$Q_{неск} = Q_{р\ ТП} - Q_{\phi\ ТП}, \text{ квар.} \quad (2.8)$$

ТП1, ТП2: $Q_{р\ ТП\ 1,2}=3208,3$ квар, $Q_{р\ н\бк\ ТП\ 1,2}= X$,

$$Q_{p \text{ нбк тп1,2}} = \frac{2436,1 \times 3208,3}{61361,2} = 1273,7 \text{ квар,}$$

фактическая реактивная мощность:

$$Q_{\phi \text{ тп1,2}} = 4 \times 300 = 1200 \text{ квар,}$$

нескомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}} = 3208,3 - 1200 = 2008,3 \text{ квар.}$$

ТП3, ТП4: $Q_{p \text{ тп 3,4}} = 2928 \text{ квар, } Q_{p \text{ нбк тп 3,4}} = X,$

$$Q_{p \text{ нбк тп 3,4}} = \frac{2436,1 \times 2928}{6136,2} = 1162,4 \text{ квар,}$$

фактическая реактивная мощность:

$$Q_{\phi \text{ тп3,4}} = 4 \times 300 = 1200 \text{ квар,}$$

нескомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}} = 2928 - 1200 = 1728 \text{ квар.}$$

Расчетные данные по распределению Q НБК по ТП сведем в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

№ № ТП	$Q_{p \text{ тп}}$, квар	$Q_{p \text{ нбк тп}}$, квар	$Q_{\phi \text{ тп}}$, квар	$Q_{\text{неск.}}$, квар
1	2	3	4	5
ТП 1, ТП 2	3208,3	1273,7	1200	2008,3
ТП 3 ТП 4	2928,0	1162,4	1200	1728,0
Итого	6136,2	2436,1	2400	3736,2

2.5 Уточненный расчет электрических нагрузок по цементному заводу

Фактические потери активной и реактивной мощности в силовых трансформаторах равны [2]:

$$\Delta P_m = (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2) \cdot N, \quad (2.9)$$

$$\Delta Q_m = \left(\frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{нт} + \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{нт} \cdot K_3^2 \right) \cdot N. \quad (2.10)$$

где ΔP_{xx} – активные потери холостого хода;

$\Delta P_{кз}$ – активные потери короткого замыкания;

I_{xx} – ток холостого хода трансформатора, %;

$U_{кз}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

N – количество трансформаторов

Выбираем трансформаторы ТСЗ-1600-6/0,4

Паспортные данные:

$S_n=1600$ кВА; $I_x=1,3\%$; $U_k=5,5\%$; $\Delta P_{xx}=3,3$ кВт; $\Delta P_{кз}=18$ кВт.

ТП1, ТП2: $K_3 = 0,8$; $N = 4$.

$$\Delta P_T = 3,3 + 18 \times 0,8^2 = 14,88 \text{ кВт}; \quad \Sigma \Delta P_T = 4 \times 14,88 = 59,52 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,3}{100} \times 1600 + \frac{5,5}{100} \times 1600 \times 0,8^2 = 77,4 \text{ квар}; \quad \Sigma \Delta Q_T = 4 \times 77,4 = 309,6 \text{ квар.}$$

ТП3, ТП4: $K_3 = 0,8$; $N = 4$

$$\Delta P_T = 3,3 + 18 \times 0,8^2 = 14,88 \text{ кВт}; \quad \Sigma \Delta P_T = 4 \times 14,88 = 59,52 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,3}{100} \times 1600 + \frac{5,5}{100} \times 1600 \times 0,8^2 = 77,4 \text{ квар}; \quad \Sigma \Delta Q_T = 4 \times 77,4 = 309,6 \text{ квар.}$$

Суммарные потери во всех трансформаторах:

$$\Sigma \Delta P_T = 59,52 + 59,52 = 119,04 \text{ кВт}$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 309,6 + 309,6 = 619,2 \text{ квар}$$

Определение расчетной мощности синхронных двигателей

Исходные данные: $P_{нсд} = 1000$ кВт; $\cos \varphi = 0,9$; $N_{сд} = 4$; $\kappa_3 = \beta = 0,85$.

Определение расчетных активных и реактивных мощностей для СД: [2]

$$P_{рсд} = P_{нсд} \cdot N_{сд} \cdot K_3, \text{ кВт} \quad (2.11)$$

$$P_{рсд} = 1000 \cdot 4 \cdot 0,85 = 3400 \text{ кВт}$$

$$Q_{рсд} = P_{рсд} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ квар} \quad (2.12)$$

$$Q_{рсд} = 3400 \cdot 0,48 = 1646,7 \text{ квар}$$

2.6 Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ ГПП

Составим схему замещения, показанную на рисунке 2.2.

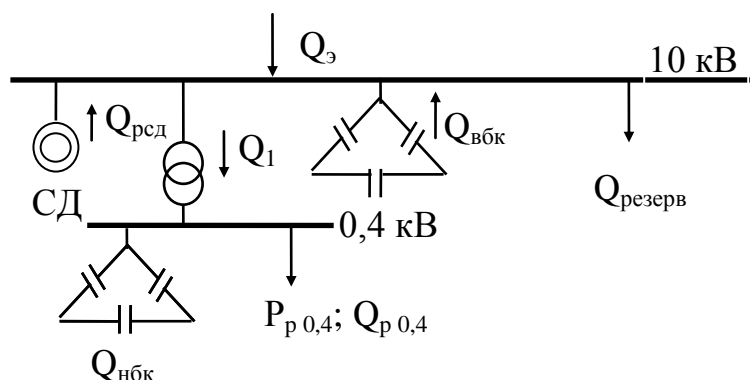


Рисунок 2.2

Методика расчета компенсации на шинах ГПП

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

$$Q_{ВБК} = Q_{p0,4} + \Sigma \Delta Q_{тр} + Q_{рез} - Q_3 - Q_{НБК} - \Sigma Q_{сд}, \quad (2.13)$$

$$Q_3 = 0,23 \times \Sigma P_p = 0,23 \times (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{pсд}), \quad (2.14)$$

$$Q_3 = 0,23 \times (9548,1 + 119,04 + 3400) = 3266,8 \text{ квар};$$

$$Q_{рез} = 0,1 \Sigma Q_p = 0,1 \times (Q_{p0,4} + \Delta Q_T), \quad (2.15)$$

$$Q_{рез} = 0,1 \times (6136,2 + 619,2) = 675,5 \text{ квар};$$

$$Q_{ВБК} = 6136,2 + 619,2 + 675,5 - 3266,8 - 2400 - 1646,7 = 116,8 \text{ квар}.$$

Так как $Q_{ВБК}$ мала, то установка батарей компенсации не нужна.

Расчет силовой нагрузки по цементному заводу, включая низковольтную и высоковольтную нагрузки, потери в трансформаторах ЦТП, расчетные мощности по компрессорной, приведены в таблице 2.5 – Расчет уточненной мощности по цементному заводу.

Таблица 2.5 – Расчет уточненной мощности по цементному заводу

№№ТП, S _{HT} , Q _{БК} ТП	№№ цеха	n	P _{n min} – P _{n max}	ΣP _H	Ки	Средняя мощность		n _э	К _M	Расчетные мощности			Кз
						P _{сM} , кВт	Q _{сM} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП1, ТП2 (4×1600 кВА)	3	65	20-50	2000		1200	900						
	4	18	5-42	400		280	174						
	7	32	10-80	2000		600	800						
	8	22	10-90	1200		600	450						
	10	16	20-75	700		140	123						
	12	38	5-45	420		126	95						
	14	15	3-30	150		45	60						
	15	12	5-16	85		26	34						
Силовая: Освещение: Освещение территории Q _{нБК} Итого		218	90	6955	0,43	3017	2635	155	1,05	3167,3	2635,5		
										334,1	220,5		
										799,3	399,6		
											-1200		
										4300,7	2055,67	4766,9	0,74
ТП3, ТП4 (4×1600 кВА)	1	17	1-25	320		160	120						
	2	12	10-40	280		140	105						
	5	35	20-140	2100		840	630						
	6	30	50-145	1800		720	540						
	11	22	14-90	2250		450	397						
	13	47	10-80	1400		910	683						
	16	38	1-30	600		300	145						
	17	30	1-20	250		125	94						
18	25	1-15	150		30	31							

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Силовая: Освещение: $Q_{нБК}$ Итого		256	145	9150	0,40	3675	2744	126	1,07	3932,2 367,9	2744 183,9 -1200		
										4300,1	1728,9	4634,4	0,72
Итого на шинах 0,4 кВ										8601,0	3783,7		
$\Sigma \Delta P_T$, $\Sigma \Delta Q_T$ Нагрузка 0,4 кВ, приведенная к шинам 6 кВ.										118,9	618,5		
Компрессорная	9	4	1000	4000						8719,9	4402,2		
Всего по заводу										3400,0	-1646,7		
										12119,9	2755,5	12429,2	

3 Сравнение вариантов внешнего электроснабжения

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/10,5 кВ (трансформаторы работают раздельно), мощность к.з. 1200 МВА. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 5 км.

Для технико-экономического сравнения вариантов электроснабжения завода рассмотрим два варианта:

1. I вариант – ЛЭП 115 кВ;
2. II вариант – ЛЭП 10,5 кВ.

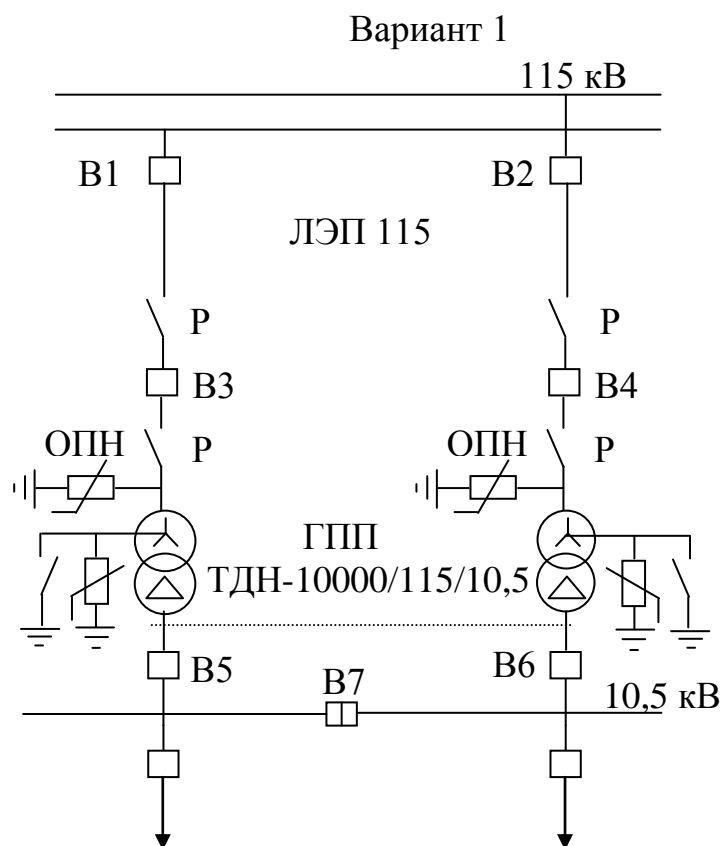


Рисунок 3.1 – Первый вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по I варианту.

Выбираем трансформаторы ГПП

$$S_{p \text{ гпп}} = \sqrt{P_p^2 + Q_9^2} \text{ кВА.} \quad (3.1)$$

$$S_{p \text{ гпп}} = \sqrt{12119,9^2 + 3266,8^2} = 12552,4 \text{ кВА.}$$

Рассмотрим 2 трансформатора мощностью 10000 кВА:

$$K_3 = \frac{12552,4}{2 \times 10000} = 0,6.$$

Принимаем 2 трансформатора 2×10000 кВА, $K_3=0,6$, типа ТДН-10000-110/10

Паспортные данные:

$S_H = 10$ МВА; $U_{BH} = 110$ кВ; $U_{HH} = 10$ кВ; $P_{xx} = 18$ кВт; $P_{кз} = 60$ кВт;
 $U_{кз} = 10,5\%$; $I_{xx} = 0,9\%$.

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП

$$\Delta P_{тр гпп} = 2 \times (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \times K_3^2), \text{ кВт},$$

$$\Delta P_{тр гпп} = 2 \times (18 + 60 \times 0,6^2) = 79,2 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{т гпп} = 2 \times \left(\frac{I_x \times S_H}{100} + \frac{U_k \times S_H \times K_3^2}{100} \right), \text{ квар}$$

$$\Delta Q_{т гпп} = 2 \times \left(\frac{0,9 \times 10000}{100} + \frac{10,5 \times 10000 \times 0,6^2}{100} \right) = 936 \text{ квар}.$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП

$$\Delta W_{т гпп} = 2 \times (\Delta P_{xx} \times T_{вкл} + \tau \times \Delta P_{кз} \times K_3^2),$$

где $T_{вкл}$ – число часов включения, для трехфазной работы $T_{вкл} = 6000$ ч;
 τ – число часов использования максимума потерь и зависит от числа часов использования максимума нагрузки.

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right) \times 8760 = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \times 8760 = 2886 \text{ ч}.$$

где $T_M = 4500$ ч. – число часов использования максимума.

$$\Delta W_{т гпп} = 2 \times (18 \times 6000 + 60 \times 2886 \times 0,6^2) = 340675 \text{ кВт} \times \text{ч}.$$

Выбираем сечение проводов ЛЭП 110 кВ

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{т гпп})^2 + Q_9^2}, \text{ кВА},$$

$$S_{лэп} = \sqrt{(12119,9 + 79,2)^2 + 3266,8^2} = 12628,9 \text{ кВА};$$

$$I_{ав} = \frac{S_{лэп}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{12628,9}{\sqrt{3} \times 115} = 63,4 \text{ А};$$

$$I_p = \frac{I_{ав}}{2} = \frac{63,4}{2} = 31,7 \text{ А}.$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ($j_э$)

$$F_э = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{31,7}{1,1} = 28 \text{ мм}^2.$$

где $j_{эк}=1,1 \text{ А/мм}^2$ - плотность тока для воздушных линий; принимаем стандартное ближайшее сечение $F_э=50 \text{ мм}^2$, $I_{доп} = 140 \text{ А}$.

б) по условию потерь на «корону»

Так как для ВЛ 110 кВ минимальное сечение 70 мм^2 , то принимается провод марки АС 70, $I_{доп}=265 \text{ А}$.

в) на нагрев рабочим током: $I_{доп.пров.} > I_p$, ($265 \text{ А} > 31,7 \text{ А}$)

г) по аварийному режиму: $1,3 \times I_{доп.пров.} > I_{ав.}$, ($1,3 \times 265 > 63,4 \text{ А}$)

Окончательно принимаем провод марки АС-70, $I_{доп}=265 \text{ А}$.

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 110 кВ

$$\Delta W_{лэп 110} = N \times 3 \times I_p^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau,$$

$$\Delta W_{лэп 110} = 2 \times 3 \times 31,7^2 \times 2,3 \times 10^{-3} \times 2886 = 40021 \text{ кВт ч},$$

где $R=r_0 \times L=0,46 \times 5=2,3 \text{ Ом}$;

$r_0=0,46 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС-70.

Выбор оборудования на $U=110 \text{ кВ}$

Перед выбором аппаратов составим схему замещения (рисунок 3.2) и рассчитаем ток короткого замыкания.

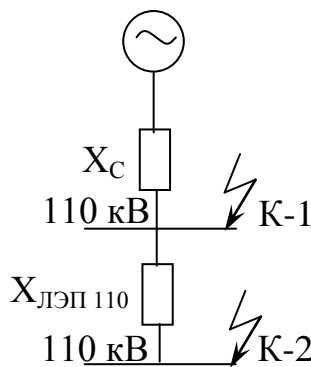


Рисунок 3.2

$$S_б=1000 \text{ МВА}; S_{кз}=1200 \text{ МВА}; U_б=115 \text{ кВ}.$$

$$x_c = S_б / S_{кз} = 1000 / 1200 = 0,8 \text{ о.е.}$$

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{ кА};$$

$$x_{лэп} = \frac{x_0 \times L \times S_б}{U_{ср}^2} = \frac{0,34 \times 5 \times 1000}{115^2} = 0,12 \text{ о.е.};$$

$$I_{к-1} = \frac{I_б}{x_c} = \frac{5,02}{0,8} = 6,2 \text{ кА};$$

$$I_{к-2} = \frac{I_б}{x_c + x_{лэп}} = \frac{5,02}{0,8 + 0,12} = 5,4 \text{ кА};$$

$$i_{уд1} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times I_{к-1} = 1,8 \times \sqrt{2} \times 6,2 = 15,7 \text{ кА},$$

$$i_{уд2} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times I_{к-2} = 1,8 \times \sqrt{2} \times 5,4 = 13,8 \text{ кА},$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{к-1} = \sqrt{3} \times U_H \times I_{к-1} = \sqrt{3} \times 115 \times 6,2 = 1233 \text{ МВА};$$

$$S_{к-2} = \sqrt{3} \times U_H \times I_{к-2} = \sqrt{3} \times 115 \times 5,4 = 1074 \text{ МВА}.$$

После расчета токов КЗ произведем выбор

- выключатели В1, В2 МКП-110-630-20У1:

$$I_H = 630 \text{ А} \geq I_{ав} = 63,4 \text{ А}; I_{отк} = 20 \text{ кА} \geq I_{кз} = 6,2 \text{ кА}; I_{пред.ком.} = 52 \text{ кА} > i_{уд} = 15,7 \text{ кА}.$$

- разъединители РНД32-СК-110/1000У1:

$$I_H = 1000 \text{ А} \geq I_{ав} = 63,4 \text{ А}; I_{скв ампл} = 80 \text{ кА} \geq 5,4 \text{ кА}; I_{пред терм стойк} = 31,5 \text{ кА} \geq 13,8 \text{ кА}.$$

- выключатели В3, В4 МКП-110-630-20У1:

$$I_H = 630 \text{ А} \geq I_{ав} = 63,4 \text{ А}; I_{отк} = 20 \text{ кА} \geq I_{кз} = 5,4 \text{ кА}; I_{пред.ком.} = 52 \text{ кА} > i_{уд} = 13,8 \text{ кА}.$$

- ограничители перенапряжения: ОПНп-110/420/56-10 УХЛ1, $U_H = 110 \text{ кВ}$.

Расчет капитальных затрат на выбранное оборудование приведен в экономической части.

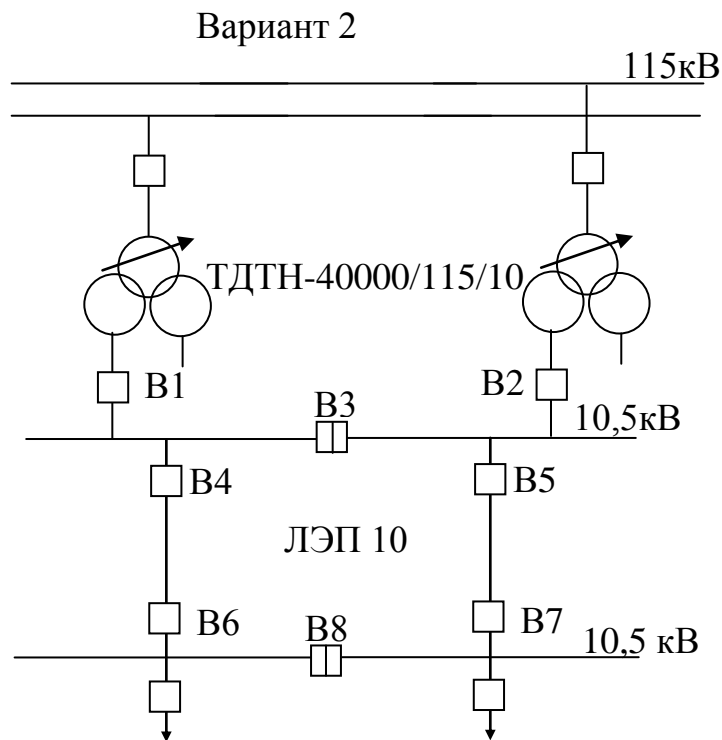


Рисунок 3.3 – Второй вариант схемы электроснабжения

Выбираем электрооборудование по II варианту.

Выбираем сечение проводов ЛЭП 10 кВ:

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{\text{рЛЭП}} = \sqrt{12119,9^2 + 3266,8^2} = 12552,4 \text{ кВА.}$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{12552,4}{\sqrt{3} \times 10,5} = 691 \text{ А;} \quad I_{\text{р}} = \frac{691}{2} = 345,5 \text{ А.}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ($j_э$):

$j_{эк} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ - плотность тока для воздушных линий;

$$F_э = \frac{I_{\text{р}}}{j_{эк}} = \frac{345,5}{1,1} = 314 \text{ мм}^2.$$

минимальное стандартное сечение на 10 кВ $F_э = 120 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 380 \text{ А}$, то принимаем ЗАС-120, $360 \text{ мм}^2 > 314 \text{ мм}^2$.

б) на нагрев рабочим током: $I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{р}}$, ($1140 \text{ А} > 345,5 \text{ А}$)

в) по аварийному режиму: $1,3 \times I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{ав.}}$, ($1,3 \times 1140 > 691 \text{ А}$)

Окончательно принимаем провод марки ЗАС-120, $I_{\text{доп}} = 1140 \text{ А}$

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 10 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп 10}} = 2 \times 3 \times 345,5^2 \times 0,46 \times 10^{-3} \times 2886 = 950827 \text{ кВт ч,}$$

где $R = r_0 \times L = 0,28 \times 5/3 = 0,46 \text{ Ом}$;

$r_0 = 0,28 \text{ Ом/км}$ - удельное активное сопротивление АС-120

Выберем трансформаторы энергосистемы:

Выбираем два трансформатора типа ТДТН-40000/115/10,5

Паспортные данные трансформаторов:

$S_H=40000$ кВА; $U_{BH}=115$ кВ; $U_{HH}=10,5$ кВ; $\Delta P_{XX}=52$ кВт; $\Delta P_{K3}=175$ кВт;

$U_K=10,5\%$; $I_{XX}=0,7\%$.

Найдем γ_1 -коэффициент долевого участия проектируемого завода в мощности

трансформаторов энергосистемы: $\gamma_1 = \frac{S_{лэн10}}{2 * S_{номтр}} = \frac{12552,4}{2 * 40000} = 0,16$

Найдем потери электроэнергии в трансформаторах ГПП:

$\Delta W_{тр гпп} = 2(52 * 6000 + 175 * 2886 * 0,16^2) = 649858$ кВт·ч

Долевым участием в потерях ΔP и ΔQ в трансформаторах энергосистемы пренебрегаем

Выбор оборудования на $U=10$ кВ.

Составим схему замещения (рисунок 3.4):

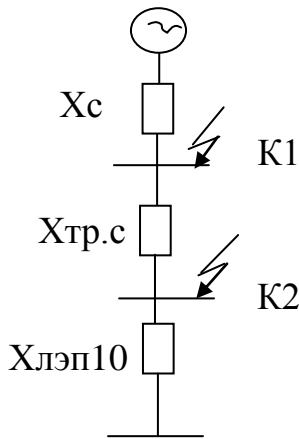


Рисунок 3.4

$$S_б = 1000 \text{ МВА}$$

$$U_б = 10,5 \text{ кВ,}$$

$$X_c = 0,8 \text{ о.е.}$$

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3}U_б} = 55 \text{ кА}$$

$$X_{лэн10} = \frac{x_0/3 * L * S_б}{10 * U_{нсп}^2} = \frac{0,32/3 * 5 * 1000}{10 * 10,5^2} = 0,48;$$

$$X_{тр.с} = \frac{U_{инт} * S_б}{100 * S_{н.тр.с}} = \frac{10,5 * 1000}{100 * 40} = 2,62 \text{ о.е.};$$

Рассчитаем действующее значение тока кз в точке К1:

$$I_{к1} = \frac{I_б}{X_c + X_{тр}} = \frac{55}{0,8 + 2,62} = 16 \text{ кА}$$

Ударный ток кз: $i_{уд1} = \sqrt{2} K_{уд} * I_{к1} = \sqrt{2} * 1,8 * 16 = 40,8 \text{ кА}$

Мощность кз в точке К1: $S_{к1} = \sqrt{3} U_б * I_{к1} = \sqrt{3} * 10,5 * 16 = 290 \text{ МВА}$

Действующее значение тока кз в точке К2:

$$I_{к2} = \frac{I_б}{X_c + X_{тр} + X_{лэн}} = \frac{55}{0,8 + 2,62 + 0,48} = 14 \text{ кА}$$

Ударный ток кз: $i_{уд2} = \sqrt{2} K_{уд} * I_{к2} = \sqrt{2} * 1,8 * 14 = 35,5 \text{ кА}$

Мощность кз в точке К2: $S_{к2} = \sqrt{3} U_б * I_{к2} = \sqrt{3} * 10,5 * 14 = 254 \text{ МВА}$

После расчета токов КЗ произведем выбор:

Найдем ток, проходящий через выключатели В1 и В2:

$$I_{ав_{В1,В2}} = \frac{S_{автр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 2202 \text{ А}$$

Выбираем выключатели В1,В2 типа ВМПЭ-10-3200-31,5У3

Таблица 3.1

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=10 \text{ кВ}$ $I_n=3200 \text{ А}$ $I_{откл}=31,5 \text{ кА}$ $I_{дин}=52 \text{ кА}$	$U_p=10 \text{ кВ}$ $I_{ав_{тр сист}}=2293 \text{ А}$ $I_{к1}=16 \text{ кА}$ $i_{уд1}=40,8 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав_{тр сист}}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

Секционный выключатель В3 выбираем по току в 2 раза меньше аварийного.

Найдем ток, проходящий через выключатель В3: $I_{В3} = \frac{I_{ав}}{2} = \frac{2202}{2} = 1101 \text{ А}$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ-10-1600-31,5У3

Таблица 3.2

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=10 \text{ кВ}$ $I_n=1600 \text{ А}$ $I_{откл}=31,5 \text{ кА}$ $I_{дин}=52 \text{ кА}$	$U_p=10 \text{ кВ}$ $I_{ав_{тр сист}}=1101 \text{ А}$ $I_{к1}=16 \text{ кА}$ $i_{уд1}=40,8 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав_{тр сист}}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

Выключатели В4,В5 выбираем по аварийному току завода: $I_{ав зав}=691 \text{ А}$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ-10-1000-31,5У3

Таблица 3.3

Паспортные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n=10 \text{ кВ}$ $I_n=1000 \text{ А}$ $I_{откл}=31,5 \text{ кА}$ $I_{дин}=52 \text{ кА}$	$U_p=10 \text{ кВ}$ $I_{ав}=691 \text{ А}$ $I_{к1}=16 \text{ кА}$ $i_{уд1}=40,8 \text{ кА}$	$U_n \geq U_p$ $I_n \geq I_{ав_{тр сист}}$ $I_{откл} \geq I_{к1}$ $I_{дин} \geq i_{уд1}$

Расчет капитальных затрат на выбранное оборудование приведен в экономической части.

Вывод: проходит I вариант по минимальным годовым потерям в трансформаторе и ЛЭП.

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

4.1 Расчет токов короткого замыкания с учетом подпитки от СД

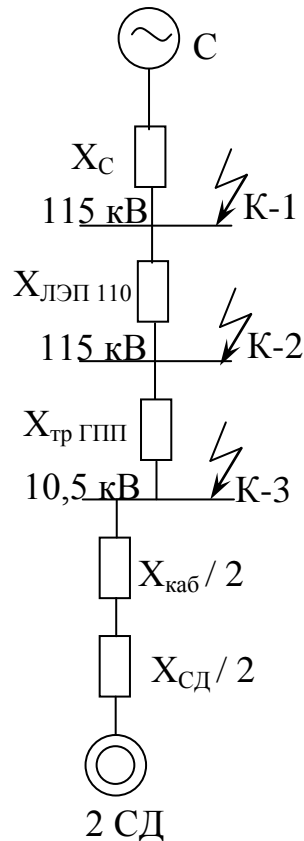


Рисунок 4.1 – Схема замещения электроснабжения ГПП

$$S_{\delta} = 1000 \text{ МВА}; S_{кз} = 1200 \text{ МВА}; U_{\delta} = 10,5 \text{ кВ}; I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \times U_{н}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10,5} = 55 \text{ кА};$$

$$x_c = S_{\delta} / S_{кз} = 0,8 \text{ о.е.}$$

Токи КЗ в точке К-1, К-2 рассчитаны выше, то остается рассчитать токи в точках К-3.

$$X_{лэп} = \frac{x_0 \times L \times S_{\delta}}{U_{ср}^2} = \frac{0,34 \times 5 \times 1000}{115^2} = 0,12 \text{ о.е.};$$

$$X_{тр.ГПП} = \frac{U_{кз} \times S_{\delta}}{100 \times S_{нт}} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 10} = 10,5 \text{ о.е.};$$

$$I'_{к-3} = \frac{I_{\delta}}{x_c + X_{лэп} + X_{тр.ГПП}} = \frac{55}{0,8 + 0,12 + 10,5} = 4,8 \text{ кА}.$$

Рассчитаем ток подпитки от СД.

Исходные данные:

В компрессорной установлено 4 синхронных двигателя типа СДН-16-41-20 со следующими характеристиками: $P_H=1000$ кВт, $U_H=10,5$ кВ, $n=300$ об/мин, $x''_d=14,5\%$, $\eta=93,2\%$.

$$S_{H\text{сд}} = \frac{P_{H\text{сд}}}{\cos\varphi} = \frac{1000}{0,9} = 1111 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{сд}} = \frac{S_{H\text{сд}} \times K_3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1111 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 51,9 \text{ А};$$

Выбираем кабель к СД:

а) по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{эк}}} = \frac{51,9}{1,4} = 37 \text{ мм}^2.$$

б) по минимальному сечению:

$$F_{\text{min}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 4,8 \times \sqrt{0,6} = 44 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель маркой ААШВ-10-(3×50), $I_{\text{доп}}=140 > 51,9$ А.
Данные кабеля: $r_0=0,447$ Ом/км; $x_0=0,08$ Ом/км.

$$X_{\text{каб.кСД}} = \frac{x_0 \times L \times S_{\text{б}}}{2 \times U_{\text{ср}}^2} = \frac{0,08 \times 5 \times 1000}{2 \times 10,5^2} = 2 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{сд}} = \frac{x''_d \times S_{\text{б}}}{\sum S_{H\text{сд}}} = \frac{0,2 \times 1000}{2 \times 1,111} = 90 \text{ о.е.}$$

Тогда ток от двигателей будет равен:

$$I_{\text{кзСД}} = \frac{E_{\text{сд}} \times I_{\text{б}}}{X_{\text{экв}}} = \frac{1,048 \times 55}{2 + 90} = 0,6 \text{ кА.}$$

где $E_{\text{сд}} = E''_H \times U_H / U_{\text{б}} = 1,1 \times 10 / 10,5 = 1,048$ о.е.

Суммарный ток КЗ в точке К-3 на шинах 10 кВ с учетом подпитки от двигателей компрессорной будет равен:

$$\Sigma I_{кз} = I'_{к-3} + I_{\Sigma кз СД} = 4,8 + 0,6 = 5,4 \text{ кА.}$$

Ударный ток в точке К-3:

$$i_{удз} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times \Sigma I_{кз} = 1,8 \times \sqrt{2} \times 5,4 = 13,7 \text{ кА.}$$

4.2 Выбор оборудования

Выбор выключателей

Выбор вводных и секционных выключателей:

$$S_{р.завода} = 12628,9 \text{ кВА;}$$

$$I_{р.зав.} = \frac{S_{р.зав.}}{2 \times \sqrt{3} \times U_{н}} = \frac{12628,9}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 347,6 \text{ А;}$$

$$I_{ав} = 2 \times I_{р.зав.} = 2 \times 347,6 = 695,2 \text{ А.}$$

Выбираем выключатель типа ВМПЭ-10-1000-31,5У3.

Секционный выключатель $I_{р} = \frac{I_{ав}}{2} = \frac{695,2}{2} = 347,6 \text{ А.}$

Принимаем выключатель типа ВМПЭ-10-630-31,5У3.

Таблица 4.1

	Вводные выключатели		Секционный выключатель	
	Расчетные	Паспортные	Расчетные	Паспортные
$U_{н}$, кВ	10	10	10	10
$I_{н}$, А	695,2	1000	347,6	630
$I_{отк}$, кА	5,4	31,5	5,4	31,5

Выбор выключателей отходящих линий:

1. Магистраль ГПП-(ТП1-ТП2):

2.

$$S_{рГПП,2} = \sqrt{(4300,8 + 59,51)^2 + (2055,7 + 309,59)^2} = 4960,4 \text{ кВА;}$$

$$I_{р} = \frac{4960,4}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 136,5 \text{ А;}$$

$$I_{ав} = 2 \times 136,5 = 273 \text{ А}$$

Таблица 4.2 - Выбираем выключатель типа ВМПЭ-10-630-31,5У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_{ав} = 273 \text{ А}$
$I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$	$I_{кз} = 5,4 \text{ кА}$
$I_{скв} = 52 \text{ кА}$	$I_{уд} = 13,7 \text{ кА}$
$I^{2*t} = (31,5)^2 \times 4 = 3969 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$V = (5,4)^2 \times 0,12 = 3,49 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Привод встроенный электромагнитный	

2. Магистраль ГПП-(ТПЗ-ТП4):

$$S_{рТПЗ,4} = \sqrt{(4300,2 + 59,51)^2 + (1728 + 309,59)^2} = 4812,3 \text{ кВА};$$

$$I_P = \frac{4812,3}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 132,4 \text{ А};$$

$$I_{ав} = 2 \times 132,4 = 264,8 \text{ А}$$

Таблица 4.3 - Выбираем выключатель типа ВМПЭ-10-630-31,5У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U = 10 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_{ав} = 264,8 \text{ А}$
$I_{откл} = 31,5 \text{ кА}$	$I_{кз} = 5,4 \text{ кА}$
$I_{скв} = 52 \text{ кА}$	$I_{уд} = 13,7 \text{ кА}$
$I^{2*t} = (31,5)^2 \times 4 = 3969 \text{ кА}^2 \times \text{с}$	$V = (5,4)^2 \times 0,12 = 3,49 \text{ кА}^2 \times \text{с}$
Привод встроенный электромагнитный	

3. Магистраль ГПП-СД:

$$S_{рСД} = \frac{1000}{0,9} = 1111 \text{ кВА};$$

$$I_{рСД} = \frac{1111 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 10,5} = 51,9 \text{ А}$$

Таблица 4.4 - Выбираем выключатель типа ВМПЭ-10-630-31,5У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H=10$ кВ $I_H = 630$ А $I_{откл}=31,5$ кА $I_{скв}=52$ кА $I^{2*t}=(31,5)^2 \times 4=3969$ кА ² × с	$U=10$ кВ $I_{ав}=51,9$ А $I_{кз}=5,4$ кА $I_{уд}=13,7$ кА $V=(5,4)^2 \times 0,12=3,49$ кА ² × с
Привод встроенный электромагнитный	

Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки: $U_{ном\ тт} \geq U_{ном\ уст-ки}$;
2. по току: $I_{ном\ тт} \geq I_{расч}$;
3. по электродинамической стойкости: $K_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \times I_{номтт}}$;
4. по вторичной нагрузке: $S_{н2} \geq S_{нагр\ расч}$;
5. по термической стойкости: $K_{тс} = \frac{I_{об} \times \sqrt{t}}{I_{номтт} \times t_{нт}}$;
5. по конструкции и классу точности.

а) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 4.5

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 ТЛ-10У3: $I_H=800$ А; $U_H=10$ кВ; $S_H =30$ ВА.

Таблица 4.6

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ $I_{ав}=695,2$ А $i_{уд}=13,7$ кА $S_{2\ p}=10,5$ ВА	$U_H=10$ кВ $I_H=800$ А $I_{дин}=81$ кА $S_{2\ H}=30$ ВА

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

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

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

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н}} = \frac{S_{2\text{н}}}{I_2^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом}.$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;
 I_2 – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

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

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

принимаем провод АКР ТВ; $F = 2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,416 \times 5^2 = 10,5 \text{ ВА};$$

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:
 $I_p = 347,6 \text{ А}$; ТЛМ-10У3: $I_n = 400 \text{ А}$; $U_n = 10 \text{ кВ}$.

Таблица 4.7

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Итого		0,5	0,5	0,5

Таблица 4.8

Расчетные величины	По каталогу
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{ав}=347,6$ А	$I_H=400$ А
$i_{уд}=13,7$ кА	$I_{дин}=81$ кА
$S_{2p}=4,4$ ВА	$S_{2H}=10$ ВА

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом};$$

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

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

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

принимаем провод АКР ТВ; $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,0,176 \times 5^2 = 4,4 \text{ ВА};$$

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

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

Таблица 4.9

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

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом};$$

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

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

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

принимаем кабель АКРТВ; $F=2,5 \text{ мм}^2$;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,376 \times 5^2 = 9,4 \text{ ВА};$$

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

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2): $I_{\text{ав}}=273 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10У3: $I_{\text{н}}=300 \text{ А}$; $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}}=10 \text{ ВА}$.

Таблица 4.10

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=273 \text{ А}$	$I_{\text{н}}=300 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=13,7 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=81 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}}=9,4 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}}=10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП3-ТП4): $I_{\text{ав}}=264,8 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10У3: $I_{\text{н}}=300 \text{ А}$; $U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$; $S_{\text{н}}=10 \text{ ВА}$.

Таблица 4.11

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}}=264,8 \text{ А}$	$I_{\text{н}}=300 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=13,7 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=81 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}}=9,4 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}}=10 \text{ ВА}$

Трансформаторов тока на СД: $I_p = 51,9 \text{ А}$; примем трансформатор тока ТПЛК-10УЗ: $I_n = 100 \text{ А}$; $U_n = 10 \text{ кВ}$; $S_n = 10 \text{ ВА}$.

Таблица 4.12

Расчетные величины	По каталогу
$U_n = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{ав} = 51,9 \text{ А}$	$I_n = 100 \text{ А}$
$i_{уд} = 13,7 \text{ кА}$	$I_{дин} = 81 \text{ кА}$
$S_{2p} = 4,4 \text{ ВА}$	$S_{2n} = 10 \text{ ВА}$

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

Таблица 4.13

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$, ВА	Число об-к	$\cos\phi$	$\sin\phi$	Число приборов	$P_{общ}$, Вт	Q_{Σ} , вар
V	Э-335	2	2	1	0	2	8	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	САЗ-И681	3 Вт	2	0,38	0,925	7	42	102,06
Varh	СР4-И689	3 вар	2	0,38	0,925	7	42	102,06
Итого							98	204,12

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{98^2 + 204,12^2} = 226,4 \text{ ВА}$$

Таблица 4.14 – Принимаем ТН типа НТМК-10У4

$U_{нт} = 10 \text{ кВ}$	$U_{нт} = 10 \text{ кВ}$
$S_{н2} = 500 \text{ кВА}$	$S_{p2} = 226,4 \text{ ВА}$
Схема соединения обмоток $Y^{\Delta}/Y^{\Delta}/\Delta^{-0}$	

Выбор выключателей нагрузки

ТП1,2 $I_p = 136,5 \text{ А}$; ТП3,4 $I_p = 132,4 \text{ А}$

Для всех трансформаторов принимаем выключатель нагрузки типа ВНПу-10-400-10зп ЗУЗ

Таблица 4.15 – Проверим выбранный выключатель нагрузки

Расчетные	Паспортные
$U_H=10$ кВ	$U_H=10$ кВ
$I_{расч}=132,4-136,5$ А	$I_H=400$ А
$I_K=5,4$ кА	$I_{отк}=14,5$ кА

Выбор силовых кабелей отходящих линий

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

1. по экономической плотности тока: $F_3 = \frac{I_p}{\gamma_3}$;
2. по минимальному сечению $F_{min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{п}}$;
3. по условию нагрева рабочим током $I_{доп каб} \geq I_p$;
4. по аварийному режиму $I_{доп ав} \geq I_{ав}$;
5. по потере напряжения $\Delta U_{доп} \geq \Delta U_{рас}$.

Выбираем кабель ГПП-ТП1-ТП2:

$$S_{рГПП,2} = \sqrt{(4300,8 + 59,51)^2 + (2055,7 + 309,59)^2} = 4960,4 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{4960,4}{2 \times \sqrt{3} \times 10,5} = 136,5 \text{ А}; \quad I_{ав} = 2 \times 136,5 = 273 \text{ А}.$$

а) по экономической плотности тока:

$$F_3 = I_p / j_{эк} = 136,5 / 1,4 = 97,5 \text{ мм}^2. \quad j_{эк} = 1,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \text{ - для } T_M = 3000-5000 \text{ ч}.$$

Принимаем кабель марки ААШВ-10-(3×120); $I_{доп}=265$ А;

б) проверим выбранный кабель по термической стойкости к $I_{кз}$, найдем минимальное сечение кабеля по $I_{кз}$: $F_{min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{привед}} = 12 \times 5,4 \times \sqrt{0,6} = 44 \text{ мм}^2$;

принимаем окончательно кабель ААШВ-10-(3×120); $I_{доп}=265$ А;

в) проверка по аварийному току: $I_{доп ав} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{ А} \geq 273 \text{ А}$;

г) проверка по рабочему режиму с учетом поправочного коэффициента $K_{попр}$, зависящего от количества кабелей проложенных в одной траншее $K_{попр}=0,8$ (4 кабеля в траншее):

$$I_p / K_{попр} = 136,5 / 0,8 = 170,6 \text{ А}, \quad (265 \text{ А} > 170,6 \text{ А}).$$

Условия выполняются, тогда окончательно принимаем кабель марки ААШВ-10-(3×120), с $I_{доп}=265$ А.

Все расчетные данные выбора остальных кабелей занесены в таблицу 4.16 – Кабельный журнал.

Таблица 4.16 – 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
			I _p , А	I _{ав} , А	j _э	F _э	K _п	F _{доп}	I _к , А	S		
ГПП-ТП1-ТП2	4960,4	4	136,5	273	1,4	97	0,8	95	5,4	50	ААШВ-10-(3×120)	265
ГПП-ТП3-ТП4	4812,3	4	132,4	264,8	1,4	94	0,8	95	5,4	50	ААШВ-10-(3×120)	265
ТП1-ТП2	2480,2	2	68,25	136,5	1,4	48	0,9	50	5,4	50	ААШВ-10-(3×50)	140
ТП3-ТП4	2406,15	2	66,2	132,4	1,4	47	0,9	50	5,4	50	ААШВ-10-(3×50)	140
ГПП-СД	1111	4	51,9	-	1,4	37	0,8	35	5,4	50	4ААШВ-10-(3×50)	140

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-80×6; $I_{\text{доп}}=1625$ А (одна полоса на фазу), $I_{\text{ав}}=695,2$ А; $i_{\text{уд}}=13,7$ кА

а) $I_{\text{доп}}=1625$ А \geq $I_{\text{ав}}=695,2$ А;

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

$$F_{\text{min}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 5,4 \times \sqrt{1} = 64,8 \text{ мм}^2 < 480 \text{ мм}^2 (80 \times 6);$$

в) проверка по динамической стойкости к $i_{\text{уд кз}}$: $\sigma_{\text{доп}}=700$ кгс/см²:

$$f = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times 13,7^2 \times 80}{60} = 4,3 \text{ кгс};$$

$$W = 0,167 \times b \times h^2 = 0,167 \times 0,8 \times 6^2 = 4,8 \text{ см}^3$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{f \times L}{10 \times W} = \frac{4,3 \times 80}{10 \times 4,8} = 7,2 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \leq 700 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

Где $L=80$ см-расстояние между изоляторами;

$a=60$ см-расстояние между фазами;

$b=0,8$ см-толщина одной полосы;

$h=6$ см-ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы.

Выбор изоляторов

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

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

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, $F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}}$;

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

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times 13,7^2 \times 80}{60} = 43,2 \text{ кгс}.$$

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

$F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}} = 0,6 \times 500 = 300$ кгс. ($> 43,2$ кгс), условие выполняется.

5 Расчет наружного освещения

5.1 Расчет наружного освещения с питанием от традиционного источника энергии

В первом варианте будет рассмотрен расчет наружного освещения с питанием от традиционного источника энергии. Будет произведен расчет осветительной установки проезжей части и парковки.

Расчет осветительной установки проезжей части.

Проектирование освещения улиц, дорог и автострад состоит из светотехнической и электротехнической частей, а также предусматривает технико-экономическое сопоставление вариантов осветительных установок.

Основная функция светильников — это рациональное освещение, для осуществления которого необходимо выбрать соответствующий их тип и определить размещение. Обычно при этом руководствуются основными светотехническими характеристиками светильников. Но учет только одних световых характеристик недостаточен, при всех обстоятельствах приходится неизбежно руководствоваться экономическими соображениями. Так, например, при низкой высоте подвеса требуется большое количество колонн и светильников. Поэтому при окончательном выборе типа светильников и их размещении необходимо учитывать категорию улицы, характер светораспределения, способы установки светильников и требования максимальной экономичности.

Задача расчета наружного освещения состоит в определении расстояния между светильниками (шага светильников). Светотехнический расчет ведется методом коэффициента использования светового потока.



Рисунок 5.1 - Поперечный профиль проезжей части

Исходные данные:

Ширина улицы, $b_y = 10\text{м}$,
ширина проезжей части $b_{пр} = 6\text{м}$,
ширина газона, $b_г = 1\text{м}$,
ширина тротуара, $b_{тр} = 1\text{м}$.

По исходным данным определим нормируемые параметры: яркость дорожного покрытия и среднюю горизонтальную освещенность.

При проектировании освещения улицы принимаем рекомендуемые параметры:

схема размещения светильников односторонняя, то есть светильники располагаются на опорах с одной стороны проезжей части.

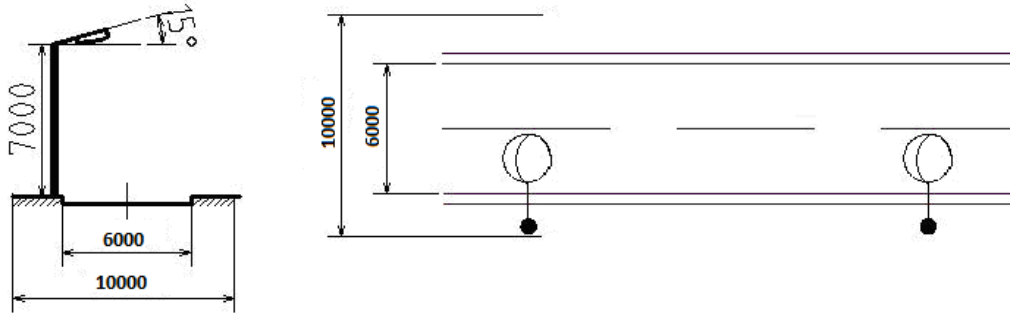


Рисунок 5.2 - Поперечный профиль проезжей части и размеры

Выбираем тип светильника РКУ 11– 125, мощность и тип источника света ДРЛ– 135.

Для ограничения слепящего действия согласно рекомендациям типовых решений, для данной улицы высота установки светильника $H = 7\text{ м}$.

Для наружного освещения дорог, улиц и площадей рекомендуется применять высокоэкономичные источники света высокого давления: натриевые лампы целесообразно использовать при средней яркости покрытия $0,4— 1,6\text{ кд/м}^2$ или средней освещенности 4 лк и выше; лампы ДРИ — на улицах и площадях со значительным пешеходным движением при средней яркости покрытия $0,6\text{ кд/м}^2$ и выше или средней освещенности 10 лк и выше; лампы ДРЛ — на улицах и дорогах всех категорий.

Категория улицы В – улицы и дороги местного значения, интенсивность движения транспорта – одиночные автомобили, автокары.

Средняя яркость покрытия $L = 0,2\text{ кд/м}^2$, средняя горизонтальная освещенность покрытия $E = 4\text{ лк}$.

Рассчитаем расстояние между осветительными приборами по средней яркости дорожного покрытия. При нормировании установок наружного освещения по средней яркости определение расстояния между осветительными приборами (шага d , м) производится по формуле:

$$d = \frac{1}{\pi L_n b K_3} \sum_{i=1}^M u_{Li} \Phi_{Li} m_i, \quad (5.1)$$

где L_n — нормируемая средняя яркость, кд/м^2 ;

b — ширина проезжей части, м;

K_3 — коэффициент запаса, равный $1,5$;

M — число рядов осветительных приборов вдоль освещаемой полосы (каждый ряд должен состоять из однотипных осветительных приборов) $M = 1$;

u_{Li} — коэффициент использования по яркости осветительного прибора i -го ряда, определяется схемой размещения светильников по таблицам значения коэффициента использования светильников наружного освещения по яркости в зависимости от отношения ширины дорог к высоте установки светильников:

$$b/H = 0,5/7 = 0,07, \quad u_{Li} = 0,011;$$

$$b/H = 5,5/7 = 0,78, \quad u_{Li} = 0,041.$$

Φ_{Li} — световой поток ламп осветительного прибора i -го ряда, $\Phi_{Li} = 6000$ лм ;

m — число осветительных приборов на опоре, относящейся к i -му ряду, $m = 1$.

$$d = \frac{1}{3,14 \cdot 3 \cdot 1,5} \cdot \sum_{i=1}^1 0,052 \cdot 6000 \cdot 1 = 22 \text{ м.}$$

Рассчитаем расстояние между осветительными приборами по средней освещенности:

$$d = \frac{1}{E_n b K_3} \sum_{i=1}^M u_{Ei} \Phi_{Li} m_i, \quad (5.2)$$

где E_n — нормируемая средняя освещенность, лк;

u_{Ei} — коэффициент использования по освещенности для осветительного прибора i -го ряда, $u_{Ei} = 0,054$.

$$d = \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 1,5} \sum_{i=1}^1 0,054 \cdot 6000 \cdot 1 = 18 \text{ м.}$$

Выбираем шаг равный 22м, который соответствует нормируемым освещенности и яркости.

На 300м улицы требуется установить $300/22 \approx 14$ опоры.

Удельная мощность, приходящаяся на 300м улицы $14 \times 135 \text{ Вт} = 1890 \text{ Вт}$.

Всего по расчетам принимаем 14 светильников.

Расчет производим с помощью программы DIALux 4.11.

Для освещения дороги используем светильники фирмы ОАО «Ардатовский светотехнический завод» типа РКУ11-125-001.

ОАО «Ардатовский светотехнический завод» - одно из крупнейших светотехнических предприятий России, основной сферой деятельности которого является производство и сбыт осветительных приборов общего и специального назначения. Оснащенный высокопроизводительным оборудованием, он осуществляет весь процесс производства: от научной

разработки до выпуска готовой продукции. На предприятии используются современные технологии и дизайн, соответствующий мировым стандартам.

ASTZ ACT3 PKY11-125-001
 № изделия: ACT3
 Световой поток (Светильник): 4116 lm
 Световой поток (Лампы): 6000 lm
 Мощность светильников: 135.0 W
 Классификация светильников по CIE: 98
 CIE Flux Code: 29 60 90 99 69
 Комплектация: 1 x ДРЛ125 E27 125Вт 6000лм Tцв=3940К
 (Поправочный коэффициент 1.000).

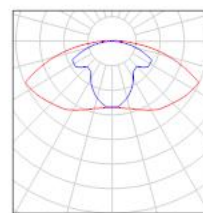


Рисунок 5.3 - Паспорт светильника

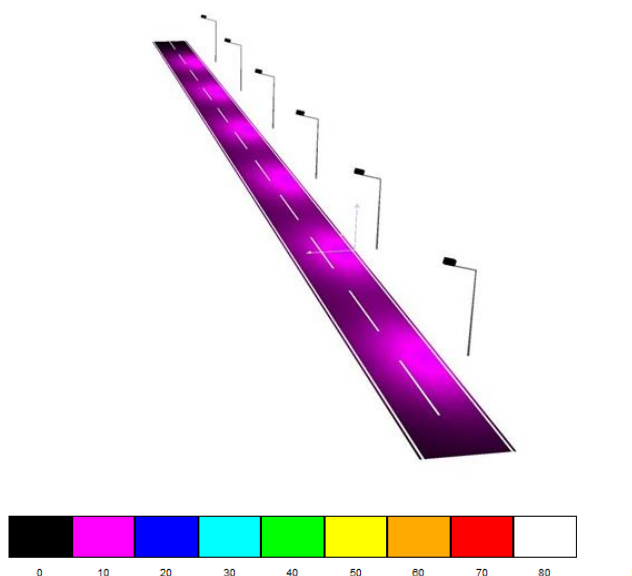


Рисунок 5.4 - Фиктивные цвета – визуализация

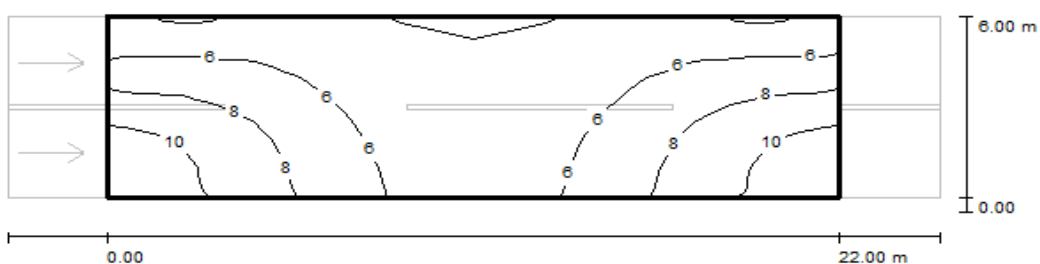


Рисунок 5.5 - Изолинии

Расчет осветительных установок парковки.

Для освещения территорий и участков производства работ на объектах промышленного, транспортного и другого назначения применяются прожекторные установки.

Расчет осветительной установки сводится к определению: числа прожекторов, необходимых для создания на освещаемой поверхности

нормируемой освещенности; мест установки прожекторных мачт и прожекторов; углов наклона и поворота прожекторов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Расположение прожекторов на мачтах задается наклоном их осей к горизонту θ и углами β между проекциями их осей и условным направлением начала отсчета углов.

При освещении веером прожекторов указываются углы β для крайних прожекторов и углы τ между проекциями осей соседних прожекторов веера (рисунок 5.7).

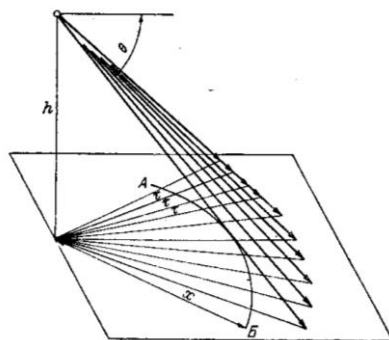


Рисунок 5.6 - Веер прожекторов

К основанию мачты примыкает «мертвое пространство», ограниченное для большинства прожекторов радиусом примерно $h \cdot \text{tg}(45 - \theta)^\circ$.

Расчет прожекторного освещения часто производится на горизонтальную освещенность и сводится к компоновке изолюкс. Заполнив весь план освещаемой поверхности изолюксами $e = Ek/2$, где E – нормированная освещенность, получаем в точках касания или пересечения изолюкс освещенность $2e = Ek$, а внутри изолюкс – большую освещенность.

При $\tau \leq 20^\circ$ освещенность в пределах дуг AB любого радиуса x почти равномерна и при всех заданных других параметрах установки является функцией только $x : h$.

Основанием для расчета в этом случае являются графики освещенности ε от каждого веера, находится $\Sigma\varepsilon$ и рассчитывается по формуле, если этот угол одинаков для всех вееров:

$$\tau = \frac{\Sigma\varepsilon}{E_n k h^2} \cdot \quad (5.3)$$

Установки, освещаемые веерами прожекторов, как правило, крупные и ответственные, и здесь оправдано рассмотрение ряда вариантов, например: на мачте может быть установлено несколько вееров с разными θ и τ , веера разных мачт могут иметь разные параметры.

На автостоянке с размером 35х35м, создать по возможности равномерную освещенность, нормированную по СНиП, равную 4лк.

Для расчета освещения заданной площадки принимаем тип прожектора ЖО-29-150-002 Прометей; тип и мощность источника света ДНаТ-150; принимаем рекомендуемую высоту установки прожекторов 10м и размещаем прожекторы на площадке.

Для светотехнического расчета необходимо наметить несколько контрольных точек, из них одну – в зоне ожидаемого минимума освещенности. В рассматриваемом случае такая зона находится в центре освещаемого поля на пересечении диагоналей (точка А).

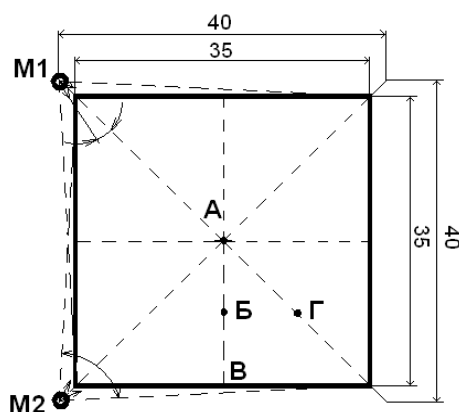


Рисунок 5.7 - Освещение площадки

Определим необходимое значение угла τ для создания заданной нормированной освещенности:

$$\tau = \frac{\Sigma \varepsilon}{E_n k h^2}; \quad (5.4)$$

$$\tau = \frac{42000}{4 \cdot 1,5 \cdot 10^2} = 70^\circ.$$

По плану определим угол действия прожекторов:

$$\operatorname{tg} \omega = 32/35 = 0,9, \omega = 42^\circ \times 2 = 84^\circ.$$

Определим количество прожекторов, подлежащих установке на каждой из мачт:

$$n = \frac{\omega}{\tau}; \quad (5.5)$$

$$n = \frac{84}{70} = 1,2 \approx 1.$$

Всего на четырех мачтах устанавливаем $4 \times 1 = 4$ прожектора.

Определим удельную мощность осветительной установки.

Общая установленная мощность $4 \times 150 = 600 \text{ Вт}$.

Удельная мощность $P = 600 \text{ Вт} / 1225 \text{ м}^2 = 0,5 \text{ Вт/м}^2$.

Расчет производим с помощью программы DIALux 4.11.

Для освещения парковки используем светильники фирмы GALAD типа ЖО29-150-002 Прометей.

GALAD – крупнейший российский производитель светильников, прожекторов и ПРА.

Производство светильников для уличного, тоннельного, садово-паркового освещения, прожекторов для освещения больших открытых пространств, архитектурного освещения, а также светильников для промышленных объектов, офисов, помещений ЖКХ, теплиц, вагонов.

Производство светодиодных светильников любого назначения.

GALAD 00453 ЖО29-150-002 Прометей
 № изделия: 00453
 Световой поток (Светильник): 9067 lm
 Световой поток (Лампы): 15000 lm
 Мощность светильников: 150.0 W
 Классификация светильников по CIE: 100
 CIE Flux Code: 61 94 100 100 61
 Комплектация: 1 x ДНаТ 150 Вт (Поправочный коэффициент 1.000).

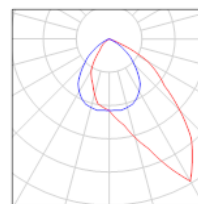


Рисунок 5.8 - Паспорт светильника

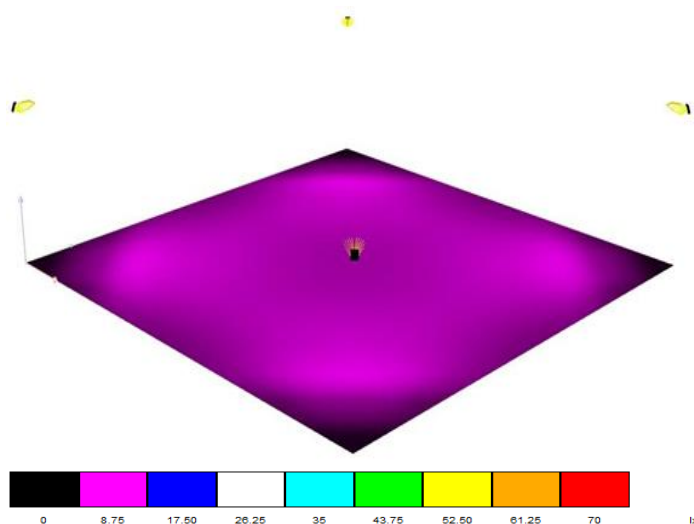


Рисунок 5.9 - Фиктивные цвета - визуализация

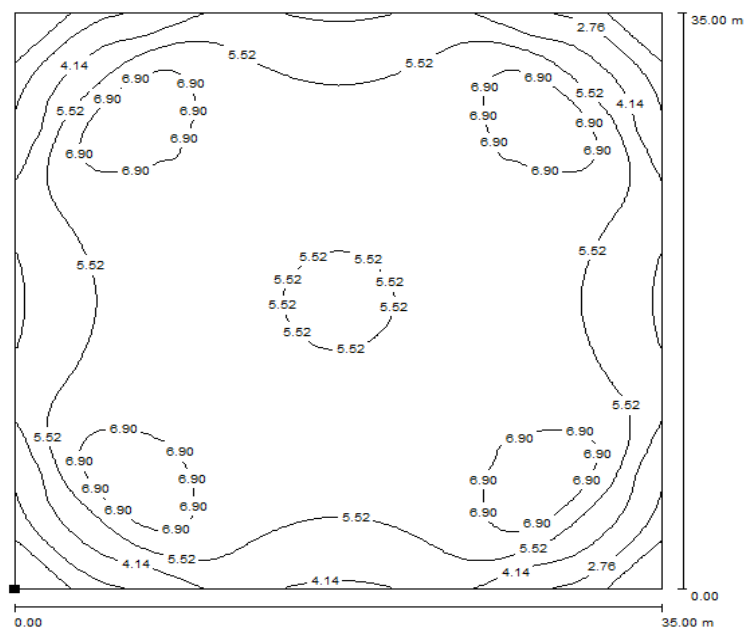


Рисунок 5.10 - Изолинии

5.2 Расчет наружного освещения с питанием от возобновляемого источника энергии

Основные виды возобновляемых источников энергии

- энергия ветра;
- гидроэнергия;
- энергия солнечного света;
- энергия биомасс.

Во втором варианте будет рассмотрен расчет наружного освещения с питанием от возобновляемого источника энергии, а именно от солнечной батареи. Будет произведен расчет осветительной установки проезжей части и парковки.

История создания солнечной батареи.

Начальной точкой развития солнечных батарей является 1839 год, когда был открыт фотогальванический эффект. Это открытие было сделано Александром Эдмоном Беккерелем.

Следующим этапом в истории солнечных батарей стала деятельность Чарльза Фриттса. Через сорок четыре года после открытия Беккереля, в 1883 году, Фриттс сконструировал первый модуль с использованием солнечной энергии. Основой изобретения послужил селен, покрытый тонким слоем золота. Исследователь пришёл к выводу, что данное сочетание элементов позволяет, пусть в минимальной степени (не более одного процента), преобразовывать солнечную энергию в электричество.

Многие склонны считать, что история солнечных батарей ведёт своё начало с деятельности Альберта Эйнштейна. В частности, великий учёный получил в 1921 году Нобелевскую премию именно за изучение особенностей внешнего фотоэффекта, а не за обоснование знаменитой теории относительности.

В 30-ых годах советские физики получили электрический ток, используя фотоэффект. Разумеется, коэффициент полезного действия (КПД) тогда не впечатлял. Он не превышал один процент, но и это являлось серьёзным научным шагом.

Уже в 1954 году группа американских учёных добилась КПД, достигающего шести процентов. В этом году свет увидела первая кремниевая солнечная батарея.

В 1958 году солнечная батарея стала основным источником получения электроэнергии на космических аппаратах, как на советских, так и на американских. Но приборы продолжали совершенствоваться.

Успешное и стабильное производство было налажено только в конце восьмидесятых. Сегодня выпускаемые солнечные батареи имеют КПД, немногим превышающий двадцать процентов.

Актуальность использования солнечных батарей.

В наше время тема развития альтернативных способов получения энергии как нельзя более актуальна. Традиционные источники стремительно иссякают и уже через каких-нибудь пятьдесят лет могут быть исчерпаны. И уже сейчас энергетические ресурсы довольно дороги и в значительной мере влияют на экономику многих государств.

Всё это заставляет жителей нашей планеты искать новые способы получения энергии. И одним из наиболее перспективных направлений является получение солнечной энергии. И это вполне естественно. Ведь именно Солнце даёт жизнь нашей планете и обеспечивает нас теплом и светом.

Человек с самых древних времён учился пользоваться дарами Солнца. По подсчётам учёных, человечество нуждается в десяти миллиардах тонн топлива. Если высчитать количество таких условных тонн, которые предоставляются Солнцем в течение года, мы получим фантастическую сумму – около ста триллионов тонн. Таким образом, люди получают количество энергии, превышающее необходимые ресурсы в десять раз. Нужно только взять это энергетическое богатство. Вот этот вопрос и является крайне актуальным для науки.

Возобновляемые источники энергии важны не только с точки зрения диверсификации технологической базы электрогенерации. Сегодня мировое сообщество испытывает серьёзную озабоченность по поводу глобального изменения климата.

Как показало исследование, проведенное компанией Exxon Mobile, мировые энергетические потребности ежегодно возрастают на 1.5% и к 2030

г. увеличатся на 25% по сравнению с 2013 г. 25% этого роста придется на энергогенерирующий сектор. Соответственно, выбросы углекислого газа (CO₂), связанные с сектором энергетики, тоже возрастут.

Важным преимуществом систем солнечной фотоэнергетики является отсутствие выбросов углекислого газа в процессе работы систем. Как минимум 89% выбросов, связанных с производством энергии, можно было бы предотвратить, заменив традиционные источники энергии фотоэлектрическими.

Территория Республики Казахстан в достаточной степени обеспечена энергией Солнца, что определяет перспективность использования солнечной энергии в стране, а особенно в её южной части.

Суммарный годовой потенциал солнечной энергии на территории Казахстана оценивается в 340 млрд. тонн условного топлива.

Принцип работы и устройство солнечной батареи.

Принцип работы солнечных батарей заключается в выработке постоянного тока вследствие попадания солнечного излучения на кремниевую пластину. Работа пластин построена на основе свойств полупроводника: солнечные лучи попадают на поверхность пластин и сдвигают электроны кремния с орбит атомов. Эти освобожденные электроны и образуют электрический ток. Но одна пластина не может выработать достаточную мощность тока, поэтому в солнечной батарее объединяют в одну сеть десятки таких пластин. Соответственно, мощность солнечной батареи напрямую зависит от площади ее поверхности.

Явление, на котором основан принцип работы солнечных батарей, получил название «внешний фотоэффект», а сама кремниевая пластина – фотоэлемент. Но эффективность солнечных батарей зависит не только от размера. Важным фактором является интенсивность излучения солнца и положение солнечных модулей. Поэтому на КПД батарей влияет погода, сезон, географическое положение и т.д.

Принцип действия современных солнечных батарей сохранился, несмотря на многолетнюю историю их существования. Усовершенствованию подверглась лишь конструкция и материалы, используемые в производстве, благодаря которым производители постепенно увеличивают такой важный параметр, как коэффициент фотоэлектрического преобразования или КПД устройства. Стоит также сказать, что величина выходного тока и напряжения солнечной батареи напрямую зависит от уровня внешней освещенности, который воздействует на неё.

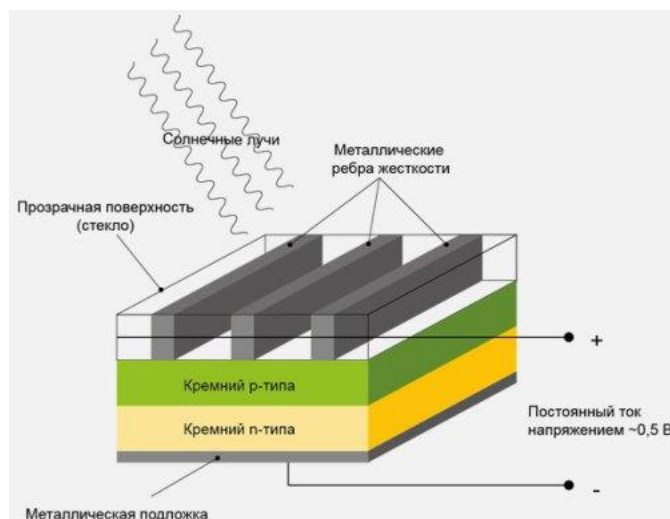


Рисунок 5.11 - Структура солнечной батареи

В структуре солнечной батареи используется р-n переход и пара электродов для снятия выходного напряжения.

На картинке выше можно видеть, что верхний слой р-n перехода, который обладает избытком электронов, соединен с металлическими пластинами, выполняющими роль положительного электрода, пропускающими свет и придающими элементу дополнительную жесткость. Нижний слой в конструкции солнечной батареи имеет недостаток электронов и к нему приклеена сплошная металлическая пластина, выполняющая функцию отрицательного электрода.

Кроме того, принцип работы солнечных батарей заключается не только в химическом преобразовании световой энергии в электрическую, солнечная батарея – это комплексная система, в которой для передачи энергии потребителю используется ряд вспомогательных приборов:

- Преобразователь постоянного тока (инвертор);
- Накопитель (аккумулятор) энергии, выдающий ток, когда сама батарея не функционирует (ночью, например);
- Стабилизатор напряжения, который выравнивает перепады тока;
- Сигнализатор аккумуляторов, который контролирует заряд (контроллер).

Материал, из которого изготовлены пластины, влияет на характеристики солнечных батарей. Чистый кремний в производстве пластин для солнечных батарей практически не используется. Чаще всего в качестве примесей для изготовления пластины, вырабатывающей положительный заряд, используется бор, а для отрицательно заряженных пластин мышьяк. Кроме них при производстве солнечных батарей все чаще используются такие компоненты, как арсенид, галлий, медь, кадмий, теллурид, селен и другие. Благодаря им солнечные батареи становятся менее чувствительными к перепадам окружающих температур.

Виды солнечных панелей.

Солнечные панели из поликристаллических фотоэлектрических элементов наиболее распространены ввиду оптимального соотношения цены и КПД среди всех разновидностей панелей. Их КПД составляет 12-14%. У элементов, образующих панель, характерный синий цвет и кристаллическая структура.



Рисунок 5.12 - Поликристаллическая солнечная панель

Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов более эффективны, но и более дороги в пересчете на ватт мощности. Их КПД, как правило, в диапазоне 14-16%.



Рисунок 5.13 - Монокристаллическая солнечная панель

Обычно монокристаллические элементы имеют форму многоугольника, которыми трудно заполнить всю площадь панели без остатка. В результате удельная мощность солнечной батареи несколько ниже, чем удельная мощность отдельного ее элемента.

Солнечные батареи из аморфного кремния обладают одним из самых низки КПД. Обычно его значения в пределах 6-8%. Однако среди всех кремниевых они вырабатывают самую дешевую электроэнергию.



Рисунок 5.14 - Солнечная панель на основе аморфного кремния

Солнечные панели из теллурида кадмия (CdTe) создаются на основе пленочной технологии. Эффективность элементов из теллурида кадмия невелика, КПД около 11%. Однако, в сравнении с кремниевыми панелями, ватт мощности этих батарей обходится на несколько десятков процентов дешевле.



Рисунок 5.15 - Солнечная панель на основе теллурида кадмия

Области применения солнечных батарей

Солнечные фотоэлектрические установки могут быть следующих основных типов:

Автономные, в случае если нет подключения к сети.

Солнечные модули генерируют электричество для целей освещения, питания телевизора, радио, насоса, холодильника или ручного инструмента.

Обычно, для хранения энергии используются аккумуляторные батареи.

Собственные с сетью, если объект подключён к сети централизованного электроснабжения, солнечные батареи могут использоваться для генерации собственного электричества.

Избыток электрической энергии, обычно, продаётся электросетям.

Резервные системы отопительная системы подключается к сетям плохого качества.

В случае отключения сети или недостаточного качества сетевого напряжения, для покрытия нагрузки используется солнечная система.

Сфера применения солнечных преобразователей для выработки электроэнергии расширяется с каждым годом.

Область применения стационарных фотоэлектрических модулей (солнечных батарей):

- электростанции промышленного типа и для сельского хозяйства;
- электростанции для дома и дачи;
- системы уличного освещения;
- телекоммуникации;
- насосные станции;
- системы навигации;
- системы сигнализации;
- сетевые энергосистемы;
- электростанции для питания светодиодных рекламных модулей.

Область применения мобильных солнечных зарядных устройств (солнечных батарей):

- зарядка мобильных телефонов в походе;
- питание радиоприемников на рыбалке;
- зарядка мобильных устройств от Солнца (iPad, HTC, Samsung, и т.д.)
- питание LSD телевизоров на природе;
- зарядка системы навигации;
- ночное освещение походного городка от Солнца.

В удаленных районах при отсутствии централизованного электроснабжения солнечные батареи служат наиболее рентабельным и надежным источником электроэнергии, как для индивидуальных строений, так и для предприятий малого и среднего бизнеса.

В городах и крупных населенных пунктах уже не редкость генерация электроэнергии для энергообеспечения жилых зданий и офисов, промышленное производство электроэнергии для сетей централизованного электроснабжения. Все более популярным становится использование солнечных батарей в резервных системах электроснабжения. Однако, и в отдаленных, и в подсоединенных к централизованным сетям районах, фотоэлектрические системы являются источником чистой энергии, не загрязняющей окружающую среду подобно тепловым электростанциям.

Разнообразие типов фотоэлементов с различными техническими характеристиками дало возможность найти им применение в самых различных областях человеческой жизнедеятельности. Солнечная энергия используется давно и повсеместно. Энергией солнечных батарей питаются такие объекты, как автономные ретрансляторы сотовой связи, дорожные знаки, элементы дорожной разметки и освещения рекламных щитов, уличные и садовые фонари, полицейские блокпосты, буи и многое другое.

В течение многих лет кремниевые и другие виды фотоэлементов работают на космических спутниках, кораблях, луноходах, автоматических

исследовательских станциях, зондах. Космос является одним из базовых направлений практического использования солнечных батарей.

Примером использования солнечных фотоэлектрических преобразователей является зарядка аккумуляторов разнообразных мобильных устройств. Незаменимы портативные солнечные зарядные устройства в экспедициях и туристических походах.

Солнечные фотоэлектрические преобразователи в последние годы все чаще используются для уличного освещения.

Перспективная разработка датских инженеров, создавших фонари на солнечных батареях, которые производят большее количество энергии, чем расходуют на освещение, вызвала вполне понятный интерес. Принцип действия необычных светильников SunMast основан на выработке электроэнергии солнечными элементами, покрывающими всю поверхность столба.

Работающие на солнечных элементах насосные установки оказались более эффективными и более рентабельными, чем их традиционные аналоги, ввиду меньших затрат на обслуживание солнечных батарей по сравнению с затратами на обслуживание распределительных линий, особенно проведенных в удаленные районы. Фотоэлектричество в сельских районах находит самое широкое применение: зарядка и освещение электрических изгородей, вентиляция, освещение и кондиционирование воздуха в теплицах и парниках.

Расчет осветительной установки проезжей части

Задача расчета наружного освещения состоит в определении расстояния между светильниками (шага светильников). Светотехнический расчет ведется методом коэффициента использования светового потока.

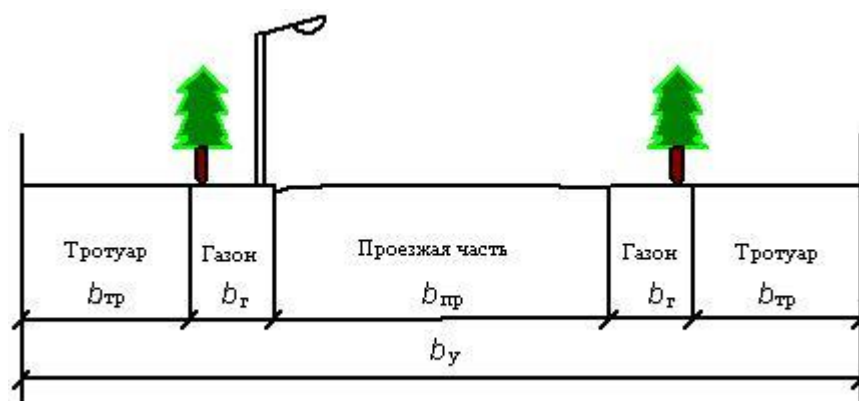


Рисунок 5.16 - Поперечный профиль проезжей части

Исходные данные:

Ширина улицы, $b_y = 10$ м,

ширина проезжей части $b_{пр} = 6$ м,

ширина газона, $b_г = 1$ м,

ширина тротуара, $b_{mp} = 1$ м.

По исходным данным определим нормируемые параметры: яркость дорожного покрытия и среднюю горизонтальную освещенность.

При проектировании освещения улицы принимаем рекомендуемые параметры:

схема размещения светильников односторонняя, то есть светильники располагаются на опорах с одной стороны проезжей части.

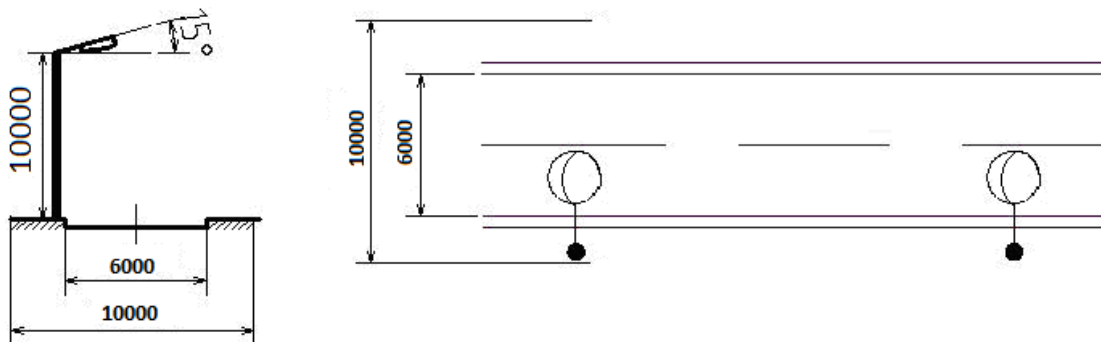


Рисунок 5.17 - Поперечный профиль проезжей части и размеры

Выбираем тип светильника ДКУ 02– 80, мощность и тип источника света LED-80.

Для ограничения слепящего действия согласно рекомендациям типовых решений, для данной улицы высота установки светильника $H = 10$ м.

Средняя яркость покрытия $L = 0,2$ кд/м², средняя горизонтальная освещенность покрытия $E = 4$ лк.

Рассчитаем расстояние между осветительными приборами по средней яркости дорожного покрытия (см. формула 5.1):

$$d = \frac{1}{3,14 \cdot 3 \cdot 1,5} \cdot \sum_{i=1}^1 0,052 \cdot 8000 \cdot 1 = 29 \text{ м.}$$

Рассчитаем расстояние между осветительными приборами по средней освещенности (см. формула 5.2):

$$d = \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 1,5} \sum_{i=1}^1 0,054 \cdot 8000 \cdot 1 = 24 \text{ м.}$$

Выбираем шаг равный 29 м, который соответствует нормируемым освещенности и яркости.

На 300 м улицы требуется установить $300/29 \approx 10$ опоры.

Удельная мощность, приходящаяся на 300 м улицы $10 \times 80 \text{ Вт} = 800 \text{ Вт}$.

Всего по расчетам принимаем 10 светильников.

Расчет производим с помощью программы DIALux 4.11.

Для освещения парковки используем светильники фирмы GALAD типа ДКУ02-80-001.

GALAD 04583 ДКУ02-80-001
 № изделия: 04583
 Световой поток (Светильник): 8000 lm
 Световой поток (Лампы): 8000 lm
 Мощность светильников: 80.0 W
 Классификация светильников по CIE: 100
 CIE Flux Code: 49 85 98 100 100
 Комплектация: 80 x 80 x LED XP-E 1.2W CREE
 (Поправочный коэффициент 1.000).

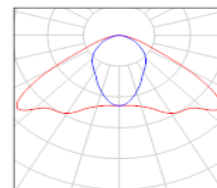


Рисунок 5.18 - Паспорт светильника

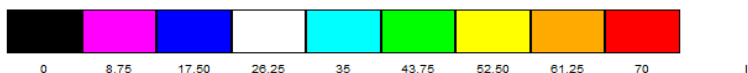
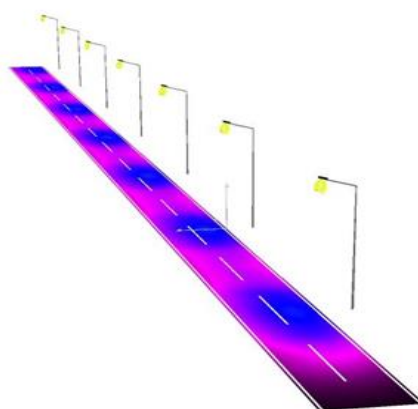


Рисунок 5.19 - Фиктивные цвета - визуализация

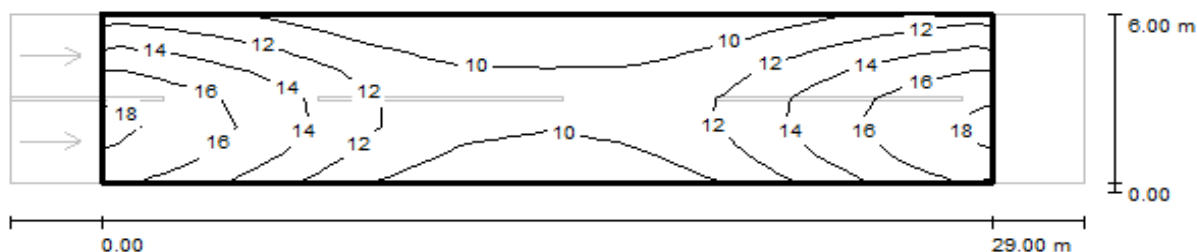


Рисунок 5.20 - Изолинии

Расчет осветительных установок парковки

Для освещения территорий и участков производства работ на объектах промышленного, транспортного и другого назначения применяются прожекторные установки.

Расчет осветительной установки сводится к определению: числа прожекторов, необходимых для создания на освещаемой поверхности

нормируемой освещенности; мест установки прожекторных мачт и прожекторов; углов наклона и поворота прожекторов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

На автостоянке с размером 35х35м, создать по возможности равномерную освещенность, нормированную по СНиП, равную 4лк.

Для расчета освещения заданной площадки принимаем тип прожектора ДО02-100-001 (118); тип и мощность источника света LED-100; принимаем рекомендуемую высоту установки прожекторов 15м и размещаем прожекторы на площадке.

Для светотехнического расчета необходимо наметить несколько контрольных точек (А, Б, В, Г – см. рисунок 5.31), из них одну – в зоне ожидаемого минимума освещенности. В рассматриваемом случае такая зона находится в центре освещаемого поля на пересечении диагоналей (точка А).

Определим необходимое значение угла τ для создания заданной нормированной освещенности (см. формула 5.4):

$$\tau = \frac{48000}{4 \cdot 1,5 \cdot 10^2} = 80^\circ ;$$

По плану определим угол действия прожекторов:

$$\operatorname{tg} \omega = 32/35 = 0,9, \omega = 42^\circ \times 2 = 84^\circ.$$

Определим количество прожекторов, подлежащих установке на каждой из мачт (см. формула 5.5):

$$n = \frac{84}{80} = 1,05 \approx 1.$$

Всего на четырех мачтах устанавливаем $4 \times 1 = 4$ прожектора.

Определим удельную мощность осветительной установки.

Общая установленная мощность $4 \times 100 = 400 \text{ Вт}$.

Удельная мощность $P = 400 \text{ Вт} / 1225 \text{ м}^2 = 0,33 \text{ Вт/м}^2$.

Расчет производим с помощью программы DIALux 4.11.

Для освещения парковки используем светильники фирмы GALAD типа ДО02-100-001 (118).

GALAD 04628-118 ДОО2-100-001 (118)
 № изделия: 04628-118
 Световой поток (Светильник): 9500 lm
 Световой поток (Лампы): 9500 lm
 Мощность светильников: 100.0 W
 Классификация светильников по CIE: 100
 CIE Flux Code: 49 84 98 100 100
 Комплектация: 20 x LED 5 W (Поправочный коэффициент 1.000).

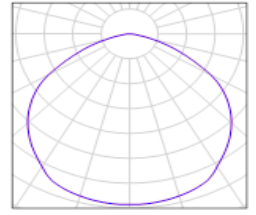


Рисунок 5.21 - Паспорт светильника

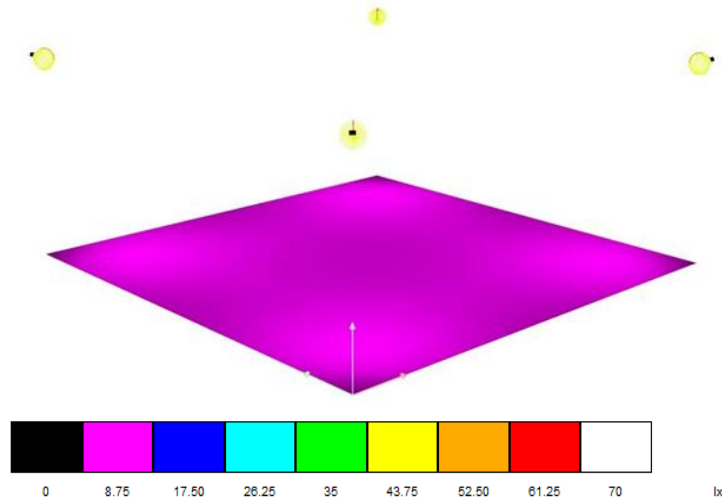


Рисунок 5.22 - Фиктивные цвета – визуализация

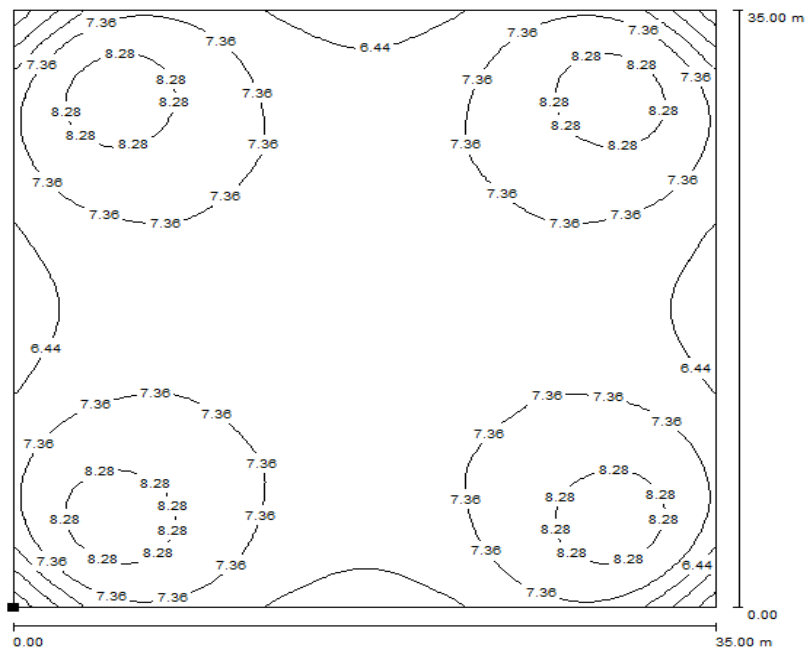


Рисунок 5.23 - Изолинии

5.3 Сравнительный анализ

Для сравнения источника света выберем два светильника одинаковой мощности ДРЛ и Светодиодный светильник наружного освещения. Все сравниваемые показатели внесем в одну общую таблицу.

Таблица 5.1 - Сравнительный анализ

Светильник	Стандартный ламповый светильник (типа ЖКУ) с лампой ДНаТ-150	Энергосберегающий светильник ДКУ02-160 типа СД
1	2	3
Потребляемая мощность, не более Вт	170	160
Напряжение питания, В	АС 220/10 %	АС 220В(120-280В)
Световой поток, Лм	14000	16000
Ресурс работы в режиме городского освещения	1 год	до 25 лет
Срок службы, часов	10 000	Не менее 50 000
КПД	70%	90%
Время выхода на рабочий режим освещения	10-15 минут	1 секунда
Устойчивость к перепадам напряжения	слабая	не чувствителен
Наличие мерцания (стробоскопический эффект)	есть	нет
Стабильность работы при низких температурах	низкая	высокая
Экологическая безопасность	Лампа содержит натриево-ртутную амальгаму и ксенон	Абсолютно безвреден
Затраты на обслуживание	ежегодные	нет
Вес, кг	7,2	6
Исполнение	IP54	IP 66-67
Рабочие температуры	от -40 до +40	от -60 до +50

У ламп ДРЛ и ДНаТ присутствует эффект старения. Достоверно известно, что после 400 часов работы падение светового потока у ламп ДРЛ составляет более 20%, а к концу срока жизни более 50%. Большую часть срока службы лампа излучает всего 50-60% от номинального светового потока. С ДНаТами ситуация еще печальней, ввиду их меньшей температурной устойчивости. У светодиодов подобного нет. Светодиоды в течение всего своего срока службы сохраняют свои параметры на первоначальном уровне. Лишь к концу срока может наблюдаться незначительное падение. Вот здесь-то и выявляется интересный и важный момент. Получается, что если проводить замеры параметров, например, каждый месяц в течение всего срока службы, а затем вычислить среднее, то оно будет составлять порядка 60% от номинала. Заявленные значения параметров касаются лишь начального

периода эксплуатации и будут постоянно падать по кривой с самого начала. Это ни что иное как издержки существующих технологий. Можно вышесказанное интерпретировать следующим образом. За заявленные характеристики (в первую очередь имеется ввиду световой поток) вы платите больше или платите 100% за характеристики в реальности на ~40% ниже.

ДНаТ. Лучшая светоотдача среди газоразрядных ламп – единственное серьезное преимущество перед ДРЛ. Но очень слабый показатель цветопередачи и большая чувствительность к температуре ставит под сомнение целесообразность замены. ДНаТ не рекомендуется использовать для внутреннего освещения, а в некоторых странах даже существует запрет. Освещение дорог, особенно скоростных, также не рекомендуется. При освещении любых других зон использование ламп ДНаТ можно считать оправданным по сравнению с ДРЛ.

СД. Может показаться невероятным, но у светодиодных ламп нет технических недостатков. Они лучше во всем. В дополнение к сказанному выше можно добавить, что светодиодным лампам не требуются пусковые токи, а соответственно требуется меньшее сечение кабеля. Единственный минус это то, что в цене они прилично впереди. Насколько же оправдано их использование? С учетом всех факторов, касающихся издержек эксплуатации ламп ДРЛ или ДНаТ, срок окупаемости светодиодных аналогов начинается с 3-х лет. То есть – 3 года (или более) светодиодная лампа окупает себя, а во все последующие года приносит прибыль. При этом все время выдавая самый качественный свет по сравнению с другими технологиями.

Что касается сравнения осветительной установки в целом, то осветительная установка на солнечных батареях имеет ряд преимуществ и недостатков перед традиционной осветительной установкой.

Основные преимущества:

- экологичность (с точки зрения получения электроэнергии);
- автономность системы;
- долговечность и продолжительный срок службы;
- не нужно платить за подключение к сетям централизованного электроснабжения;
- полная независимость от постоянно растущих тарифов на потребляемую электроэнергию;
- отсутствие необходимости прокладки кабелей, рытья траншей, прокладки воздушных сетей;
- низкая стоимость обслуживания;
- имеет срок окупаемости;
- низкая степень шумности, отсутствие излучения.

Основные недостатки:

- высокая стоимость солнечного оборудования;
- неэкологичность утилизации оборудования (аккумуляторов);

- неравномерность выработки электроэнергии во времени, зависящая от погоды и времени суток и поэтому требующая аккумуляции энергии и стабилизации напряжения.

В заключении можно сделать вывод, что при нынешней стоимости электроэнергии и оборудования проект будет являться долгосрочным с точки зрения окупаемости. Возможно, в ближайшем будущем человечество изобретет более эффективные установки для получения электроэнергии от возобновляемых источников энергии и стоимость которых будет дешевле, тогда такие системы электроснабжения станут более актуальными.

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Анализ условий труда

Рассмотрим условия труда на цементном заводе. В состав производственных цехов завода входят следующие цеха: отделение первичного и вторичного дробления, сырьевых и цементных мельниц, шлакосушильное отделение, компрессорная, механические мастерские, склад, столовая, заводоуправление и гараж. Каждое из этих производственных помещений должно придерживаться санитарным нормам. В некоторых помещениях имеются станки, которые создают вибрацию, шум и выделение вредных веществ, которые могут быть вредны для работающего персонала.

Производственное освещение.

Большое внимание на производстве уделяется освещению. В каждом помещении используют два вида освещения – естественное и искусственное. При недостаточности естественного освещения используется совмещенное освещение. Последнее представляет собой освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет.

Естественное освещение помещений осуществляется боковым светом – через световые проемы в наружных стенах или через прозрачные части стен; верхним – через световые проемы, устанавливаемые в покрытии; комбинированным – через световые проемы в покрытии и стенах.

Искусственное освещение

Предназначено для освещения рабочих поверхностей в темное время суток или при недостаточном естественном освещении. Создается оно искусственными источниками света (лампами накаливания или газоразрядными лампами) и подразделяются на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное.

Метеорологические условия на производстве или микроклимат

Определяется следующими параметрами: температура воздуха в помещении, относительная влажность воздуха, подвижность воздуха, тепловое излучение.

Температура воздуха в помещении зависит в основном от производственного процесса, при осуществлении которого, как правило, выделяется теплота.

Относительная влажность характеризует влажность воздуха при определенной температуре. Средний уровень влажности 40-60 % соответствует условиям метеорологического комфорта.

Подвижность воздуха – это интенсивность испарения.

Оптимальный микроклимат в помещениях обеспечивает поддержание теплового равновесия между организмом и окружающей средой.

На данном заводе отделение первичного и вторичного дробления, сырьевых и цементных мельниц, шлакосушильное отделение – имеют

повышенную температуру и тепловое излучение; столовая, заводоуправление – имеют более комфортные условия.

Производственный шум.

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

Шум в цехах создается многочисленными и разнообразными источниками, к главным из которых можно отнести, например станки, которые производят много шума, техническое оборудование промышленных предприятий, вентиляционные, компрессорные установки. Шум, создаваемый в электроремонтном цехе технологическими установками не превышает предельно допустимых спектров.

В цехах для рабочих, работающих у вертикально-сверлильного станка, у токарно-винторезного в качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину. Рабочие поперечно-строгального станка и заточного станка применяют в качестве защиты от шума, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Вибрация

В связи с тем, что в цехе установлен большой станок для обработки массивных металлических конструкций, который создает вибрации. Надо учитывать его последствия. В последнее время значительно увеличился контингент работников, подвергающихся в процессе труда воздействию вибрации.

В зависимости от способа передачи вибрации телу человека различают локальную (местную) вибрацию, передающуюся через руки человека, и общую, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности человека. В реальных условиях часто имеет место сочетание этих вибраций.

Обеспечение вибробезопасных условий труда.

Большое внимание уделяется вибробезопасным условиям труда, при которых производственная вибрация не оказывает на работающих неблагоприятного воздействия, в крайних своих проявлениях приводящего к профессиональному заболеванию. Вибробезопасные условия труда обеспечиваются применением рациональных режимов труда и отдыха. Например, 8 часовой рабочий день, ежегодный обязательный отпуск.

Радикальным направлением борьбы, как с вибрацией, так и с шумом является исключение шумных и виброопасных технологических процессов. Например, клепку заменяют сваркой, штамповку – прессованием и другое.

Оператор в качестве защиты применяет виброзащитную спецобувь. Средства индивидуальной виброзащиты по месту контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяются на для рук, ног и тела оператора.

Вентиляция

Это организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха, загрязненного вредными газами, парами, а также улучшающий метеорологические условия в цехах. По способу подачи в помещение свежего воздуха и удаления загрязненного, системы вентиляции делят на естественную, механическую и смешанную.

Ряд производственных процессов сопровождается значительным выделением пыли. Вредность воздействия зависит от количества вдыхаемой пыли, от степени ее дисперсности, от формы пылинок и от ее химического состава. Так же воздух промышленных помещений может оказаться насыщенным примесями вредных газов или паров, выделяющихся при производственных процессах.

Защита от вредных газо-, паро- и пылевыведений предусматривает устройство местной вытяжной вентиляции для отсоса ядовитых веществ непосредственно от мест их образования. Благодаря рационально спроектированной и правильно эксплуатируемой вентиляционной системе способствует улучшению самочувствия рабочих и повышению производительности труда.

Электромагнитное излучение

В некоторых цехах имеются электротермические установки, в которых применяются токи радиочастот. Эти частоты создают электромагнитные поля, которые ухудшают самочувствие человека. Среди технических мер защиты от воздействия излучений наиболее широко распространен метод защиты расстоянием, т. е. организацией защитных зон, обеспечивающих безопасное нахождение за их пределами обслуживающего персонала и населения.

К основным методам защиты от электромагнитных полей относятся: защита временем и расстоянием; ослабление мощности излучения электромагнитных полей, если своевременно устранять места излучения в волноводах и фидерах, а также уменьшать отраженную волну за счет согласования нагрузок; за счет правильного выбора режима работы оборудования и персонала позволяет уменьшить время пребывания человека в зоне действия электромагнитных полей; использование дистанционного управления оборудованием позволяет персоналу выполнять свои функции, находясь вне зоны действия электромагнитных полей; установкой на пути движения электромагнитных полей между источником его и рабочим местом отражающего или поглощающего экрана; а также применением индивидуальных средств защиты.

Электробезопасность

В каждом помещении имеется энергооборудование, от которого можно получить электротравму. Характерные виды местных электротравм – электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия и механические повреждения. Для того, чтобы предотвратить получения электротравм применяются следующие мероприятия:

защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением;

зануление – это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением;

защитное отключение – система защиты, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током.

6.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ предприятия и определения категории опасности

Для снижения этих выбросов производят разработку нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ и ВСВ) для стационарных источников.

ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях учета суммаций вредного действия нескольких веществ. При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации $c_{ф}$.

Так как в нашем случае предельно допустимые выбросы завода не превышают допустимых, то ПДВ принимаем равным нормативному значению.

В настоящее время существует порядок ведения государственного учета вредных воздействий на окружающую среду предприятиями и организациями. Выбросы цементного завода приведены в таблице 8.1. В состав завода входят следующие цеха, выбрасывающие в окружающую среду вредные вещества:

- Механические мастерские - обработка металлов и металлических изделий. При механической обработке металлов, на металлорежущих станках образуется большое количество пыли и стружки обрабатываемых материалов и другие вредные вещества.

- Отделение первичного и вторичного дробления, отделение сырьевых и цементных мельниц, цех сортировки и хранения мелющих тел. При проведении технологического процесса в этих помещениях образуется большое количество пыли и другие вредные вещества.

- Шлакосушильное отделение. При проведении технологического процесса на всех стадиях обработки материалов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными источниками загрязнения атмосферы пылью, окисью углерода, сернистым ангидридом и др.

- Гараж. К выбросам от автотранспорта предприятия относятся газообразные вещества, образующиеся в процессе сжигания жидкого топлива в двигателях внутреннего сгорания – угарный газ, оксиды азота, смеси углеводородов.

Остальные цеха являются вспомогательными и их выбросами можно пренебречь.

Таблица 6.1 – Вредные вещества, выделяемые заводом

Наименование цеха	Наименование вещества	Единица измерения	Количество выбросов (т/год)	ПДК, мг/м ³	
				средне-суточная	Максимально разовая
Механические мастерские	Пыль	кг/ч	0,04	0,15	0,5
	Ацетон	кг/год	0,015	0,001	0,0015
	Углекислый газ	кг/ч	697,5	3,5	4,5
	Соедин. хлора	кг/ч	0,04	0,001	0,002
	Аммиак	кг/год	0,83	0,05	0,06
	Щелочи	кг/год	0,16	0,04	0,05
Отделение первичного и вторичного дробления	Пыль	кг/ч	0,04	0,15	0,5
	Окись углерода	кг/ч	0,45	3	5
	Аммиак	кг/ч	0,6	0,04	0,2
	Диоксид серы	кг/ч	0,04	0,05	0,5
	Сероводород	кг/ч	0,03	0,008	0,008
Шлакоосушительное отделение	Окись углерода	кг/ч	0,45	3	5
	Аммиак	кг/ч	0,6	0,04	0,2
	Диоксид серы	кг/ч	0,04	0,05	0,5
	Сероводород	кг/ч	0,03	0,008	0,008
Гараж	Окись углерода	г/сек	0,73	3	5
	Бензол	г/сек	0,01	0,1	1,5
	Бензин	г/сек	0,02	1,5	5

Требованиями «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН 245-71» предусмотрено, что предприятия, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ, следует отделить от жилой застройки санитарно – защитными зонами. Размеры санитарно – защитной зоны до границы жилой застройки устанавливаются в зависимости от мощности предприятия, условий осуществления технологического процесса, характера и количества, выделяемых в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ. Для предприятий являющиеся источниками производственных загрязнений, в зависимости от мощности, условий осуществления технологического процесса в соответствии с санитарной классификацией промышленных предприятий устанавливаются следующие размеры санитарно – защитных зон для предприятий: I класса – 1000 м (КОП >10⁶); II класса – 500 м (КОП=10⁴÷10⁶); III класса – 300 м (КОП =10³÷10⁴); IV класса – 100 м (КОП<10³).

Где КОП – коэффициент опасности предприятия, определяемый по следующей формуле:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{K_i}, \quad (6.1)$$

где K_i – коэффициент, зависящий от класса опасности вещества (КОВ) значения которого приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

КОВ	I	II	III	IV
K_i	1,6	1,3	1,0	0,9

В свою очередь КОВ зависит от максимально разовой предельно допустимой концентрации вещества (зависимость сведена в таблицу 6.3)

Таблица 6.3

КОВ	I	II	III	IV
ПДК	менее 0,1	0,1÷1,0	1,1÷10	более 10

Сведем вредные выбросы предприятия в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Расчет коэффициента опасности предприятия

Наименование вещества	Количество выбросов в год (т/год)	КОВ	K_i	ПДК	КОП
1	2	3	4	5	6
Аммиак	0,83	3	1	3,0	1,24
Углекислый газ	697,5	2	1,3	0,35	1375,5
Бензин	0,34	3	1	0,15	0,7
Бензол	0,0876	3	1	0,378	0,252
Ацетон	0,015	2	1,3	0,1	0,75
Диоксид серы	0,25	2	1,3	0,001	8,39
Окись углерода	9519,45	3	1	0,4	1903,89
Пыль	1037,863	2	1,3	0,45	20526,78
Сероводород	0,3	2	1,3	0,002	1,55
Соединения хлора	0,04	2	1,3	0,005	0,8
Щелочи	0,16	3	1	0,05	0,3
КОП					23820,152

Так как для завода значение КОП находится в интервале от 10^4 до 10^6 , то принимаем предварительную величину СЗЗ равной 500 метров.

6.3 Обоснование места расположения предприятия. Расчет санитарно-защитной зоны

Полученные по расчету размеры СЗЗ должны уточняться отдельно для различных направлений ветра в зависимости от результатов расчета загрязнения атмосферы и среднегодовой розы ветров района расположения предприятия по формуле:

$$l = L_0 \times \frac{P}{P_0}, \quad (6.2)$$

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 направления ветров рассматриваемого румба;

P_0 (%) – повтор направлений ветров одного румба по круговой розе ветров.

Санитарно-защитная зона не может рассматриваться как резервная территория предприятия и использоваться для расширения промышленной площадки. Вместе с тем на территории санитарно-защитной зоны допускается размещать производства более низкого класса вредности, чем основное производство, для которого установлена эта зона, а также пожарное депо, гаражи, склады, административные здания, научно-исследовательские лаборатории, стоянки транспорта и т. п. Для максимального ослабления влияния на окружающее население производственных загрязнений атмосферного воздуха территории санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена. Озеленение производится газоустойчивыми породами деревьев и кустарников. Со стороны жилого массива ширина полосы древесно-кустарниковых насаждений должна быть не менее 50 м, а при ширине зоны до 100 м – не менее 20 м.

Санитарно-защитная зона для предприятия может быть увеличена при необходимости и надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании, но не более чем в 3 раза.

Размещение объектов на генеральном плане предприятия производится с учетом направления, продолжительности и силы ветра, чтобы при пожаре исключить перенос огня на соседние участки. Кроме того, при правильной ориентировке зданий по направлению ветра создаются благоприятные условия для защиты от вредных производственных выделений и шумов.

Сведения о направлении ветра в различные времена года получают на метеорологической станции в виде розы ветров, роза ветров Алматинской области и расчет СЗЗ приведен в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Расчет СЗЗ

Характеристики	Направления ветров							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость направлений, P %	14	8	7	14	30	9	10	8
Повторяемость направлений вет-ров по круговой розе ветров, P_0 %	12,5							
P/P_0	1,12	0,64	0,56	1,12	2,4	0,72	0,8	0,64
L_0 , м	300							
Величина СЗЗ, м	560	320	280	560	1200	360	400	320

На рисунке 6.1 и 6.2 показана схема размещения розы ветров по Алматы и Алматинской области и размеры СЗЗ.

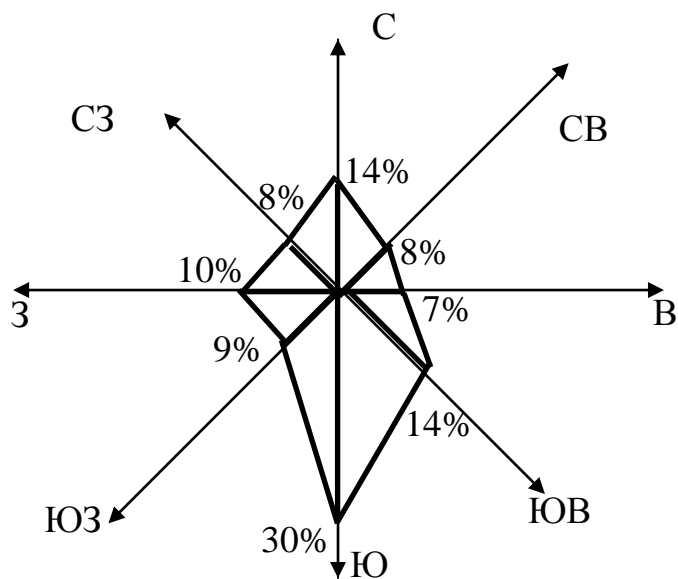


Рисунок 6.1 – Роза ветров города Алматы и Алматинской области

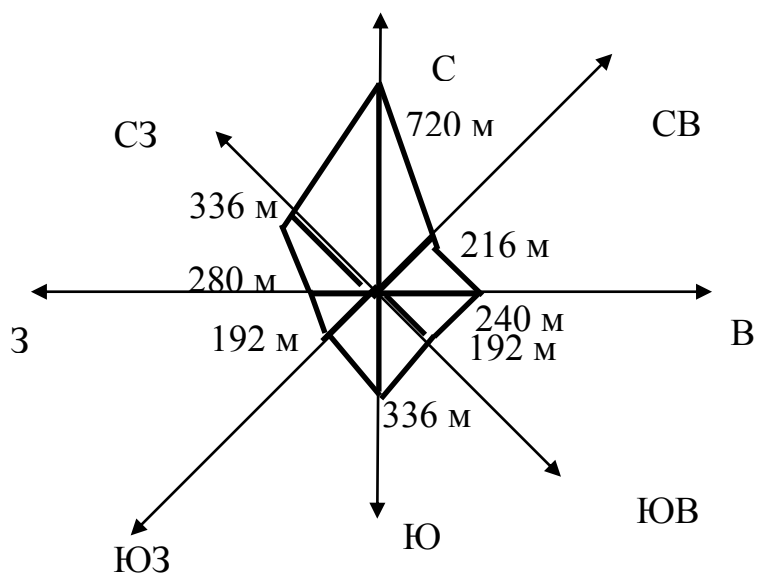


Рисунок 6.2 – Санитарно-защитная зона завода

7 Экономическая часть

Оценка экономической эффективности схемы внешнего энергоснабжения цементного завода

7.1 Цели разработки проекта

Целью разработки данного проекта является обеспечение строительства подстанции 110/10 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 10 кВ.

Описание строящейся подстанции

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии цементного завода данного района со стороны 110 и 10 кВ.

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 и передачи электроэнергии, создается АО «Электросервис».

Целью создания АО – получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителя и определения срока окупаемости.

7.2 Анализ рынка сбыта

Энергетический эффект от развития сети 110 кВ будет характеризоваться дополнительным подачей электроэнергии цементного завода, до выхода завода на полную мощность.

Расчетный период принят 30 лет до окончательного физического срока службы энергетического оборудования п/ст и прилегающих сетей.

7.3 Тарифы на электроэнергию

Так как АО «Электросервис» занимается энергообеспечением, а так же покупкой электроэнергии с целью перепродажи. Поэтому оценка результатов производственной деятельности образуется от продажи электроэнергии на объект.

Тариф принимаем равным 14 тенге за кВт·ч.

7.4 Организация производства

В соответствии со строительными нормами срок строительства п/ст, установленной мощности 2x10 МВА, и прилегающих сетей 110 и 10 кВ принят равным одному году.

В соответствии с нормами освоения введенных энерго мощностей была определена программа отпуска электроэнергии на шинах п/ст, приведенная в таблице 7.1. В таблице 7.1 рассматривает дальнейший прирост потребления электроэнергии заводом.

Таблица 7.1 – Программа отпуска электроэнергии на шинах п/ст

Показатели	Годы строительства и эксплуатации		
	1	2	3
Коэффициент роста нагрузки, %	0,7	0,75	0,8
Поступление энергии в сеть, млн. кВт час	119,5	131,4	140,16

Организационный план.

Организационная структура управления АО 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.

Организационно-юридический план.

АО «Электросервис» занимается перепродажей электроэнергии. Ремонтные работы основного оборудования сетей выполняются с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций.

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.

7.5 Расчет технико-экономических показателей подстанции

Определим капиталовложения на строительство подстанции

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

- РУ 110 и 10 кВ;
- трансформаторы ТДН-10000-110/10;
- постоянная часть затрат.

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования и включают в себя капиталовложения в РУ 110 кВ; капиталовложения в РУ 10 кВ; капиталовложения в трансформаторы; капиталовложения на постоянные затраты.

$$K_{n/cm.} = (\sum K_i \times n_i + K_{пост}) \times \alpha_p = 162,231 \text{ млн.тг.}$$

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

n_i - соответственно число единиц перечисленного оборудования;

$K_{пост}$ - 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 строительно-монтажных работ.

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

7.6 Финансовый план

Определение капитальных вложений в строительство прилегающих сетей

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:

$$K_{ЛЭП.} = k_{уд} \times L \times \alpha_{тв} \times \alpha_p + \Delta K_{д.зр.} + n_{п.б.} \quad (7.1)$$

где $K_{уд.і}$ - 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);

$L = 5$ км - длина линии;

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

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

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

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

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

$K_{р.б.} = 1$ - 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 форму таблицы 7.2.

Таблица 7.2 – 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	5	608	30,404
Итого:			30,404

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта составят

$$K_{ЭС} = K_{н/см} + K_{ЛЭП} = 162,231 + 30,404 = 192,635 \text{ млн.тнг.}$$

7.7 Себестоимость

Стоимость электроэнергии:

$T = 14$ тенге/кВтч – тариф за электроэнергию

АО «Электросервис» заключает договора по поставке электроэнергии со следующими поставщиками:

$T_{гор.сети (РЭК)} = 4$ тенге/кВтч – тариф за передачу электроэнергии городским сетям или РЭК

$T_{эпо} = 7$ тенге/кВтч – тариф за электроэнергию, установленный энергопроизводящей организацией;

$T_{НЭС} = 1$ тенге/кВтч – тариф на услуги по передаче электроэнергии по национальным электрическим сетям

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж и пуск подстанции:

$$K_{п/ст}=162,231 \text{ млн. тенге}$$

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж ЛЭП:

$$K_{ЛЭП}=30,404 \text{ млн. тенге}$$

Суммарные капитальные вложения подстанции и ЛЭП:

$$\sum K_{п/ст,ЛЭП}=162,231+30,404=192,635 \text{ млн. тенге}$$

АО «Электросервис» может получить прибыль по двум составляющим:

1. услуга за передачу электроэнергии;
2. по виду деятельности (т.е. АО выступает в виде гарантированного поставщика электроэнергии предприятию)

Услуга за передачу электроэнергии

Затраты на амортизацию оборудования:

$$Z_{ам} = \sum K_{п/ст,ЛЭП} \times H_{\%} = 192,635 \times 0,04 = 7,705 \text{ млн. тенге}$$

где $H_{\%} = 2 \div 4\%$ - норма амортизации

Другие затраты $Z_{другие}$ составят 100% и включают:

$Z_{з/п}$ – затраты на заработную плату персонала. Эти расходы складываются из оплаты труда производственного и административного персонала. Численность производственного персонала составляет 700 человек, средняя заработная плата = 75 тыс. тенге. Численность административного персонала составляет 100 человек средняя заработная плата = 80 тыс. тенге.

$$Z_{з/п} = (75000 \times 700 + 80000 \times 100) \times 12 = 726 \text{ млн.тенге}$$

$Z_{экс.}$ – затраты эксплуатацию. В эту статью включаются затраты, связанные с техническим обслуживанием энергооборудования и транспорта, материалы, инструменты, приспособления основного и вспомогательного производств, материалы на обеспечение санитарно-гигиенических требований и техники безопасности, поддержание зданий в рабочем состоянии и принимаются в размере =150 млн. тенге.

$Z_{хоз}$ – затраты хозяйственные нужды. К хозяйственным нуждам относятся обогрев помещений, монтерских пунктов, освещение всех зданий, помещений предприятия, ремонтных баз и т.п. Данная статья складывается из объема

затраченной на эти нужды электроэнергии (принимаем 200000 кВт ч) умноженной на тариф, по которому была куплена электроэнергия (принять 12,2 тенге/кВтч).

$$Z_{\text{хоз}}=0,2 \times 12,2= 2,44 \text{ млн. тенге}$$

$Z_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт. Затраты по этой статье складываются путем суммирования локальных смет на капитальные и текущие ремонты и техобслуживание оборудования, нуждающегося в данном виде ремонта согласно графику. Общая сумма на ремонт составляет 90 млн. тенге.

$Z_{\text{стр.}}$ – затраты на страхование от несчастных случаев. Страхование в РК обязательно – выбирается только вид страхования. На этом предприятии страхованию подлежит 80% численности производственного персонала. Страховой платеж составляет 5000 тенге в год на человека

$$Z_{\text{стр}}=(700 \times 80/100) \times 5000=2,8 \text{ млн. тенге}$$

$Z_{\text{ком}}$ – затраты на коммунальные услуги. В эту статью включены: стоимость холодной воды и канализации, вывоз мусора, тепловая энергия (принимаем 4,8 млн. тенге) и разносится между производственными затратами и расходами периода в соотношении 80/20.

$$Z_{\text{ком}}=80/20\%=3,84/0,96 \text{ млн.тенге}$$

Затраты на амортизацию могут достигать до 35%, а 65% составят другие затраты.

Тогда суммарные затраты на передачу электроэнергии составят

$$\sum Z_{\text{передача}}= (7,705 \times 1)/0,35=22,015 \text{ млн. тенге}$$

Себестоимость передачи электроэнергии:

$$S = \frac{\sum Z_{\text{передача}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{22,015}{69,489} = 0,32 \text{ тенге}$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}=12119,9 \times 5700=69,489$ млн. кВт ч – годовое энергопотребление предприятия

АО «Электросервис» закладывает 10% рентабельности.

Тариф АО «Электросервис» будет равен

$$T_{\text{АО «Электросервис»}} = S + 0,1S = 0,32 + 0,032 = 0,352 \text{ тг./кВт ч}$$

Прибыль АО «Электросервис» от передачи $0,352 \times 69,489 = 24,46$ млн.тенге.

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$\text{ЧПр} = 24,46 \times 0,8 = 19,568 \text{ млн. тенге}$$

Вид деятельности

Выручка от прогнозируемого объема передачи электроэнергии цементного завода для АО «Электросервис» составит

$$V_{\text{АО «Электросервис»}} = T \times \text{Э}_{\text{год}} = 14 \times 69,489 = 972,846 \text{ млн. тенге}$$

Из прогнозируемой выручки АО «Электросервис» произведет следующие выплаты:

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$4 \times 69,489 = 277,956 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты национальным электрическим сетям составят:

$$1 \times 69,489 = 69,489 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$7 \times 69,489 = 486,423 \text{ млн. тенге}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$972,846 - 277,956 - 69,489 - 486,423 = 138,978 \text{ млн. тенге}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$\text{ЧПр} = \text{Пр}(1-0,2) = 138,978 \times 0,8 = 111,182 \text{ млн. тенге}$$

Полученная прибыль будет направлена на погашения по займу с банка, это составит 40% от чистой прибыли.

$$\text{Пр} = 111,182 \times 0,6 = 66,709 \text{ млн. тенге}$$

Расчеты эффективности обычно базируются на нулевом или первом году реализации инвестиционного проекта. Величины инвестиций и денежных потоков рассматриваются как годовые величины.

Система оценок делится на две группы:

Дисконтированные оценки или временные оценки.

Они включают в себя:

- a) ЧПС (NPV) - чистая приведенная стоимость (чистый приведенный эффект, чистый приведенный доход, чистая приведенная прибыль);
- b) ИРИ (PI) - индекс рентабельности инвестиций;
- c) ВНП(IRR) - внутренняя норма прибыли;
- d) МВНП (MIRR) - модифицированная норма прибыли
- e) ДСОИ(DPP) - дисконтированный срок окупаемости инвестиций;
1. Простые оценки:
 - f) СОИ(PP) - срок окупаемости инвестиций;
 - g) КЭИ(ARR) - коэффициент эффективности инвестиций.

Необходимость использования всех методов оценки вызвана тем, что оценки по различным методам могут иметь противоречивый характер. Сравнивая оценки инвестиций по различным методам мы можем сделать выводы о приемлемости того или иного проекта.

Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для АО «Электросервис» составит:

$$PP = \frac{\sum K_{n/cm, ЛЭП}}{Pr} = \frac{192,635}{66,709} = 2 \text{ года } 9 \text{ месяцев.}$$

7.8 Показатели финансово-экономической эффективности инвестиций

В качестве основных показателей и критериев финансово-экономической эффективности инвестиций в условиях рыночных отношений используются

– простые показатели:

- простая норма прибыли - простая норма рентабельности инвестиций; сравнение расчетной величины с минимальным или средним уровнем доходности приводит к заключению о целесообразности дальнейшего анализа данного проекта;

- простой срок окупаемости капитальных вложений; представляет собой период времени, в течении которого сумма чистых доходов покрывает инвестиции, определяет период в течении которого объект будет работать на "себя", т.е. получаемый объем чистого дохода засчитывается как возврат первоначально инвестированного капитала;

- срок предельно-возможного полного возврата банковских кредитов и процентов по ним; определяет период в течении которого полностью возвращаются банковские ссуды за счет дохода от реализации продукции.

– интегральные показатели:

- чистый дисконтированный доход; расчет этого показателя производится дисконтированием чистого потока платежей; критерием финансовой эффективности инвестиций в сооружение объекта является

условие: $\Delta_d > 0$, тогда доходность инвестиций превышает величину среднего норматива;

- внутренняя норма доходности; определяется значением нормы дисконтирования, при котором чистый дисконтированный доход становится равным нулю; критерием эффективности инвестиций в сооружение проектируемого объекта служит условие превышения внутренней нормы доходности над средней величиной норматива дисконтирования: $E_{Вн} > E_{ср}$;

- срок окупаемости дисконтированных затрат; характеризует период, в течение которого полностью возмещаются дисконтированные капитальные вложения за счет чистого дохода, получаемого при эксплуатации объекта; критерием экономической эффективности инвестиций в сооружение объекта служит выражение $T_{ок} < T_p$.

Показатель чистого приведенного дохода (Net Present Value, NPV) позволяет сопоставить величину капитальных вложений (Invested Capital, IC) с общей суммой чистых денежных поступлений, генерируемых ими в течение прогнозного периода, и характеризует современную величину эффекта от будущей реализации инвестиционного проекта. Поскольку приток денежных средств распределен во времени, он дисконтируется с помощью коэффициента r . Коэффициент r устанавливается, как правило, исходя из цены инвестированного капитала.

Чистая приведенная стоимость проекта является важнейшим критерием, по которому судят о целесообразности инвестирования в данный проект. Для определения чистого приведенного дохода необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю для возможности сравнения во времени. Чистая приведенная стоимость определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (7.2)$$

где I_0 – инвестиции в данный проект, млн. тг.,

CF_t – поток наличности, млн. тг.,

r – ставка дисконтирования,

t – время реализации проекта, год.

Расчет ведется до первого положительного значения NPV, т.е. до 4-го года. NPV больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия, поскольку генерируемые им приток дохода превышают норму доходности в настоящий момент времени.

Под внутренней нормой прибыли инвестиционного проекта (Internal Rate of Return, IRR) понимают значение коэффициента дисконтирования r , при котором NPV проекта равен нулю:

$$NPV = 0 \rightarrow npi \rightarrow IRR = r \quad (7.3)$$

Оценка ВНП (IRR) имеет следующие свойства:

- 1) не зависит от вида денежного потока;
- 2) нелинейная форма зависимости;
- 3) представляет собой убывающую функцию;
- 4) не обладает свойством аддитивности.

Экономический смысл критерия IRR заключается в следующем: IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов по проекту. В то же время предприятие может реализовывать любые инвестиционные проекты, уровень рентабельности которых не ниже текущего значения показателя цены капитала.

Рассчитывается IRR для $r = 10\%$ банковского процента.

$$\begin{aligned} \text{1 год } PV &= 66,709 \cdot 0,91 = 60,638 \text{ млн.тенге,} \\ NPV &= -192,635 + 60,638 = -131,996 \text{ млн.тенге} \\ \text{2 год } PV &= 66,709 \cdot 0,83 = 55,101 \text{ млн.тенге,} \\ NPV &= -131,996 + 55,101 = -76,894 \text{ млн.тенге} \\ \text{3 год } PV &= 66,709 \cdot 0,75 = 50,098 \text{ млн.тенге,} \\ NPV &= -76,894 + 50,098 = -26,796 \text{ млн.тенге} \\ \text{4 год } PV &= 66,709 \cdot 0,68 = 45,562 \text{ млн.тенге,} \\ NPV &= -26,796 + 45,562 = 18,765 \text{ млн.тенге} \end{aligned}$$

Метод расчёта внутренней нормы прибыли.

Внутренняя норма прибыли определяется как ставка процента, при которой величина инвестиций равна величине текущей ценности будущих денежных поступлений.

$$IRR = r_1 + (NPV_{r_1} / (NPV_{r_1} - NPV_{r_2})) \cdot (r_2 - r_1). \quad (7.4)$$

IRR служит индикатором уровня риска по проекту, чем в большей степени IRR превышает принятый фирмой барьерный коэффициент, тем менее страшны ошибки денежных поступлений.

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости инвестиций составит около 5 лет.

$$PV = -192,635 + 66,709 \cdot 0,91 + 66,709 \cdot 0,83 + 66,709 \cdot 0,75 + 66,709 \cdot 0,68 = 18,765 \text{ млн.тенге}$$

Индекс рентабельности, PI, представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат и рассчитывается по формуле:

$$PI = \left(\sum_{t=1}^n \frac{PV_t}{(1+r)^t} \right) / K_0 \quad (7.5)$$

Если: $PI > 1$, то проект следует принять, $PI < 1$, то проект следует отклонить, $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный. Индекс рентабельности в отличие от чистого приведенного эффекта является относительным показателем. PI следует считать уже по времени расчета t , когда NPV положительный.

Все значения рассчитываются аналогично и заносятся в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 - Определение NPV и IRR

Годы проекта	I_0 , тенге	CF_t , тенге	$1/(1+k)^t$	PV, тенге	NPV, тенге
0	-192 635 000				
1		66 709 000	0,909	60 638 481	-131 996 519
2		66 709 000	0,826	55 101 634	-76 894 885
3		66 709 000	0,751	50 098 459	-26 796 426
4		66 709 000	0,683	45 562 247	18 765 821
5		66 709 000	0,621	41 426 289	60 192 110
6		66 709 000	0,564	37 623 876	97 815 986
7		66 709 000	0,512	34 155 008	131 970 994
8		66 709 000	0,467	31 153 103	163 124 097
9		66 709 000	0,4	26 683 600	189 807 697
10		66 709 000	0,386	25 749 674	215 557 371
11		66 709 000	0,35	23 348 150	238 905 521
12		66 709 000	0,318	21 213 462	260 118 983
13		66 709 000	0,290	19 332 268	279 451 251
14		66 709 000	0,263	17 544 467	296 995 718
15		66 709 000	0,239	15 943 451	312 939 169
16		66 709 000	0,218	14 542 562	327 481 731
17		66 709 000	0,198	13 208 382	340 690 113
18		66 709 000	0,179	11 940 911	352 631 024
19		66 709 000	0,163	10 873 567	363 504 591
20		66 709 000	0,149	9 939 641	373 444 232
PV				566 079 232	
NPV				373 444 232	
PI				2,93	
IRR				34,54%	

Строительство можно считать экономически целесообразным, так как $PI > 1$, технико-экономическое обоснование строительства подстанции показало, что необходимые суммарные капиталовложения, составляют 192,635 млн. тенге, дисконтированная стоимость составляет 18,765 млн. тенге окупятся за 4 года.

Заключение

Данный дипломный проект посвящен проектированию электроснабжения цементного завода. В работе были получены следующие основные результаты.

При заданном числе электроприемников и их мощности определена суммарная нагрузка по заводу напряжением 0,4 кВ: $S_p=11349$ кВА. Выбрано 8 цеховых трансформаторов типа ТСЗ-1600/10. А так же произведена компенсация реактивной мощности на 0,4 кВ с помощью низковольтных батарей конденсаторов типа УК-0,4-300-150У3. Определена нагрузка по заводу напряжением 10 кВ на шинах ГПП с учетом подключенных к шинам ГПП СД, потерь в трансформаторах ТП: $S_{p\text{ зав}}=12429,2$ кВА.

В проекте рассмотрены два варианта схем внешнего электроснабжения завода, на напряжение 110 и 10 кВ. И из них выбран наиболее рациональный с экономической и технической точки зрения, которым является первый вариант питания завода, где электроэнергия передается по ЛЭП 110 кВ.

Для принятого варианта выбрано следующее высоковольтное оборудование: вводные выключатели; секционный выключатель; выключатели нагрузки; выключатели отходящих линий, выключатели к СД, а также силовые кабели к ним. Выбраны измерительные приборы, трансформаторы тока и напряжения. Был произведен выбор шин ГПП и изоляторов к ним.

Был произведен расчет наружного освещения дороги и парковки, питающиеся от традиционного источника энергии и солнечных батарей, произведен сравнительный анализ. Для первого варианта наружного освещения были выбраны светильник фирмы ОАО «Ардатовский светотехнический завод» типа РКУ11-125-001 и прожектор фирмы GALAD типа ЖО29-150-002 Прометей. Во втором варианте выбрали светодиодный светильник фирмы GALAD типа ДКУ02-80-001 и прожектор типа ДО02-100-001 (118). В ходе сравнительного анализа пришли к выводу, что вариант с питанием от солнечных батарей является достаточно эффективным с точки зрения подачи освещения, но долгосрочным с точки зрения окупаемости проекта.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» был составлен экологический паспорт предприятия. Был произведен расчет заземляющих устройств и молниезащиты ГПП.

В экономической части дипломного проекта была произведена оценка эффективности схемы внешнего электроснабжения цементного завода.

Список литературы

1. Бозжанова Р.Н., Живаева О.П. Сборник заданий. Методические указания к выполнению курсового проекта (часть 1,2) для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2005, 2006.
2. Живаева О.П., Тергеусизова М.А. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2009.
3. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий. Под общей редакцией проф.МЭИ (ТУ) С.И.Гамазина, Б.И.Кудрина, С.А.Цырука. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
4. Правила устройства электроустановок РК, 2008.
5. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. Б.И.Кудрин. М.: Интернет Инжиниринг, 2007.
6. Ержанов С.И., Санатова Т.С. Безопасность жизнедеятельности. Экологический паспорт. Методические указания к выполнению расчета эколого-экономических показателей в дипломных проектах. – Алматы: АИС, 2000.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей . РД 34 РК. 20/03.501/202-04. – Астана, 2004.
8. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.
9. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.
10. Козловская В.Б. Электрические освещение. – Мн.: «Техноперспектива», 2011.
11. Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: «Форум», 2009.
12. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «высшая школа» 2002.
13. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.
14. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергоатомиздат, 2011.